

TRN: ZA8500416

PER-90

**NYWERHEIDSTOEPASSINGS VAN RADIOISOTOPE: TEGNIEKE EN PROSEDURES  
VAN KTND (KERNTEGNIесе NYWERHEIDSDIENS)**

deur

S W Smith  
J Kruger

**ATOOMENERGIEKORPORASIE**  
PRIVAAT SAK X266

**VAN  
A E K  
PRETORIA**

**SUID-AFRIKA**

**BEPERK**

0001

JUNIE 1985

PER-90

NYWERHEIDSTOEPASSINGS VAN RADIOISOTOPE: TEGNIEKE EN PROSEDURES  
VAN KTND (KERNTEGNIесе NYWERHEIDSDIENS)

S W SMITH\*

J KRUGER †

KERNTEGNIесе NYWERHEIDSDIENS  
PELINDABA

\*DEPARTMENT KERNFISIKA  
†DEPARTEMENT VEILIGHEID  
KERNONTWIKKELINGSKORPORASIE VAN  
SUID-APRIKA (EDMS) BPK  
PRIVAATSAK X256  
PRETORIA  
0001

JUNIE 1985

ISBN 0 86960 772 3

## I N H O U D

|   | <u>Bladsy</u> |
|---|---------------|
| OPSOMMING   |               |
| ABSTRACT  |               |
| 1 INLEIDING   | 1             |
| 2 RADIOISOTOPE  | 2             |
| 3 ALGEMENE RIGLYNE  | 3             |
| 4 VERSEËLDE BRONNE  | 6             |
| 4.1 Algemeen  | 6             |
| 4.2 Skandering  | 6             |
| 4.2.1 Tegniekbeskrywing en Hanteringsprosedure                | 6             |
| 4.2.2 Blootstellingsevaluasie en Voorsorg                     | 7             |
| 4.3 Vlakmetings met behulp van neutronterugverstrooing        | 8             |
| 4.3.1 Tegniekbeskrywing en Hanteringsprosedure                | 8             |
| 4.3.2 Blootstellingsevaluasie en Voorsorg                     | 8             |
| 5 ONVERSEËLDE AKTIWITEIT                                      | 9             |
| 5.1 Inleiding   | 9             |
| 5.2 Soliede Spoorders   | 9             |
| 5.2.1 Radioisotopiese samestelling                            | 9             |
| 5.2.2 Hanteringsprosedures en Blootstellingsevaluasies        | 10            |
| 5.2.3 Voorsorg en Gesondheidsfisiese Bystand                  | 12            |
| 5.3 Vloeistofspoorders  | 13            |
| 5.3.1 Radioisotope en verbindings daarvan                     | 13            |
| 5.3.2 Hanteringsprosedures: Perke en Blootstellingsevaluasies | 13            |
| 5.3.2.1 Spuit   | 15            |
| 5.3.2.2 Verplasing metode                                     | 16            |
| 5.3.2.3 Ampule- of bottelbreker                               | 17            |
| 5.3.2.4 Handpomp  | 17            |
| 5.3.2.5 Konstante-tempo-vrylating met gravitasievloei         | 18            |
| 5.3.2.6 Konstante-tempo-vrylating met pomp                    | 19            |
| 5.3.2.7 Loodpot met breekmeganisme                            | 19            |

|   | <u>Bladsy</u> |
|---|---------------|
| 5.3.3 Implikasies en Voorsorg   | 20            |
| 5.4 Gasspoorders  | 21            |
| 5.4.1 Hanteringsprosedures en Blootstellingsevaluasies                            | 21            |
| 5.4.1.1 Ampules   | 21            |
| 5.4.1.2 Gassilinder   | 22            |
| 5.4.2 Implikasies en Voorsorg   | 23            |
| 6 OPSOMMING VAN BLOOTSTELLINGSEVALUASIES  | 24            |
| 7 ONGELUKKE   | 25            |
| 8 GOEDKEURING VAN PROSEDURES  | 25            |
| 9 VERWYSINGS  | 26            |
| TABEL I: ISOTOPE WAT MEES ALGEMEEN GEBRUIK WORD                                   | 27            |
| TABEL II: VERBINDINGS EN OPLOSMIDDELS VIR VLOEISTOFSPoordERS                      | 28            |
| TABEL III: AKTIWITEITSPERKE EN BLOOTSTELLINGSEVALUASIES VIR<br>VLOEISTOFSPoordERS | 29            |
| TABEL IV: OPSOMMING VAN DOSISEVALUASIES   | 30            |
| FIG 1: SKANDERINGSBRONHOUEr   | 31            |
| FIG 2: DRAAGBARE VLAKMETER  | 31            |
| FIG 3: TIPIESE ISOTOPIESE SAMESTELLING VAN GOUDERTS NA<br>BESTRALING              | 32            |
| FIG 4: HANTERING VAN AKTIWITEIT MET SPUIT   | 33            |
| FIG 5: VERPLASINGSMETODE  | 33            |
| FIG 6: APPARAAT OM AMPULES MEE TE BREEK   | 34            |
| FIG 7: HANDPOMP   | 34            |
| FIG 8: KONSTANTE-TEMPO-VRYLATING MET GRAVITASIEVLOEI                              | 35            |
| FIG 9: KONSTANTE-TEMPO-VRYLATING MET POMP   | 35            |
| FIG 10: VERVOERHOUEr MET BREEKMEGANISME   | 36            |
| FIG 11: INSPUITER VIR <sup>41</sup> Ar  | 37            |
| FIG 12: GASSILINDER EN KOPPELING VIR <sup>41</sup> Ar-INSPUITINGS                 | 37            |

OPSOMMING

Isotoophanteringsprosedures wat deur personeel van Kerntegniese Nywerheidsdiens (KTND) tydens die uitvoer van ondersoeke in die nywerheid gevolg word, word beskryf. Moontlike radiologiese implikasies a.g.v. verskillende meettegnieke en verskillende tipes aanlegte word bespreek. Voorwaardes waaronder staande magtiging vir die gebruik van radioisotope toegestaan is, word gemeld.

ABSTRACT

Radioisotope handling procedures followed by personnel of the Nuclear Techniques Industrial Service (NTIS) during the conduction of investigations in industry are described. Possible radiological implications as a result of the various measuring techniques and different types of plants are discussed. Conditions under which permanent authorization has been granted for the use of radioisotopes are mentioned.

## 1. INLEIDING

Radioisotope word algemeen in verskillende nywerheidstoepassings gebruik om inligting in verband met prosesontwerp en -beheer te bekom. Hoewel nywerheidsprosesse uiteenlopend van aard is en die tipe inligting wat verlang word uiteraard van aanleg tot aanleg verskil, is dit tog moontlik om die meeste van die projekte van hierdie aard met behulp van 'n beperkte aantal isotoophanteringsprosedures uit te voer.

Wanneer radioisotope gebruik word is dit 'n vereiste dat stralingsveiligheid van werkers sowel as omstanders in ag geneem word in die beplanning en uitvoering van die ondersoek. Die Lisensiëringstak van die Atoomenergiekorporasie (AEK) is die regulatoriese liggaam wat die besit en gebruik van radioisotope magtig. Binne KERNKOR is hierdie verantwoordelikheid aan Departement Veiligheid gedelegeer.

Stralingsbeskermingsmaatreëls, vir werkers en lede van die publiek wat moontlik aan straling as gevolg van die betrokke toepassing blootgestel mag word, word in ooreenstemming met die aanbevelings van die Internasionale Kommissie van Stralingsbeskerming getref [1]. Hierdie aanbevelings vereis dat :

- a) Die praktyk wat die blootstelling tot gevolg het geregverdig is uit die oogpunt van die netto bare van die praktyk ;
- b) In alle gevalle die dosis so laag as moontlik gehou word ;
- c) Primêre dosisperke nie oorskry word nie

Die IKRB aanbevelings is deur die IAEA in 'n stel basiese veiligheidsstandaarde vir stralingsbeskerming omskryf [2]. Potensiële nywerheidstoepassings word kwalitatief beoordeel om te verseker dat aan vereiste (a) voldoen word. Die Departement Veiligheid van KERNKOR en die Lisensiëringstak van die AEK verseker dat aan vereistes (b) en (c) sowel as konvensionele veiligheidsvereistes voldoen word.

Die tegnieke en prosedures wat in hierdie dokument beskryf word en deur KTND (Kerntegniese Nywerheidsdiens), Afdeling Kerntegnologie, Departement Kernfisika, gebruik word, is ontleed en die beraamde stralingsrisiko, dit is vereistes (b) en (c), is vir die Lisensiëringstak aanvaarbaar. Die tegnieke en prosedures wat beskryf word is as staande prosedure goedgekeur, onderhewig aan :

- i) Vooraf kennisgewing aan Departement Veiligheid van elke toepassing wat gedoen word ;
- ii) Persone wat die radioisotope mag hanteer, moet vooraf deur die Lisensiëringstak en Departement Veiligheid daarvoor gemagtig word ; en
- iii) Vir elke toepassing moet vooraf dokumentêr gedemonstreer word dat aan neergelegde norme voldoen word met verwysing na die tersake inligting. Sodanige dokumente moet saam met die kennisgewing aan die Departement Veiligheid op rekord geplaas word. Dit is egter nie nodig om elke keer goedkeuring van hierdie evaluasie te verkry nie.

## 2. RADIOISOTOPE

'n Verskeidenheid radioisotope word vir die toepassings wat in paragrawe 3 tot 5 bespreek word, gebruik. Gerieflikheidshalwe word 'n lys van die isotope wat mees algemeen gebruik word in Tabel I gegee. Gammastralingskonstantes, halfveertye en aanbevole maksimum toelaatbare konsentrasies in drinkwater en lug word ook gemeld.

### 3. ALGEMENE RIGLYNE

Die volgende algemene riglyne word tydens die beplanning en uitvoering van nywerheidstoepassings van radioisotope gevolg:

- (i) Die minimum hoeveelheid aktiwiteit wat as nodig vir die uitvoer van 'n ondersoek beskou word, word gebruik.
- (ii) Radioaktiewe materiaal word in goedgekeurde houers en volgens voorskrif vervoer.
- (iii) Aktiwiteit, hetsy verseël of onverseël, word in alle gevalle volgens aanvaarde metodes, met die nodige voorsorg, gehanteer soos byvoorbeeld beskryf in verwysing [3]. Waar van toepassing word spesiale voorsorg wat tydens hantering van aktiwiteit nodig mag wees, in seksies 4 en 5 gemeld.
- (iv) Die blootstelling van personeel sowel as enige nie-stralingswerkers word in alle gevalle so laag as moontlik gehou. Vir die doel van beplanning word tegnieke onderhewig aan die volgende gemagtigde dosisse beplan:
  - (a) Dosistempo vir nie-stralingswerkers kleiner as:  
2,5  $\mu\text{S/hr}$  (0,25 mrem/h) en dosis minder as 1 mSv (100 mrem)/jaar
  - (b) Heelligsaamdosis vir stralingswerkers:  
10 mSv (1 rem)/jaar
  - (c) Handdosis vir stralingswerkers:  
100 mSv (10 rem)/jaar

Dosisse word in die geval van stralingswerkers gekontroleer deur meting met filmwapens, sakdosismeters en TLD's.



Die blootstellingsevaluasies in seksies 4 en 5 is slegs ten opsigte van die stralingswerker wat die aktiwiteit hanteer, gedoen. Daar is normaalweg 'n minimum van twee persone (maar tot soveel as vier) by 'n projek betrokke en daar kan aangeneem word dat die dosisse wat ander werkers ontvang normaalweg laer sal wees as die van die hanteerder. Wanneer moontlik, word die werk ten opsigte van die hanteringsfase tussen die beskikbare stralingswerkers verdeel ten einde die minimum blootstellingsdosis per werker te verseker.

