

Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.  
KIWA

RAPPORT BETREFFENDE HET DOOR DE  
COMMISSIE WATERVERLIES INGESTELDE  
ONDERZOEK NAAR DE LOOPTIJD VAN  
LEKKEN IN DIENSTLEIDINGEN

MEDEDELING No 2  
VAN DE COMMISSIE WATERVERLIES (COWA)  
van het KIWA

Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.

KIWA

Van Speykstraat 34 — Den Haag

RAPPORT BETREFFENDE HET DOOR DE  
COMMISSIE WATERVERLIES INGESTELDE  
ONDERZOEK NAAR DE LOOPTIJD VAN  
LEKKEN IN DIENSTLEIDINGEN

MEDEDELING No 2  
VAN DE COMMISSIE WATERVERLIES (COWA)  
van het KIWA

## 1. Inleiding

Is de grootte van het lekverlies, dat bij een waterleidingbedrijf optreedt, bekend, bv. uit een nachtmeting (zie Mededeling No 1 van de Commissie Waterverlies), dan moet getracht worden na te gaan hoe dit lekverlies over hoofd-, dienst- en binnenleidingen is verdeeld.

De totale grootte van het lekverlies in de gezamenlijke dienstleidingen kan gelijkgesteld worden aan het gemiddelde lekverlies per dienstleidinglek vermenigvuldigd met het aantal gelijktijdig aanwezige lekken. Het aantal gelijktijdig aanwezige lekken is weer gelijk aan het aantal lekken dat gemiddeld per dag aan de oppervlakte treedt, vermenigvuldigd met de gemiddelde looptijd van deze lekken in dagen. Het aantal lekken in dienstleidingen dat in een bepaald tijdsbestek bovenkomt, is bij de bedrijven in het algemeen wel bekend. De grootheden waar twijfel over kan bestaan, zijn de gemiddelde looptijd en de grootte van het gemiddeld lekverlies gedurende die looptijd.

Zoals bekend, wordt onder de looptijd van een lek de tijdsduur verstaan, die verloopt van het tijdstip waarop het lek ontstaat tot het tijdstip waarop het lek nadat het bovengronds zichtbaar is geworden, wordt opgeheven.

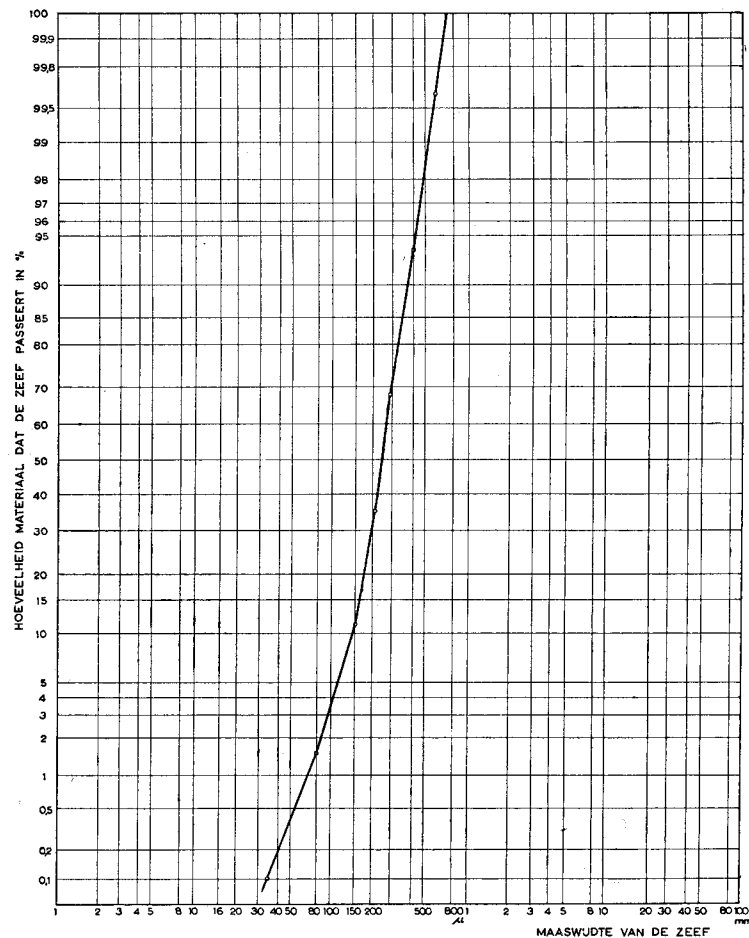
Als zich in een waterleiding op een bepaald moment een lek heeft gevormd, zal het daaruit stromende water de grondwaterstand plaatselijk doen stijgen, waardoor een verval ontstaat ten opzichte van het grondwater in de omgeving. Als gevolg daarvan vindt afstroming plaats.