Hoewel die evaluasies in seksies 4 en 5 ten opsigte van realistiese hanteringstye en -afstande gedoen is, is die dosisskattings van toepassing op die maksimum aktiwiteitshoeveelhede wat met die betrokke prosedures hanteer kan word. Gevolglik weerspieël die evaluasies die maksimum dosisse wat in die betrokke situasies opgedoen word. Hierdie waardes moet ook in die lig van die hanteringsfrekwensies, soos uiteengesit in die betrokke seksies, gesien word. Die aangehaalde hanteringsfrekwensies verteenwoordig die gemiddelde werklike situasie soos gedurende die afgelope 5 jaar ondervind is.

- (v) In gevalle waar onverseëlde aktiwiteit op nywerheidspersele gehanteer word, sal die volgende oppervlaktekontaminasievlakke in die gebied waarin die werk uitgevoer is nie oorskry word nie:

$$\alpha\text{-straling: } 0,37 \text{ Bq/cm}^2 \text{ (} 10^{-5} \text{ } \mu\text{Ci /cm}^2 \text{)}$$

$$\beta\text{-straling: } 3,7 \text{ Bq/cm}^2 \text{ (} 10^{-4} \text{ } \mu\text{Ci /cm}^2 \text{)}$$

Voorsorg word in alle gevalle geneem om kontaminasievlakke tot 'n minimum te beperk.

- (vi) Wanneer aktiwiteit in prosesstrome gevoeg word, word verseker dat die verdunning wat dit met prosesmateriaal tydens die proses

ondergaan, voldoende is om aan sekere voorwaardes te voldoen ten opsigte van produkte of prosesstrome waarmee mense in aanraking mag kom. Die maksimum toelaatbare vlakke, soos in ICRP-publikasie 2 [4] beskryf, word as riglyne gebruik, om in terme van ICRP-publikasie 26 [1] as afgeleide perke vir die doel van hierdie evaluasie te dien. Die volgende perke is van toepassing:

- (a) Die maksimum toelaatbare konsentrasie in drinkwater vir nie-stralingswerkers soos saamgevat in Tabel I: Hierdie norm is van toepassing op enige produk of prosesstroom wat nie alleen vir menslike gebruik (d.w.s. inname) geskik is nie, maar wat selfs ook per abuis ingeneem kan word deurdat dit as eet- of drinkbaar beskou kan word (bv. verkoelingswater).
- (b) Die maksimum toelaatbare konsentrasie in lug: Dit is van toepassing in areas waar aktiwiteit moontlik in gasvorm, as stof of as aërosol in die lug vrygestel kan word.
- (c) Die definisie van radioaktiewe materiaal volgens die voorwaardes vir die gebruik van radioaktiewe nukliede, naamlik spesifieke aktiwiteit = 75 Bq/g (0,002  $\mu$ Ci/g) en totale aktiwiteit = 3,7 kBq (0,1  $\mu$ Ci), is van toepassing op produkte en prosesmateriale wat normaal nie as eet- of drinkbaar beskou kan word nie (bv. ertse of toksiese chemikalieë).

Indien bogenoemde perke nie deur bestaande prosesverduunning nagekom kan word nie, word spesiale maatreëls getref om dit te verseker, soos byvoorbeeld die tydelike berging van 'n produk totdat die aktiwiteit deur natuurlike verval 'n aanvaarbare vlak bereik het, of die wegruiming van 'n produk.

(vii) Alle gekontamineerde items en afval word na Pelindaba teruggebring vir dekontaminasie en/of wegruiming.

#### 4. VERSEËLDE BRONNE

##### 4.1 Algemeen

Verseëelde radioaktiewe bronne word vir skanderings en vlakmetings op proseseenhede gebruik. Hierdie bronne word vir albei die prosedures wat beskryf word na die betrokke aanleg of terrein vervoer en daar vanaf die vervoerhouer na die meettoerusting oorgeplaas. Na gebruik word dit weer teruggeplaas in die vervoerhouer en teruggebring na Pelindaba.

##### 4.2 Skandering

###### 4.2.1 Tegniekbeskrywing en Hanteringsprosedure

Skanderings van proseseenhede (bv. distillasiekolomme, opgaarhouers, pype, ens.) word gedoen deur 'n verseëelde bron (gammastraler) en 'n detektor aan teenoorgestelde kante van die eenheid te hou en hulle dan gelyktydig op en af of heen en weer oor die gebied van belang te beweeg. Deur die deurgelate gammastrale op verskillende posisies te registreer word 'n "digtheidsprofiel" van die inhoud van die eenheid verkry, waaruit die verlangde inligting afgelei kan word.

Die skanderingsbronnhouer word in Figuur 1 getoon. Hierdie houer word vanaf die bokant van die proseseenheid laat sak tot by die area van belang. Aangesien die persoon wat die bron hanteer altyd aan die bokant daarvan is, geniet hy tydens die skandering dus die maksimum voordeel van die loodafskerming wat die houer bied. Die afstand wat die persoon vanaf die bron is varieer tydens die skandering vanaf ongeveer 1 m tot 30 m.

Die tydsduur van 'n skandering hang van die kompleksiteit van die prosesseenheid en die tipe inligting wat verlang word af. Dit kan varieer van 30 min tot uiters twee (agt uur) dae per skandering.

#### 4.2.2 Blootstellingsevaluasie en Voorsorg

Slegs  $^{137}\text{Cs}$  en  $^{60}\text{Co}$  word vir hierdie werk gebruik. 'n Reeks bronne van verskillende sterktes is van albei tipes beskikbaar en die keuse van die bron en aktiwiteit word volgens die behoeftes van elke toepassing gedoen. Die maksimum aktiwiteit wat gebruik word is 3,7 GBq (100 mCi)  $^{60}\text{Co}$  en 2,2 GBq (60 mCi)  $^{137}\text{Cs}$ .

'n Evaluasie van die blootstellingsrisiko word gedoen deur die uiterste situasie te ontleed, naamlik 'n skandering met die maksimum aktiwiteit (3,7 GBq  $^{60}\text{Co}$ ) op die minimum afstand van 1 m oor die maksimum tydperk van 2 dae. Vir hierdie doel word die bron as 'n puntbron beskou en die afskerming van 5 cm lood (effektiewe afskerming van bronhouer vir straling na bo) in ag geneem. Die totale blootstellingsdosis onder hierdie omstandighede is 1,44 mSv (144 mrem). Ongeveer 10 skanderings word per jaar gedoen.

Die gebied waarin geskandeer word, word afgebaken en met stralingstekens aangedui. Die grense van die afgebakende gebied word deur die bronsterkte bepaal en word sodanig vasgestel dat die dosistempo daarbuite minder as 2,5  $\mu\text{Sv/h}$  (0,25 mrem/h) is. In die geval van die 3,7 GBq  $^{60}\text{Co}$  (100 mCi) Co-bron is die minimum afstand vanaf die bron waaraan hierdie vereiste voldoen word 23 m, indien daar geen obstruksies soos geboue of prosestoerusting in die pad van die straling is nie. Aangesien die meerderheid skanderings op prosestorings (bv. distillasiekolomme) van tot 60 m hoog gedoen word, is afbakening in die praktyk nie 'n probleem nie en is dit dikwels slegs nodig om die toegang tot die trappe of leer van die betrokke prosesseenheid te versper.

### 4.3 Vlakmetings met behulp van neutronterugverstrooiing

#### 4.3.1 Tegniekbeskrywing en Hanteringsprosedure

Die apparaat word in Figuur 2 getoon. Dit bestaan uit 'n 37 GBq (1 Ci)  $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ -bron wat saam met 'n  $^3\text{He}$ -neutrondetektor aan die een ent van 'n 1,5 m lang aluminiumpyp (handvatsel) gemonteer is. Die meetkop (bron en detektor) word op en af oor die wand van die houer waarvan die vloeistofvlak bepaal moet word beweeg. Vloeistowwe met 'n hoë waterstofinhoud (soos water, waterige oplossings, vloeibare petroleumgas en verskeie ander organiese verbindings) veroorsaak meer verstrooiing van neutrone as die lug of dampfase bokant die vloeistofvlak in die houer. Hierdie verskil kan maklik deur die detektor waargeneem word en die vloeistofvlak kan gevolglik gelokaliseer word.

#### 4.3.2 Blootstellingsevaluasie en Voorsorg

Tydens 'n vlakmeting word die apparaat deurentyd aan die handvatsel hanteer. Aangesien dit ook deur die waterstof van die menslike liggaam beïnvloed word, is dit noodsaaklik om dit sover moontlik vanaf die liggaam te hou tydens die meting, maar in die praktyk gebeur dit tog dat die bron tot so na as 50 cm vanaf die liggaam gehou kan word.

Aangesien die metode vinnig en maklik is om te gebruik, kan verskeie vlakmetings binne 'n uur gedoen word, en dit is selde dat die apparaat vir langer tydperke aaneenlopend gebruik word.

'n Evaluasie van die blootstellingsdosis word gemaak deur die totale dosis onder bogenoemde omstandighede te bereken (d.w.s. die dosis vanaf 'n puntbron op 50 cm oor 'n tydperk van 1 uur). Die totale neutrondosis hiervolgens is 90  $\mu\text{Sv}$  (9 mrem). Die gammadosis lewer nie 'n betekenisvolle bydrae nie as gevolg van die 1 cm loodafskerming van die bron. Vlakmetings word gemiddeld by ongeveer 10 geleenthede per jaar gedoen.

Nie-stralingswerkers word tydens hantering van die apparaat op 'n afstand van minstens 3 m vanaf die bron gehou sodat hulle nie aan 'n dosistempo van meer as 2,5  $\mu\text{Sv}$  (0,25 mrem)/h blootgestel word nie. Indien verskeie metings in 'n spesifieke gebied gedoen moet word, word die gebied met stralingstekens afgebaken volgens hierdie grens.

## 5. ONVERSEËLDE AKTIWITEIT

### 5.1 Inleiding

Onverseëelde aktiwiteit word as spoorders vir gas-, vloeistof- en soliede fases in nywerheidsprosesse vrygelaat ten einde

- (i) inligting ten opsigte van die vloedinamika van die prosesse te verkry,
- (ii) volumetriese vloeitempo's te meet, en
- (iii) lektoetse op proseseenhede of -stelsels uit te voer.

### 5.2 Soliede Spoorders

#### 5.2.1 Radioisotopiese Samestelling

Soliede spoorders bestaan uit geradioaktiveerde soliede materiaal - meesal mineraalartse, hoewel sintetiese produkte (bv. sementklinker) ook gebruik kan word. Bestralings van die materiaal word deur Afdeling Reaktorbedryf gedoen.

Aangesien die radioisotopiese samestelling van 'n materiaal vir bestraling van belang is, nie alleen ten opsigte van die beplanning van die eksperimentele werk waarvoor dit bedoel is nie, maar ook ten opsigte van die radiologiese implikasies wat vrylatings van hierdie aard tot gevolg kan hê, word dit vooraf bepaal deur middel van proefbestralings en gammaspektrometrie. Elemente wat op hierdie wyse

geïdentifiseer word, word deur middel van geskikte analitiese tegnieke (bv. neutronaktiveringsanalise) gekwantiseer sodat dit moontlik is om die bestralingstyd vas te stel wat die verlangde aktiwiteit tot gevolg sal hê.

Aangesien die samestelling van mineraalertsse varieer, verskil die radioisotoopsamestelling ook van erts tot erts. 'n Tipiese voorbeeld word in Figuur 3 getoon, wat ook toon hoe die samestelling met tyd verander.

### 5.2.2 Hanteringsprosedures en Blootstellingsevaluasies

Soliede radioaktiewe materiaal word in verseëde politeensakkies ontvang en so na die aanleg vervoer, waar dit volgens een van drie metodes gehanteer word. Elk van die metodes is onderhewig aan 'n maksimum aktiwiteitsperk. Hierdie perk is afgelei van die heelliggaam- en handdosisperke van onderskeidelik 1 mSv (100 mrem) en 10 mSv (1 rem) per week vir stralingswerkers en is gebaseer op  $^{24}\text{Na}$  (die isotoop met die hoogste gammastralingskonstante in Tabel I). Met ander woorde, die perke is sodanig dat, selfs indien die straling vanaf die erts slegs deur  $^{24}\text{Na}$  veroorsaak sou wees, die dosis wat die stralingswerker sal ontvang nie die weeklikse dosisperke tydens 'n eenmalige hantering sal oorskry nie, mits die erts volgens die afstande en tye soos hieronder vir elke metode beskryf word gehanteer word.

Die onderskeie metodes word vervolgens behandel en 'n blootstellingsevaluasie word ook gedoen ten opsigte van 'n tipiese erts. Die voorbeeld in Figuur 3 word hiervoor gebruik. Die afstande en tye wat vir die evaluasies gebruik word is op praktiese ondervinding gebaseer en word as realisties beskou om die onderskeie metodes doeltreffend en veilig te kan gebruik.

#### (i) Direkte byvoeging

Die sakkie word net so, onopgemaak, direk in die proses

gevoeg. Die maksimum totale aktiwiteit wat vir hierdie metode as geskik beskou word is 20 GBq (ongeveer 500 mCi). Volgens Figuur 3 sal 'n tipiese geaktiveerde erts met hierdie totale aktiwiteit uit ongeveer 4 GBq (110 mCi)  $^{24}\text{Na}$ , 6 GBq (150 mCi)  $^{76}\text{As}$ , 220 MBq (6 mCi)  $^{140}\text{La}$ , 8 GBq (220 mCi)  $^{198}\text{Au}$ , 130 MBq (3,6 mCi)  $^{60}\text{Co}$ , 67 MBq (1,8 mCi)  $^{46}\text{Sc}$  en 290 MBq (7,9 mCi)  $^{59}\text{Fe}$  bestaan. Die hantering bestaan slegs uit 'n oorplasing vanaf die vervoerhouer na die vrylatingspunt wat met 'n 1 m lang tang binne 5 min afgehandel kan word. Vir die doel van 'n blootstellingsevaluasie word die totale dosis vanaf puntbronne van die onderskeie nukliede gevolglik op 1 m en oor 'n tydperk van 5 min bereken. In hierdie geval is die geskatte totale heelliggaamdosis 250  $\mu\text{Sv}$  (25 mrem). Gemiddeld word 8 vrylatings per jaar op hierdie wyse gedoen.

(ii) Byvoeging van inhoud van sakkie

Die sakkie word met 'n skêr oopgesny en die inhoud by die proses gevoeg. Die totale aktiwiteitsperk is in hierdie geval 4 GBq (ongeveer 100 mCi). 'n Totale hanteringstyd van 5 min en 'n afstand van 50 cm word vir die evaluasie van die heelliggaamdosis gebruik, terwyl 'n tyd van 2 min en 'n afstand van 10 cm vir 'n skatting van die dosis op die hande gebruik word. Die isotopiese samestelling vir 4 GBq totale aktiwiteit volgens Figuur 3 word gebruik en die ooreenstemmende dosisse is 110  $\mu\text{Sv}$  (11 mrem) en 1,1 mSv (110 mrem) vir heelliggaam en hande, respektiewelik. Ongeveer 4 vrylatings word gemiddeld per jaar volgens hierdie metode gedoen.

(iii) Slikvorming

Die sakkie word oopgesny en die inhoud met water in 'n emmer gemeng om 'n slik te vorm, wat dan by die proses gevoeg word. Aktiwiteitsperk is 2 GBq (ongeveer 50 mCi). Die blootstel-



lingsevaluasie word soortgelyk aan (i) en (ii) gedoen, met inagneming van die volgende hanteringsafstande en tye:

Heelligaamdosis =  $130 \mu\text{Sv}$  (13 mrem) vir 10 min op 50 cm

Handedosis = 1,1 mSv (110 mrem) vir 2 min op 10 cm (tydens oopsny van sakkie) plus 5 min op 20 cm (tydens vermenging van slik). Slegs een vrylating word per jaar op hierdie wyse gedoen.

### 5.2.3 Voorsorg en Gesondheidsfisiese Bystand

Bogenoemde maksimum aktiwiteitsvlakke is slegs van toepassing indien daar geen vrystelling van luggedrae radioaktiewe stofdeeltjies waaraan persone blootgestel kan word tydens die hanteringsfase of vanuit die proses self plaasvind nie. In gevalle waar sodanige stofvrylatings wel kan plaasvind, word die hanteringsprosedure in oorleg met die Departement Veiligheid beplan en die totale aktiwiteit wat hanteer word, dienooreenkomstig bepaal. In hierdie omstandighede word bystand van 'n lid van die Departement Veiligheid tydens hantering van die aktiwiteit verlang, stofmaskers word gedra en lugmonsters word in die hanteringsgebied geneem met die doel om die konsentrasie radioaktiwiteit in die lug te meet. Beskermende klere (oorjasse of oorpakke) en handskoene word in elk geval gedra.

Voorsorg word tydens hantering teen kontaminasie getref (veral tydens uitvoering van metodes (ii) en (iii)) deur die hanteringsgebied sover moontlik met plastiekvelle en handdoekpapier te bedek.

Aangesien die aanlegprodukt of enige prosesstroom waarmee mense in aanraking mag kom aan die aktiwiteitskonsentrasievlakke soos uiteengesit in seksie 3 (vi) moet voldoen, word vooraf bevestig dat daar voldoende verdunning in die aanleg is om dit te verseker.

As 'n voorbeeld word die 20 GBq-ertsmonster wat in seksie 5.2.2(i) genoem is, beskou. So 'n monster sou byvoorbeeld geskik wees vir die meet van die verblyftyd van erts in 'n reeks uraan-loogtenks by 'n

goudmyn waarvan die totale volume tipies tussen 2 500 en 5 000 m<sup>3</sup> is. Hierdie volume word opgeneem deur ertsslik met 'n digtheid van tipies ongeveer 1,5 g/cm<sup>3</sup> en 'n ertsinhoud van ongeveer 50 % (per massa). Gevolglik is die beskikbare ertsmassa waarmee die aktiwiteit in 'n aanleg van 2 500 m<sup>3</sup> sal verdun 1 875 ton. Aangesien die onderskeie nuklide nie tydens die proses van die erts geskei word nie, is die gemiddelde konsentrasie in die erts by die uitlaat van die aanleg ongeveer 10 Bq/g (270 pCi/g). Hierdie waarde is laer as die perk van 74 Bq/g (2 nCi/g) wat in hierdie geval van toepassing is (seksie 3 (vi)), en indien die erts in hierdie aanleg nie verder verwerk sou word nie (wat 'n meer volledige evaluasie sou behels) maar op 'n uitskot slikhoop beland, kan so 'n meting sonder risiko uitgevoer word sover dit hierdie aspek aanbetref.

### 5.3 Vloeistof Spoorders

#### 5.3.1 Radioisotope en verbindings daarvan

'n Lys van die radioisotope wat mees algemeen as spoorders vir vloeistowwe gebruik word, word in Tabel II getoon. Die Tabel toon ook die verskillende verbindings wat in waterige en organiese fases normaalweg gebruik word. Hierdie isotope word of as oplossings (soos aangetoon in die tabel) of as die droë sout deur die Isotoopproduksiesentrum of Afdeling Reaktorbedryf voorsien. Aktiewe oplossings word in verseëde 10 ml botteltjies (wat geskik is vir gebruik met spuitnaalde) en aktiewe soute in verseëde kwartsampules voorsien.

#### 5.3.2 Hanteringsprosedures: Perke en Blootstellingsevaluasies

Isotope word deur middel van die metodes wat in seksies 5.3.2.1 tot 5.3.2.7 beskryf word, en in Figure 4 tot 10 aangetoon word, in prosesse vrygestel. Hierdie vrylatings is aan die volgende perke onderworpe:

- (i) Prosedureperk: Hierdie perk verteenwoordig die maksimum aktiwiteit wat op 'n keer deur 'n stralingswerker met elk van die metodes gehanteer kan word. Die perke is, soos voorheen, afgelei van die dosisperke vir stralingswerkers soos in seksie 5.2.2 beskryf deur gebruik te maak van die afstande en hanteringstye soos vir elke metode uiteengesit in die onderstaande seksies. Hierdie afstande en tye word as realisties beskou vir die veilige en doeltreffende uitvoering van die betrokke hanteringsaksies. Die evaluasie is verder gedoen deur die aktiwiteit as 'n puntbron te beskou en ook die loodafskerming wat in elke geval van toepassing is (soos in figure 4 tot 10 aangetoon) in aanmerking te neem. Die prosedureperke en ooreenstemmende afgeleide blootstellingsvlakke word in Tabel III getoon. Die waardes vir  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ ,  $^{131}\text{I}$  en  $^{198}\text{Au}$  in hierdie Tabel is in sommige gevalle heelwat minder as die maksimum wat volgens bostaande norme gehanteer kan word. Die vlakke wat in hierdie gevalle genoem word is die maksimum hoeveelhede wat weens praktiese beperkinge (bv. produksieprobleme) op 'n keer gehanteer kan word.
- (ii) Bystandsperk: Die behoeftes van projekte verskil nie net ten opsigte van die tipe en hoeveelheid aktiwiteit wat vrygestel word nie, maar ook ten opsigte van die aantal en frekwensie van vrylatings. 'n Groot aantal vrylatings binne 'n redelike kort tydperk vereis noodwendig dat heelwat minder aktiwiteit per vrylating gebruik moet word as die prosedurehoeveelhede in Tabel III ten einde aan die blootstellingsperke te voldoen. Selfs al is die totale aktiwiteit heelwat minder as die prosedureperk, is die kontaminasie- en blootstellingsrisiko's aansienlik hoër in so 'n geval. Verder word hierdie risiko's ook verhoog deur hantering van vloeistowwe met hoër spesifieke aktiwiteite. Om hierdie redes word "bystandsperke" vir die verskillende radioisotope daargestel wat albei bogenoemde aspekte in

aanmerking neem. Hierdie perke verteenwoordig aktiwiteitsverbruikstempo's wat, indien dit oorskry word, vereis dat bystand van 'n lid van die Departement Veiligheid tydens uitvoering van die hanteringsaksie benodig word. So 'n beampte is dan slegs vir die moniterings- en moontlike dekontaminasieaspekte verantwoordelik, sodat daar op hierdie wyse verseker word dat hoë spesifieke aktiwiteite en/of veelvuldige vrystellings veilig en doeltreffend uitgevoer word.

Die bystandesperke word in Tabel III getoon. Hierdie waardes is grotendeels gebaseer op aanbevelings van die Departement Veiligheid ten opsigte van projekte wat in die verlede uitgevoer is, maar daar is ook gepoog om dit meer sinvol te maak deur die waardes relatief tot mekaar in ooreenstemming met faktore soos gammastralingskonstantes (Tabel I), radiotoksisiteitsklasse[5] en maksimum toelaatbare heelligaamslas[4] te bring.

Die verskillende hanteringsprosedures en die ooreenstemmende hanteringstye en -afstande wat vir die blootstellingsevaluasies gebruik is, word vervolgens behandel.

#### 5.3.2.1 Sput

Die botteltjie met opgeloste aktiwiteit word vanuit die vervoerhouer na 'n loodpot met twee gaatjies in die deksel oorgeplaas (sien Figuur 4). 'n Sputnaald, wat as ventilasie-opeening dien, word deur die een gaatjie in die botteltjie gedruk. Hierna word aktiwiteit met behulp van 'n sput, wat met 1 cm dik lood bedek is, deur die ander gaatjie onttrek, soos getoon in Figuur 4. Aktiwiteit word of direk in die proses, of in een van die vrystellingsfasiliteite (soos beskryf in seksies 5.3.2.4 tot 5.3.2.6) gesput.

Die aantal onttrekkings uit een botteltjie en die hoeveelheid aktiwiteit per onttrekking word deur die behoeftes van die spesifieke toepassing bepaal, en varieer dus. Onttrekkings word egter binne die raamwerk van die bogenoemde aktiwiteitsperke en voorgeskrewe dosislimiete (seksie 3) beplan.