De snelheid waarmee het phreatisch vlak stijgt, wordt bepaald door het verschil tussen de per tijdseenheid door het lek aangevoerde hoeveelheid water en de hoeveelheid water die per tijdseenheid tot afstroming komt. Ook de verzadigingsgraad van de bodem (neerslag) speelt hierbij een rol.

De snelheid waarmee het water kan afvloeien is afhankelijk van de doorlatendheid van de grond ter plaatse en in de naaste omgeving van het lek. Als de grondwaterstand ten gevolge van het door het lek aangevoerde water ten slotte gestegen is tot het maaiveld, komt het lek bovengronds en wordt dus zichtbaar. Indien zich in de nabijheid van de leiding een watergang bevindt, bestaat de mogelijkheid dat het lekwater daarheen zo snel kan afvloeien, dat de grondwaterspiegel niet tot het maaiveld kan stijgen. Worden bijzondere omstandigheden echter buiten beschouwing gelaten dan is de looptijd

van een lek dus afhankelijk van de grondwaterstand, de doorlatendheid van de grond en de hoeveelheid water die per tijdseenheid uit het lek stroomt.

De Commissie Waterverlies heeft getracht door middel van proefnemingen enig inzicht te verkrijgen in de looptijd van lekken in buizen van verschillend materiaal, gelegen in zandgrond en in de grootte van het lekverlies gedurende deze looptijd. Daartoe zijn op enkele plaatsen in zandgrond proefleidingen gelegd, waarin kunstmatig een lek van een bepaalde grootte was aangebracht. Om enig inzicht te verkrijgen in de aard van de grond zijn daarvan monsters genomen. Van deze monsters is de korrelsamenstelling bepaald. De uitkomsten liepen weinig



Afb. 1 Korrelverdelingsdiagram van zand.

Fall sein, dann dürfte die Laufzeit auch abhängig von der Geschwindigkeit der fortschreitenden Korrosion sein.

4. Da der Einfluss der Erosion bei Stahlrohren offenbar viel geringer ist als bei Rohren aus Blei oder Kupfer, wird die Dauer der Laufzeit von Leckagen in erstgenannten Rohren in viel stärkerem Masse durch das Fortschreiten der Korrosion bestimmt werden als bei Rohren aus letztgenannten Werkstoffen. Undichtigkeiten in Leitungen dieser Art, welche nicht durch Korrosion entstanden sind, können sehr lange Zeit unbemerkt bleiben.

5. Die Abmessungen von Löchern in Hart-P.V.C.-Röhren nehmen auf die Dauer infolge Erosion zu, wenn auch nur langsam. Die Laufzeit von Leckagen in diesem Material kann also zusammenhängen mit der Grösse der Erosion.

## ZUSAMMENFASSUNG

von

*Mitteilung No 2 des Ausschusses für Wasserverluste (CoWa) des Prüfungsinstituts für Wasserleitungsartikel KIWA A.G.*

*„Bericht betreffs der von dem Ausschuss für Wasserverluste eingeleiteten Untersuchung nach der Laufzeit von Leckagen in Hausanschlussleitungen“.*

Der „Ausschuss für Wasserverluste“ hat Versuche angestellt um sich ein Urteil bilden zu können über die Laufzeit von Leckagen in Hausanschlussleitungen.