'n Hanteringstyd van 2 min is vir die doel van die blootstellings-evaluasie aangeneem. Die dosis op die hande is geskat deur die totale dosis vir hierdie periode vir albei hande afsonderlik te bereken, naamlik op 1 cm met 1 cm loodafskerming vir die hand wat die spuit vashou en op 5 cm met geen afskerming (die agterkant van die spuit is nie afgeskerm nie) vir die hand wat die suier hanteer. Die hoogste van hierdie twee skattings is telkens in Tabel III genoem. Die heelligaamdosis is op 'n afstand van 50 cm bereken. Aktiwiteit word gemiddeld 20 keer per jaar op hierdie wyse gehanteer.

#### 5.3.2.2 Verplasingsmetode

Dieselfde toerusting as in 5.3.2.1 word gebruik, maar soos in Figuur 5 opgestel.

Al die aktiwiteit word vervolgens met lug uit die botteltjie verplaas (deur die spuit af te druk), of direk in die proses in, of na een van die ander vrystellingsfasiliteite (sien seksies 5.3.2.4 tot 5.3.2.6). Ten einde die kontaminasierisiko te verminder, word die toerusting na gebruik, maar voor ontkoppeling, met die geskikte oplosmiddel gespoel deur 'n groot volume daarvan met behulp van die spuit deur die botteltjie te verplaas.

Die blootstellingsevaluasie is met 'n afstand van 3,8 cm en 3,8 cm loodafskerming (dikte van die loodpot) vir die skatting van die dosis op die hande gedoen, terwyl die heelligaamdosis op 'n afstand van 50 cm met 3,8 cm loodafskerming bereken is. Die

hanteringstyd is 2 min. Verder is die bydrae van aktiwiteit in die pypie en naald waardeur dit vrygestel word ook in ag geneem. Dit is gedoen deur aan te neem dat ongeveer een tiende van die totale aktiwiteit op enige tydstip in die pypie teenwoordig is. Die bydrae hiervan tot die dosis op die hande en heelligaamdosis is respektiewelik op 10 cm en 50 cm bereken en by die onderskeie waardes soos hierbo bereken getel. Slegs 2 hanterings word per jaar op hierdie wyse gedoen.

#### 5.3.2.3 Ampule- of bottelbreker

Die apparaat word in Figuur 6 getoon. 'n Botteltjie met aktiewe vloeistof, of 'n ampule met aktiewe poeier, word met behulp van 'n 1 m lang tang in die agterkant van die pyp geplaas terwyl die pyp plat lê. Die breekstaaf word dan gebruik om die botteltjie/ampule vorentoe te stoot. Die ent met die aktiwiteit in word dan in water in 'n houer gedruk, sodat die aktiwiteit onder die water is. Die botteltjie/ampule word vervolgens gebreek deur die breekstaaf af te stamp. Indien aktiewe poeier op die wyse vrygelaat is, word die houer vir 5 minute alleen gelaat sodat die poeier kan oplos. (Die soute wat in Tabel II getoon word los maklik in hierdie omstandighede op in die ooreenstemmende oplosmiddels.) Hierna word die inhoud van die houer by die proses gevoer.

'n Effektiewe hanteringstyd van 4 min en 'n hanteringsafstand van 1 m is vir die blootstellingsevaluasie aangeneem. Aangesien die hantering deurentyd op 'n afstand van 1 m gedoen word, is hierdie kriteria vir die berekening van beide die heelligaam- en handdosis gebruik. Die gemiddelde hanteringsfrekwensie is 4 per jaar.

#### 5.3.2.4 Handpomp

'n Handpomp word gebruik om vloeistofspoorders teen druk in pype in te spuit. Die opstelling word in Figuur 7 getoon. Aktiwiteit

word met behulp van een van die metodes in seksies 5.3.2.1 of 5.3.2.2 in die reservoir van die pomp vrygelaat, verdun met 'n geskikte vloeistof wat aanpasbaar is met die prosesvloeistof, en dan in die pyp ingepomp.

Die pomp kan 'n druk van 100 bar lewer. 'n Lektoets word voor elke projek sowel as na koppeling in die aanleg met onaktiewe vloeistof op die koppelstuk en lasse gedoen deur met behulp van 'n drukmeter te verseker dat druk in die pomp en verbindingstuk gehandhaaf kan word. Verder word smere van tyd tot tyd tydens, en na 'n projek van die suierstang en ander potensiële lekplekke geneem ten einde moontlike kontaminasie langs hierdie weë te monitor. Na gebruik word die pomp en koppelstuk met onaktiewe vloeistof gespoel deur 'n groot volume daarvan in die proses in te pomp, voor ontkoppeling.

Die handpomp word veral vir volumetriese vloeimetings gebruik, wat vereis dat verskeie inspuittings oor 'n tydperk van tot 10 min gedoen word. Aangesien die stralingswerker tydens hierdie periode slegs die handvat sel hoof te hanteer, is beide die heiliggaam- en handdosisse in Tabel III op 'n afstand van 50 cm bereken. Geen afskerming is in berekening gebring nie. Die pomp word by 10 geleenthede per jaar gebruik.

#### 5.3.2.5 Konstante-tempo-vrylating met gravitasievloei

Aktiwiteit word deur middel van een van die metodes in seksies 5.3.2.1 of 5.3.2.2 in die reservoir van die apparaat in Figuur 8 vrygelaat. Die reservoir word met 'n geskikte vloeistof gevul en die inhoud gemeng deur dit met die ventilasiepyp te roer. Hierna word die klep oopgedraai en aktiewe vloeistof vloei teen 'n konstante tempo uit, wat bepaal word deur die hoogte-verskil  $h$  (sien Figuur 8). Die uitlaat van die apparaat word direk by die prosesvloeistof gevoeg. Die vloeitempo word tydens die vrylating

gmeet deur die vordering van die dalende vloeistofvlak in die gegradeerde reservoir met 'n stophorlosie te meet. Vrystellings van hierdie aard vind oor tydperke van tot 30 min plaas. Die stralingswerker moet gedurende die vrystelling die dalende vlak monitor en die afgeleide dosisse in Tabel III is gevolglik vir 30 min op 50 cm bereken (met geen afskerming). Dieselfde kriteria is vir skattings ten opsigte van beide die hande en die liggaam gebruik. Slegs 1 projek wat hierdie tipe vrylating vereis word gemiddeld per jaar gedoen.

#### 5.3.2.6 Konstante-tempo-vrylating met pomp

'n Meetpomp word gebruik om aktiwiteit teen 'n konstante tempo teen drukke van tot 100 bar in te spuit (Figuur 9). 'n Soortgelyke reservoir as in seksie 5.3.2.5 word vir die aktiwiteit gebruik en die vloeitempo word op dieselfde manier gemeet. Koppelings word vooraf vir lekke getoets, soos reeds in seksie 5.3.2.4 beskryf, en die apparaat agterna met onaktiewe vloeistof uitgespoel, voor ontkoppeling. Vrystellings vind ook oor tydperke van tot 30 min plaas en gevolglik is die afgeleide dosisse en hanteringsfrekwensie soos in seksie 5.3.2.5 beskryf, ook hier van toepassing.

#### 5.3.2.7 Loodpot met breekmeganisme

Figuur 10 toon 'n loodpot was as vervoerhouer en vrystellingsfasiliteit dien. Aktiwiteit kan of in vloeistofvorm of poeivorm met hierdie fasiliteit hanteer word. 'n Ampule of botteltjie word deur die Isotoopproduksiesentrum in die houer gelaai, waarna dit na die aanleg vervoer word. Die geskikte oplosmiddel of verdunningsvloeistof word deur opening 8 (Figuur 10) in die houer ingelaat en ring 18 hard opgeruk sodat hefboom 11 die bottel of ampule breek. Sodoende word aktiwiteit in die loodhouer vrygestel en opgelos of verdun. Dit kan hierna in die aanleg of in een van die apparate



in 5.3.2.4 tot 5.3.2.6 vrygestel word deur klep 25 oop te draai, sodat die aktiewe oplossing deur 'n rubberpypie wat aan pypie 26 gekoppel word, uitloop.

Die volgende hanteringsafstande en -tye is vir die afgeleide dosisse in Tabel III gebruik:

Heelligaam: 50 cm vir 5 min met 2,5 cm loodafskerming  
Hande : 15 cm vir 5 min met 2,5 cm loodafskerming.

Hierdie apparaat, wat tans nog vervaardig word, sal die funksie van die ampulebreker (seksie 5.3.2.3) vervang, en in sommige gevalle ook in die plek van die spuit (5.3.2.1) en die verplasingsmetode (5.3.2.2) gebruik kan word. Die hanteringsfrekwensie is dus onbekend, maar dit word op 8 hanterings per jaar geraam.

### 5.3.3 Implikasies en Voorsorg

Aangesien die vrylating van aktiwiteit aan sekere perke ten opsigte van konsentrasies in produkte of prosesstrome onderhewig is (seksie 3(vi)), word die verdunningsfaktore wat vir elke projek van toepassing is sorgvuldig geëvalueer ten einde ramings van die betrokke konsentrasies te kan maak. Die totale aktiwiteit, die aantal vrylatings en die frekwensie daarvan word in ag geneem. So byvoorbeeld word verseker dat daar 'n verdunningsvolume van ten minste  $85 \text{ m}^3$  is indien 5 GBq (135 mCi)  $^{82}\text{Br}$  as p-dibromobenseen in die dieselstroom (digtheid =  $0,8 \text{ gm/cm}^3$ ) by 'n olieraffinadery vrygelaat word ten einde te verseker dat die konsentrasie in die produk wat die aanleg verlaat nie 75 Bq(0,002 µCi)/g oorskry nie. Indien dieselfde hoeveelheid aktiwiteit in die vorm van  $\text{NH}_4\text{Br}$  in die verkoelingswaterstelsel van die raffinadery vrygelaat word, word die moontlikheid dat die water gedrink kan word in ag geneem, selfs al word dit in 'n "geslote" stelsel gehersirkuleer of nie normaalweg as drinkwater gebruik nie. In laasgenoemde geval word 'n verdunningsvolume van  $500 \text{ m}^3$  as voldoende beskou om die vlak van  $10 \text{ Bq (270 pCi)/cm}^3$  (Tabel I) wat in hierdie geval van toepassing is te bereik.

Die gebied waarin die aktiwiteit vrygestel word, word tydens die hanteringsaksie afgebaken en met stralingstekens aangedui. Die grense van die gebied word so vasgestel dat nie-stralingswerkers buite die gebied aan 'n stralingsdosistempo van hoogstens 2,5  $\mu\text{Sv}$  (0,25 mrem)/h blootgestel word.

Die werksgebied word tydens die hanteringsfase met plastiekvelle en handoekpapier bedek ten einde die kontaminasierisiko te verminder. Stralingswerkers dra onder alle omstandighede beskermende oorklere en handskoene. In gevalle waar radioaktiewe dampe of gasse vrygestel word, word respirators gedra en lugmonsters geneem ten einde hierdie vrystellings te evalueer.

Alle apparaat en toerusting wat in die werksgebied was word as gekontamineer beskou en as sodanig gehanteer. Toerusting word sover moontlik nie op die perseel gedekontamineer nie, maar liefs in plastieksakke verseël en na Pelindaba teruggebring.

#### 5.4 Gasspoorders

Spoordertoetse word ook met behulp van  $^{41}\text{Ar}$  gedoen, en dit word volgens een van die onderstaande metodes gehanteer.

##### 5.4.1 Hanteringsprosedures en Blootstellingsevaluasies

###### 5.4.1.1 Ampules

Kwartsglasampules met  $^{41}\text{Ar}$  word deur die Isotoopproduksiesentrum voorsien. Hierdie ampules word as volg met behulp van die apparaat in Figuur 11 gebreek en die gas in die proseslyn ingespuut:

Die apparaat word aan die proses gekoppel en die ampule daarin gelaai. Die breekskroef word ingedraai en die ampule sodoende gebreek. Hierna word die kleppe oopgemaak sodat die oordruk stikstof die aktiewe gas in die proseslyn in verplaas.

'n Praktiese maksimum aktiwiteit wat op hierdie wyse gehanteer word is 2 GBq (ongeveer 50 mCi) per ampule (dit is die maksimum wat in die standaard tipe A verpakings van die Isotoopproduksiesentrum vervoer kan word). 'n Blootstellingsevaluasie word gedoen deur die aktiwiteit as 'n puntbron te beskou en geen afskerming in berekening te bring nie. Die heelliggaamdosis word op 'n afstand van 50 cm bereken en die dosis op die hande op 'n afstand van 10 cm. 'n Hanteringstyd van 5 min word aangeneem. Die ooreenstemmende afgeleide dosisse is 3 mSv (300 mrem) en 0,12 mSv (12 mrem) vir die hande en liggaam, respektiewelik. Ongeveer 8 vrylatings word per jaar op hierdie wyse gedoen.

#### 5.4.1.2

##### Gassilinder

Die Isotoopproduksiesentrum voorsien  $^{41}\text{Ar}$  in 'n gassilinder wat dan aan die aanleglyn gekoppel word, soos aangetoon in figuur 12. Met kleppe B, C en D toe, word  $^{41}\text{Ar}$  deur klep A in die koppelstuk ingelaat. Klep A word toegemaak en die aktiewe gas met behulp van die stikstof oordruk in die aanleg ingelaat deur kleppe C en D oop te maak. Hierna word C en D toegemaak en B oopgemaak om die gasdruk in die koppeling af te laat. Die proses word van vooraf herhaal vir die volgende  $^{41}\text{Ar}$ -inspuiting. Aangesien die volume van die koppelstuk ongeveer een tiende van die gassilinder-volume is, kan verskeie  $^{41}\text{Ar}$ -pulse kort na mekaar met hierdie apparaat ingespuut word.

Die maksimum aktiwiteit wat met hierdie silinder en koppelstuk gehanteer word, is 20 GBq (ongeveer 500 mCi  $^{41}\text{Ar}$ ). Die apparaat

word normaalweg vir vloei-metings gebruik, waar verskeie pulse oor 'n periode van 10 min ingespuut word. Indien 2 GBq-hoeveelhede op 'n keer ingespuut word kan 'n blootstellingsevaluasie as volg gedoen word:

Vir 'n heelliggaamdosis word 'n afstand van 50 cm gebruik. Die bydraes van beide die 20 GBq (540 pCi) in die silinder (met 2,5 cm loodafskerming) en die 2 GBq (54 pCi) in die koppelstuk word in berekening gebring. Die totale dosis vir die 10 min is 0,5 mSv (50 mrem).

Die dosis op die hande word bereken as die dosis op 10 cm vir 'n 10 min blootstelling van 2 GBq met geen afskerming. Hierdie dosis is 6 mSv (600 mrem). Die apparaat word tans slegs 1 keer per jaar gebruik.

#### 5.4.2 Implikasies en Voorsorg

Argon-41 word veral as spoorder in petrochemiese nywerhede gebruik waar inligting in verband met die vloed-dinamika van gasse van belang is. Aangesien die gasse by nywerhede van hierdie aard normaalweg vlambaar en/of toksies is, word die hantering en berging daarvan streng beheer en vrystellings van groot hoeveelhede waaraan mense blootgestel word vind normaalweg nie plaas nie. Gasprodukte word na houters gepomp vir tydelike berging, en afvalgasse word deur skoorstene of fakkels in die atmosfeer vrygestel. Argon-41 wat in so 'n aanleg vrygelaat word sal dus ook een van hierdie roetes volg. Indien dit in 'n houer of 'n gedeelte van 'n aanleg akkumuleer, word die geaffekteerde toerusting gemonitor en indien nodig afgekamp en die gebied met stralingstekens aangedui ten einde te voorkom dat nie-stralingswerkers aan 'n stralingsdosistempo van meer as 2,5  $\mu$ Sv (0,25 mrem)/h blootgestel word. (Hierdie maatregel word ook tydens die aanvanklike vrystelling van die aktiwiteit getref). In hierdie omstandighede word van die

relatief kort halfveertyd van  $^{41}\text{Ar}$  (1,83 h) gebruik gemaak vir wegdoening van die aktiwiteit, aangesien aanvaarbare aktiwiteitsvlakke normaalweg in minder as 24 h in so 'n aanleg bereik word. Indien die aktiewe gas deur 'n skoorsteen of fakkel vrygestel word, word op verdunning deur die lug as gevolg van dispersie staatgemaak om te verseker dat die maksimum toelaatbare konsentrasie vir nie-stralingswerkers (Tabel I) nie oorskry word nie. Aangesien die uitlaatgasse as besoedelingstowwe beskou word is die tipe skoorsteen of fakkel wat hier ter sprake is normaalweg ontwerp om soveel moontlik dispersie van gasse tot gevolg te hê sodat hierdie aspek dan ook nie 'n probleem is in die geval van  $^{41}\text{Ar}$ -vrylatings nie.

Alle vrylatings van  $^{41}\text{Ar}$  word met bogenoemde in gedagte beplan en elke projek vooraf sorgvuldig ten opsigte van hierdie aspekte geëvalueer.

Die kwartsampules waarin  $^{41}\text{Ar}$  geaktiveer is, is ook radioaktief as gevolg van  $^{31}\text{Si}$  en geaktiveerde spoorelemente. Gevolglik word glasstukke van hierdie ampules na Pelindaba teruggebring vir wegruiming.

#### 6. OPSOMMING VAN BLOOTSTELLINGSEVALUASIES

'n Raming van die totale jaarlikse blootstellingsdosis, volgens die evaluasies in seksies 4 en 5, word in Tabel IV gedoen. In die tabel word die frekwensie van elke toepassing met die ooreenstemmende dosisskatting vermenigvuldig, en die totaal van hierdie produkte bereken. In die geval van die vloeistofprosedures is die hoogste dosisskatting telkens vir hierdie berekening gebruik. Die tabel toon dat 'n totale heelligaamdosis van ongeveer 45 mSv (4,5 mrem) en 'n handdosis van ongeveer 370 mSv (37 mrem) per jaar verwag kan word. Hierdie syfers verteenwoordig die totale blootstellingsrisiko vir 5 stralingswerkers en beteken dus 'n gemiddelde heelligaamdosis van 9 mSv (900 mrem) per stralingswerker per jaar en 'n gemiddelde handdosis van 73 mSv (7,3 mrem) per stralingswerker per jaar. Hierdie waardes is in ooreenstemming met die riglyne wat in

seksie 3 (iv) gestel is. 'n Raming van die totale blootstellingsdosis vir nie-stralingswerkers kan op 'n soortgelyke wyse gemaak word. Indien die hanteringstye van elke toepassing (soos in seksies 4 en 5 uiteengesit) met die ooreenstemmende hanteringsfrekwensies vermenigvuldig word toela die som van hierdie produkte dat die totale hanteringstyd per jaar ongeveer 180 h is. Indien 'n nie-stralingswerker gedurende hierdie periode by die 2,5  $\mu$ Sv/h (0,25 mrem/h)-grens is, sal die totale dosis wat hy ontvang 0,45 mSv (45 mrem) beloop. Hierdie dosis is ook in ooreenstemming met die 1 mSv (100 mrem)/jaar-riglyn in seksie 3.

7. ONGELUKKE

Indien 'n ongeluksituasie waarby radioaktiwiteit betrokke is op die perseel waar die projek uitgevoer word sou ontstaan wat nie binne 'n redelike tyd met die beskikbare hulpmiddels beveilig kan word nie, sal die voorval onverwyld by die Departement Veiligheid aangemeld word en hulp van Pelindaba aangevra word. Verder sal die verantwoordelike aanlegpersoneel van die voorval in kennis gestel word en nie-stralingswerkers verhoed word om die betrokke gebied binne te gaan totdat die situasie opgeklaar is.

8. GOEDKEURING VAN PROSEDURES

Staande magtiging om die prosedures wat in hierdie dokument binne die genoemde perke uit te voer is deur die Departement Veiligheid en die Lisensiëringstak van die AEK goedgekeur. Indien die maksimum aktiwiteit ten opsigte van enige van die prosedures wat in hierdie dokument genoem word vir 'n spesifieke projek oorskry word, sal goedkeuring vooraf vir sodanige projek van bogenoemde instansies verkry word. Dieselfde reëling geld indien die projek vereis dat van enige van die hanteringsprosedures afgewyk moet word tydens hantering van die aktiwiteit of indien aktiwiteit op 'n ander wyse as beskryf hanteer moet word.

9. VERWYSINGS

1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 26, Pergamon Press, 1976.
2. Basic Safety Standards for Radiation Protection, Safety Series 9, IAEA, 1982
3. SABS. Code of Practice for the Industrial use of Ionizing Radiation: Part I: Radiation from Radionuclides (To be published).
4. ICRP Publication 2. Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation. Pergamon Press, Oxford, 1959.
5. Jaarlikse verslag van die Onderafdeling Gesondheidsfisika en Veiligheid - 1976, Afdeling BII, Pin-352(B/R).

TABEL I: ISOTOPE WAT MEES ALGEMEEN GEBRUIK WORD

| Isotoop           | Gammastralings-<br>konstante<br>(mSv/h/m/GBq)* | Halveertyd | MTK**(Bq/cm <sup>3</sup> ) |             |                     |                    |
|-------------------|--|------------|----------------------------|-------------|---------------------|--------------------|
|                   |  |            | Water                      |             | Lug                 |                    |
|                   |  |            | Oplosbaar                  | Onoplosbaar | Oplosbaar           | Onoplosbaar        |
| <sup>24</sup> Na  | 0,4935   | 15,0 h     | 7                          | 1           | 1x10 <sup>-3</sup>  | 2x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>32</sup> P   | -  | 14,3 d     | 0,7                        | 0,7         | 7x10 <sup>-5</sup>  | 1x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>35</sup> S   | -  | 86,7 d     | 2                          | 10          | 3x10 <sup>-4</sup>  | 3x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>41</sup> Ar  | 0,1789   | 1,83 h     | -                          | -           | 1x10 <sup>-3</sup>  |                    |
| <sup>42</sup> K   | 0,0368   | 12,4 h     | 10                         | 0,7         | 3x10 <sup>-3</sup>  | 1x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>46</sup> Sc  | 0,2938   | 84,0 d     | 1                          | 1           | 3x10 <sup>-4</sup>  | 3x10 <sup>-5</sup> |
| <sup>51</sup> Cr  | 0,0043   | 27,8 d     | 70                         | 70          | 1x10 <sup>-2</sup>  | 3x10 <sup>-3</sup> |
| <sup>56</sup> Mn  | 0,2381   | 2,58 h     | 4                          | 4           | 1,x10 <sup>-3</sup> | 7x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>59</sup> Fe  | 0,1686   | 45,0 d     | 2                          | 2           | 2x10 <sup>-4</sup>  | 2x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>60</sup> Co  | 0,3514   | 5,27 j     | 2                          | 1           | 4x10 <sup>-4</sup>  | 1x10 <sup>-5</sup> |
| <sup>76</sup> As  | 0,0603   | 26,5 h     | 0,7                        | 0,7         | 1x10 <sup>-4</sup>  | 1x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>82</sup> Br  | 0,3711   | 35,7 h     | 10                         | 1           | 1x10 <sup>-3</sup>  | 2x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>99m</sup> Tc | 0,0354   | 6,0 h      | 200                        | 100         | 4x10 <sup>-2</sup>  | 2x10 <sup>-2</sup> |
| <sup>131</sup> I  | 0,0581   | 8,05 d     | 7x10 <sup>-2</sup>         | 2           | 1x10 <sup>-5</sup>  | 4x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>137</sup> Cs | 0,0878   | 30,0 j     | 0,7                        | 1           | 7x10 <sup>-5</sup>  | 2x10 <sup>-5</sup> |
| <sup>140</sup> La | 0,2916   | 40,2 j     | 0,7                        | 0,7         | 2x10 <sup>-4</sup>  | 1x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>187</sup> W  | 0,0692   | 24,0 h     | 3                          | 2           | 7x10 <sup>-4</sup>  | 4x10 <sup>-4</sup> |
| <sup>198</sup> Au | 0,0630   | 64,8 h     | 2                          | 2           | 4x10 <sup>-4</sup>  | 3x10 <sup>-4</sup> |

<sup>241</sup>Am/Be: Gammastralingskonstante = 0,676 mSv/h/m/kBq  
 Neutronstralingskonstante = 0,595 mSv/h/m/kBq  
 Halveertyd = 462 j

\* 1 mSv/h/m/GBq = 3,7 mrem/h/m/mCi

\*\* Maksimum toelaatbare konsentrasies vir die mees kritiese organe soos aanbeveel deur die IKRB [4]. Die waardes geld vir die kontinue blootstelling (168 h-week) van nie-stralingswerkers. (1 Bq = 2,7x10<sup>-5</sup> μCi).



TABEL II: VERBINDINGS EN OPLOSMIDDELS VIR VLOEISTOFSPoordERS

| Isotoop                  | Verbinding  | Oplosmiddel                     |
|--------------------------|---|---------------------------------|
| $^{24}\text{Na}$         | $\text{Na}_2\text{CO}_3$                                | Water                           |
|                          | $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2$<br>(Na-asetaat)      | Water of isopropanol            |
| $^{51}\text{Cr}$         | Cr-EDTA   | Water                           |
| $^{56}\text{Mn}$         | $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$                              | Water                           |
| $^{82}\text{Br}$         | $\text{NH}_4\text{Br}$                                  | Water                           |
|                          | $\text{C}_6\text{H}_4\text{Br}_2$<br>(p-dibromobenseen) | Tolueen                         |
| $^{99\text{m}}\text{Tc}$ | $\text{NaTcO}_4$  | Water of metiel-<br>etielketoon |
| $^{131}\text{I}$         | NaI   | Natriumtiosulfaatoplossing      |
| $^{198}\text{Au}$        | $\text{AuCl}_3$   | Water                           |

**TABEL III: AKTIWITEITSPERKE EN BLOOTSTELLINGSEVALUASIES VIR VLOEISTOFSPoordERS**

| Isotoop Bystandsperk<br>(GBq/dag) |    | Prosedureperke (GBq) en ooreenstemmende afgeleide blootstellingsvlakke (mSv) volgens seksie 5.3.2 |    |       |                         |     |      |                           |      |      |                       |     |     |  |     |     |  |     |       |
|-----------------------------------|----|---|----|-------|-------------------------|-----|------|---------------------------|------|------|-----------------------|-----|-----|--|-----|-----|--|-----|-------|
|                                   |    | Spuut<br>(5.3.2.1)  |    |       | Verplasing<br>(5.3.2.2) |     |      | Ampulebreker<br>(5.3.2.3) |      |      | Handpomp<br>(5.3.2.4) |     |     | Konstante-tem-<br>po-vrylatings<br>(5.3.2.5 en<br>5.3.2.6) |     |     | Looftot met<br>breekmeganisme<br>(5.3.2.7) |     |       |
|                                   |    | Perk  | H  | HL    | Perk                    | H   | HL   | Perk                      | H    | HL   | Perk                  | H   | HL  | Perk   | H   | HL  | Perk                                       | H   | HL    |
| <sup>24</sup> Na                  | 5  | 0,08  | 9  | 0,005 | 4                       | 9   | 0,05 | 30                        | 1    | 1    | 3                     | 1   | 1   | 1  | 1   | 1   | 15   | 10  | 0,9   |
| <sup>51</sup> Cr                  | 50 | 150   | 9  | 0,09  | 200                     | *   | *    | 200                       | 0,07 | 0,07 | 200                   | 0,6 | 0,6 | 100  | 0,9 | 0,9 | 200  | *   | *     |
| <sup>56</sup> Mn                  | 5  | 0,2   | 9  | 0,007 | 15                      | 9   | 0,05 | 60                        | 1    | 1    | 6                     | 1   | 1   | 2  | 1   | 1   | 40   | 8   | 0,7   |
| <sup>82</sup> Br                  | 5  | 0,2   | 10 | 0,01  | 20                      | 9   | 0,05 | 40                        | 1    | 1    | 4                     | 1   | 1   | 1  | 0,7 | 0,7 | 50   | 9   | 0,8   |
| <sup>99m</sup> Tc                 | 50 | 20  | 9  | 0,09  | 20                      | *   | *    | 20                        | 0,05 | 0,05 | 20                    | 0,5 | 0,5 | 10   | 0,7 | 0,7 | 20   | *   | *     |
| <sup>131</sup> I                  | 5  | 5   | 9  | 0,04  | 60                      | 0,1 | *    | 60                        | 0,2  | 0,2  | 20                    | 0,8 | 0,8 | 8  | 0,9 | 0,9 | 60   | 0,1 | 0,002 |
| <sup>198</sup> Au                 | 5  | 4   | 10 | 0,03  | 400                     | 9   | 0,3  | 200                       | 0,8  | 0,8  | 20                    | 0,8 | 0,8 | 8  | 1   | 1   | 400  | 0,5 | 0,5   |

Opmerkings: (i) 1 GBq = 27,03 mCi  
(ii) 1 mSv = 100 mrem  
(iii) H = Dosis op hande; HL = Heelligaamdosis  
(iv) \* - minder as 0,001 mSv.

**TABEL IV: OPSOMMING VAN DOSISEVALUASIES**

| Toepassing  | Frekwensie<br>(per jaar) | Heelligaamdosis (mSv) |          | Handdosis (mSv) |          |
|---|--------------------------|-----------------------|----------|-----------------|----------|
|   |                          | per toepassing        | per jaar | per toepassing  | per jaar |
| <b>VERSEËLDE BRONNE</b>   |                          |                       |          |                 |          |
| 4.2 Skandering  | 10                       | 1,44                  | 14,40    | 1,44            | 14,4     |
| 4.3 Vlakmeting  | 10                       | 0,09                  | 0,90     | 0,09            | 0,9      |
| <b>ONVERSEËLDE BRONNE</b>                                       |                          |                       |          |                 |          |
| <b>5.2 Soliede spoorders</b>                                    |                          |                       |          |                 |          |
| (i) Direkte byvoeging   | 8                        | 0,25                  | 2,00     | 0,25            | 2,0      |
| (ii) Byvoeg van inhoud  | 4                        | 0,11                  | 0,44     | 1,10            | 4,4      |
| (iii) Silkvorming   | 1                        | 0,13                  | 0,13     | 1,10            | 1,1      |
| <b>5.3 Vloeistofspoorders</b>                                   |                          |                       |          |                 |          |
| 5.3.2.1 Smit  | 20                       | 0,09                  | 1,80     | 10,00           | 200,0    |
| 5.3.2.2 Verplasingmetode  | 2                        | 0,30                  | 0,60     | 9,00            | 18,0     |
| 5.3.2.3 Ampulebreker  | 4                        | 1,00                  | 4,00     | 1,00            | 4,0      |
| 5.3.2.4 Handpomp  | 10                       | 1,00                  | 10,00    | 1,00            | 10,0     |
| 5.3.2.5 Konstante tempo=<br>vrylating(gravitatie)               | 1                        | 1,00                  | 1,00     | 1,00            | 1,0      |
| 5.3.2.6 Konstante tempo=<br>vrylating(pomp)                     | 1                        | 1,00                  | 1,00     | 1,00            | 1,0      |
| 5.3.2.7 Loodpot met<br>breekmeganisme                           | 8                        | 0,90                  | 7,20     | 10,00           | 80,0     |
| <b>5.4 Gasspoorders</b>   |                          |                       |          |                 |          |
| 5.4.1.1 Ampules   | 8                        | 0,12                  | 0,96     | 3,00            | 24,0     |
| 5.4.1.2 Gassilinder   | 1                        | 0,50                  | 0,50     | 6,00            | 6,0      |
| <b>TOTALE BLOOTSTELLING PER JAAR VIR 5<br/>STRALINGSWERKERS</b> |                          |                       | 44,93    |                 | 366,8    |
| <b>BLOOTSTELLING PER JAAR PER STRALINGSWERKER</b>               |                          |                       | 9        |                 | 73       |

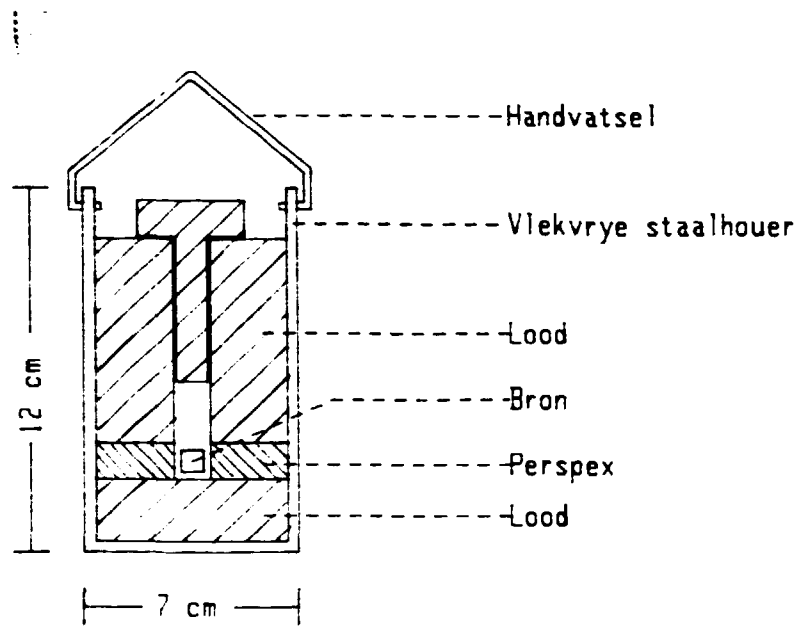


FIG. 1 SKANDERINGSBRONHOUER

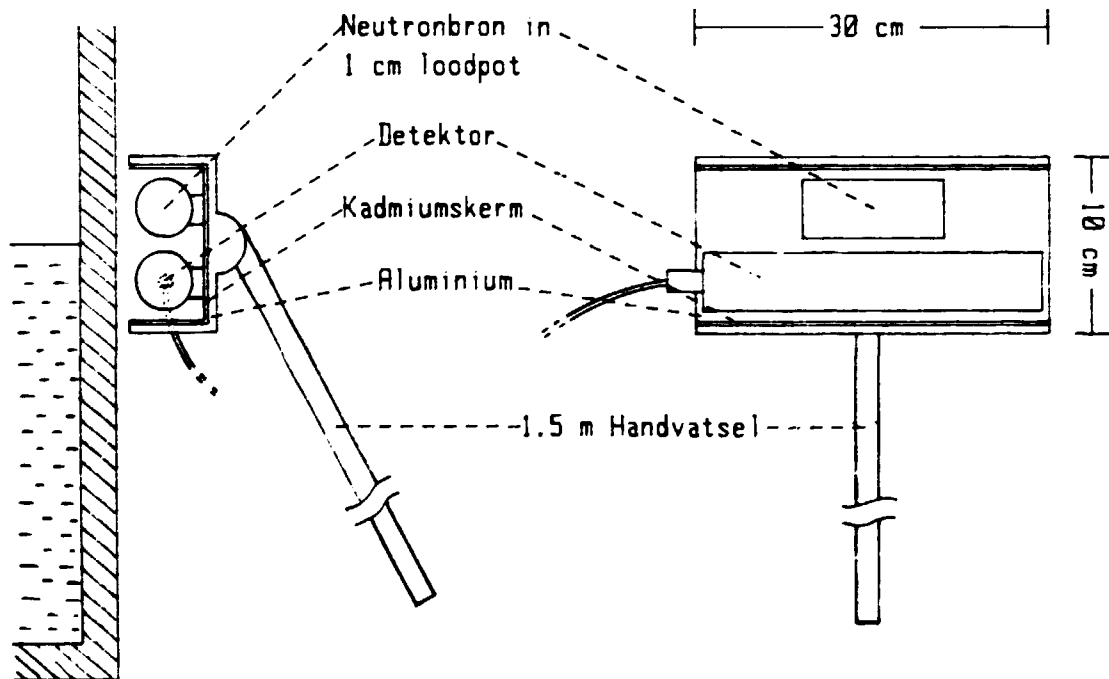


FIG. 2 DRAAGBARE VLAKMETER

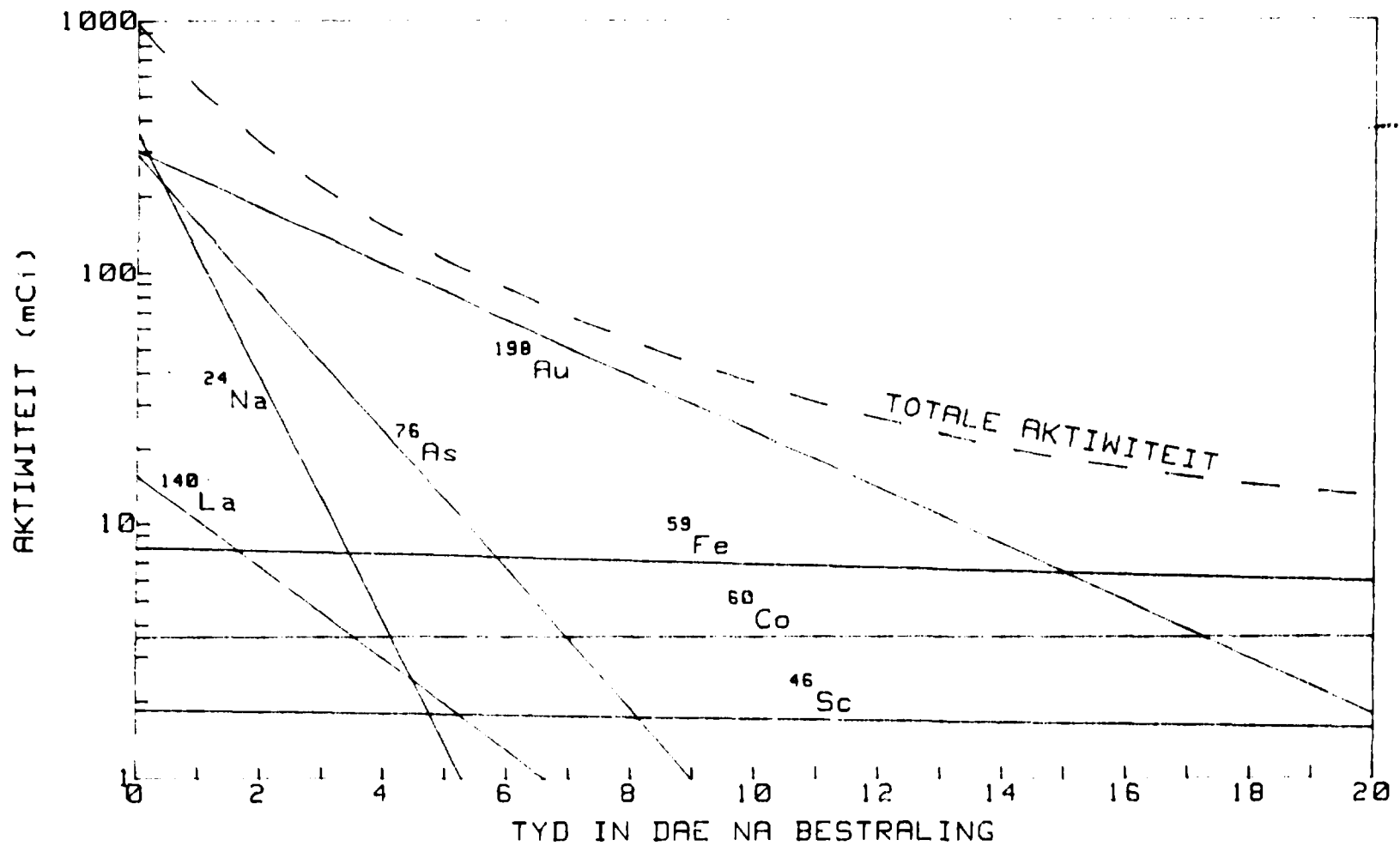


FIG.3 TIPIESE ISOTOPIESE SAMESTELLING VAN GOUDERTS NA BESTRALING

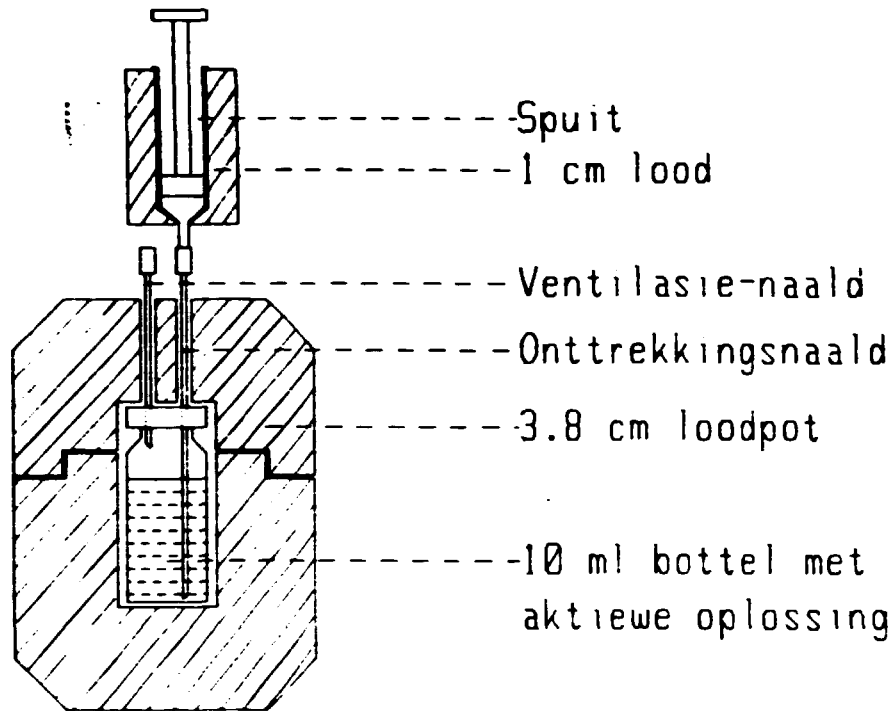


FIG.4 HANTERING VAN AKTIWITEIT MET SPUIT

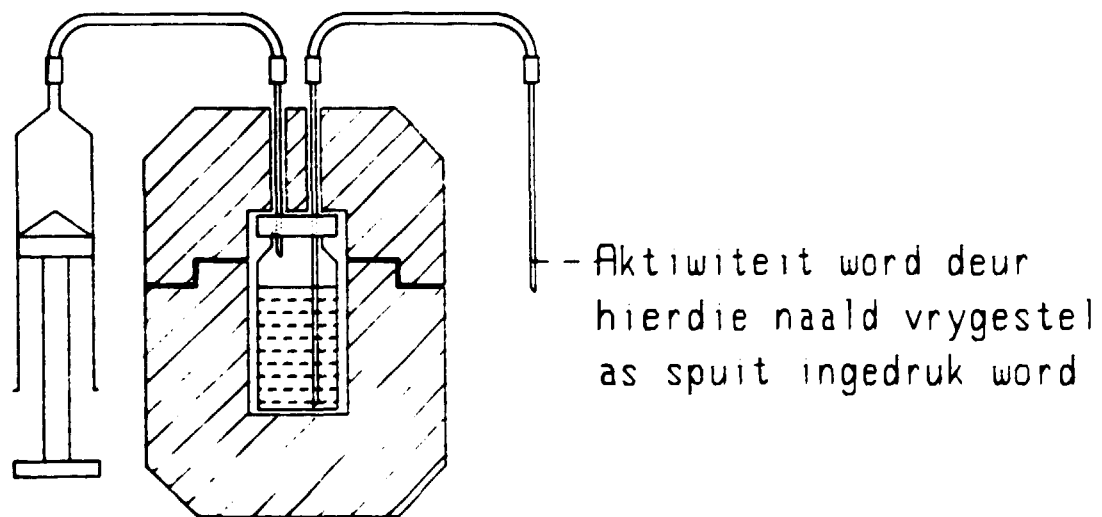


FIG.5 VERPLASINGSMETODE

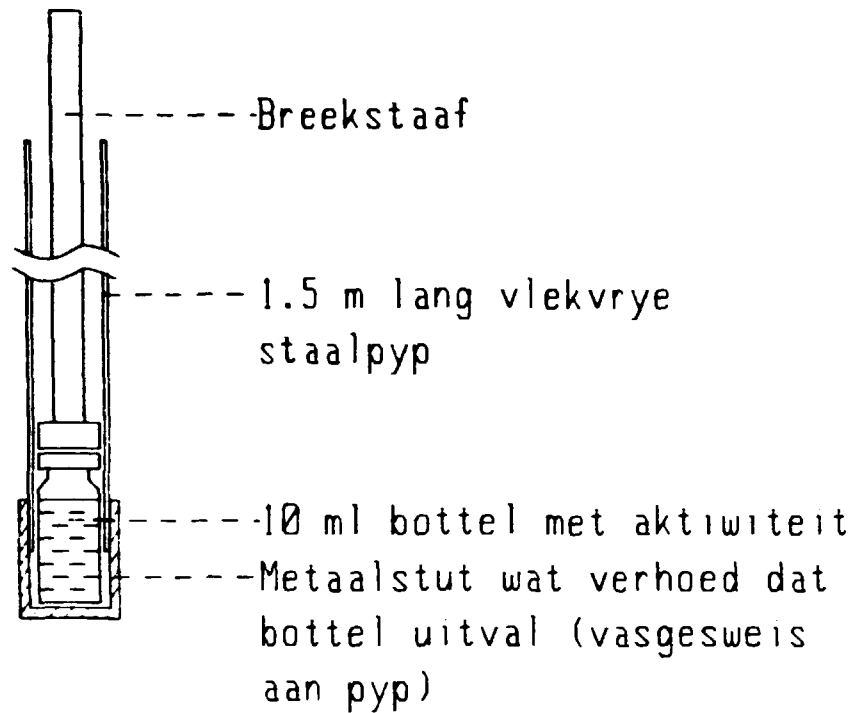


FIG.6 APPARAAT OM AMPULES MEE TE BREEK

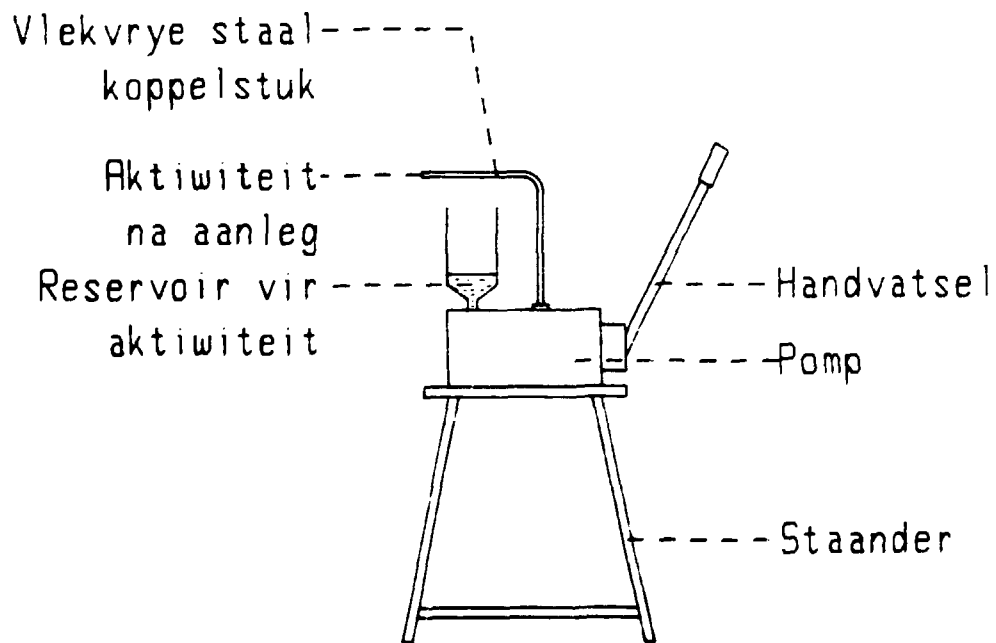


FIG.7 HANDPOMP

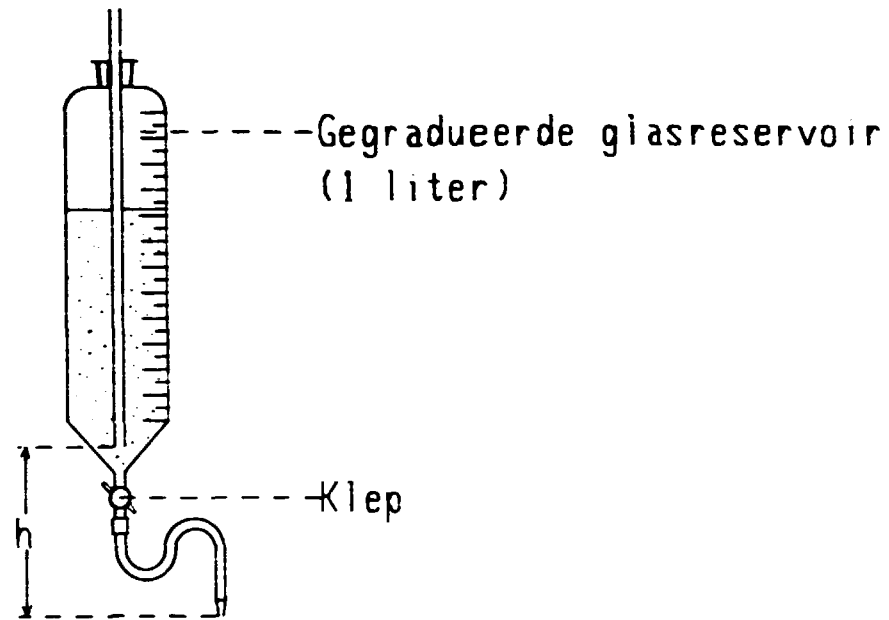


FIG. 8 KONSTANTE-TEMPO-VRYLATING MET GRAVITASIE-VLOEI

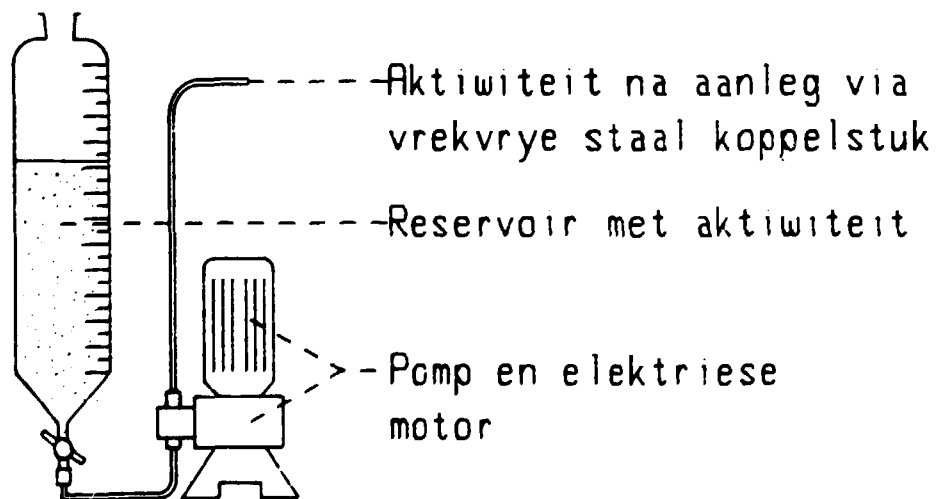


FIG. 9 KONSTANTE-TEMPO-VRYLATING MET POMP



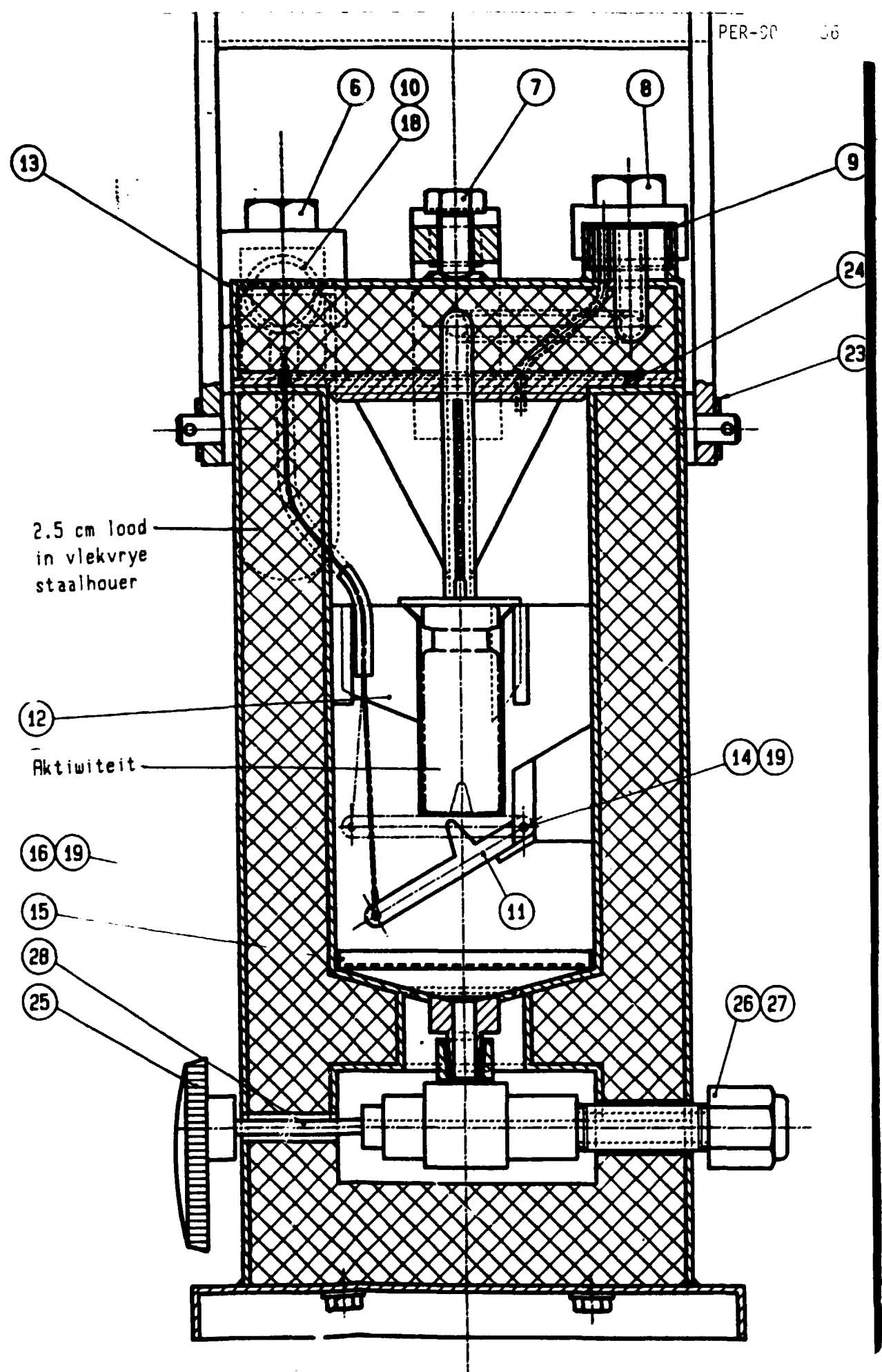


FIG. 10 VERVOERHOUER MET BREEKMEGANISME

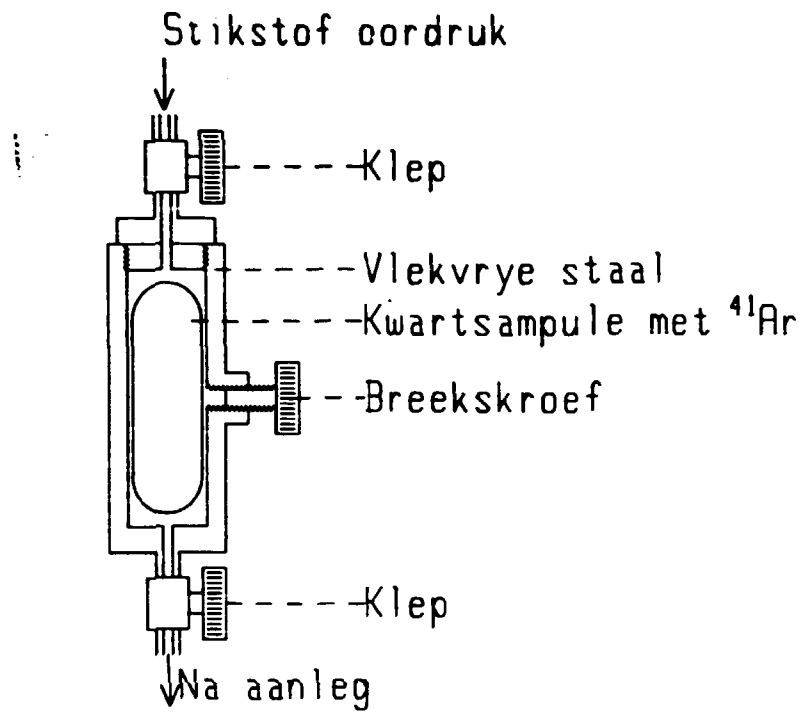
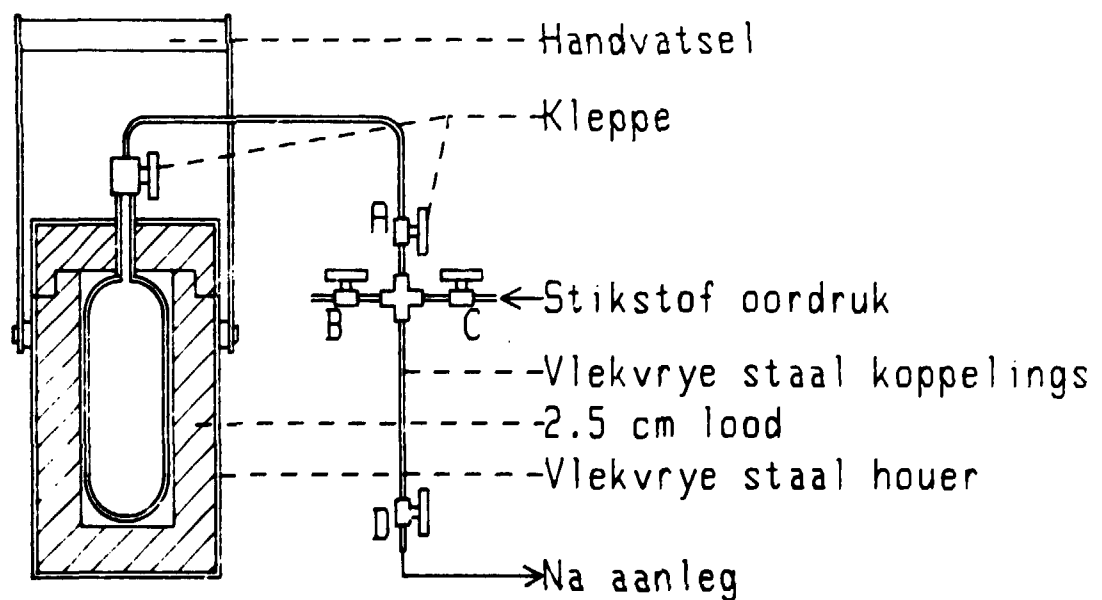


FIG.11 INSPUITER VIR Ar-41

FIG.12 GASSILINDER EN KOPPELING VIR  
Ar-41 INSPUITINGS