Hierzu sind  $\frac{3}{4}$ -zöllige Rohre aus Blei, Kupfer, Stahl und Hart-P.V.C. mit Zwischenschaltung eines Wassermessers und eines Ventilanbohrhahns auf die Hauptleitung angeschlossen. In den Versuchsrohren war in der Nähe des Rohrendes ein künstliches Leck angebracht mit einem Durchmesser von 1 mm. Die Versuchsleitungen waren in Sandboden gelagert.

Obwohl diese Versuche, wie zu erwarten war, keine positive Unterlagen verschafft haben über die Dauer der Laufzeit von Leckagen in Rohren der untersuchten Werkstoffe und über den durchschnittlichen Leckverlust während dieser Zeit, gaben die Resultate doch gewisse Hinweise über das Verhalten dieser Leckagen. Diese Erkenntnisse sind wie folgt zusammengefasst:

1. Ueberwiegt der Einfluss der Scheuerwirkung der Sandkörner (Erosion), dann hat die Stelle an der sich das Leck in der Leitung befindet, Einfluss auf die Dauer der Laufzeit. Die Grösse einer Leckage oben im Rohr nimmt offensichtlich schneller zu als die einer Leckage in der Seite oder unten im Rohr. Befindet sich die Leckage an der unteren Seite, dann kann man erwarten, dass die Laufzeit am längsten ist.
2. Es kann angenommen werden, dass die Laufzeit von Leckagen in Bleirohren unter gleichen Verhältnissen kürzer sein dürfte als von Leckagen in Rohren aus den anderen Werkstoffen, weil infolge der geringen Abreibfestigkeit die Erosion bei Bleirohren von überwiegendem Einfluss sein dürfte.
3. Die Laufzeit von Leckagen in Kupferrohren ist offenbar länger als die von Leckagen in Bleirohren, wenn die Korrosion dabei keine Rolle spielt. Sollte das wohl der

uiteen. In afb. 1 is het korrelverdelingsdiagram van één van de monsters gegeven. Om onderling vergelijkbare uitkomsten te verkrijgen is getracht de proefleidingen zoveel mogelijk onder gelijke omstandigheden te leggen. Bij vergelijking van de met de verschillende proefinstallaties gevonden resultaten dient echter niet uit het oog te worden verloren, dat er desondanks onbekende factoren in het spel kunnen zijn geweest die invloed hebben uitgeoefend op de resultaten van de proeven.

### 2. Inrichting van de proefinstallaties

De proefinstallaties zijn uitgevoerd volgens het in afb. 2 aangegeven schema.

Elke proefinstallatie bestond uit vier  $\frac{3}{4}$ " buisjes, één van lood, één van koper, één van geasfalteerd staal en één van hard polyvinylchloride (p.v.c.). De buisjes waren aan één uiteinde dichtgemaakt. Op een afstand van 10 cm van dit uiteinde was een gaatje met een middellijn van 1 mm aangebracht. Ter plaatse van het lek bedroeg de gronddekking 1 m. De grond in de sleuven is in lagen van 10 cm zorgvuldig aangestampt. Elke proefbuis werd met behulp van een loden buis van ca 3 m lengte op een 2" hoofdleiding aangesloten. Direct naast de leiding was in iedere proefleiding een stopkraan en een 3 m<sup>3</sup> volumemeter geplaatst.

De hoeveelheid water die door elk van de gaatjes wegstroomde, werd met behulp van deze meters, die dagelijks werden afgelezen, nauwkeurig geregistreerd. De plaats van de proefinstallatie was zodanig gekozen, dat de druk in de hoofdleiding ongeveer 25 m wk bedroeg. Bij deze voordruk bedraagt de hoeveelheid water, die uit een gaatje van  $\varnothing$  1 mm stroomt 1300-1500 l per etmaal.

De grondwaterstand werd tijdens de proefnemingen op ongeregelde tijden opgenomen en wel op zodanige afstand van de installatie dat de grondwaterstand aldaar niet door de lekken kon worden beïnvloed. Het verloop van de grondwaterstand ter plaatse van de lekken zelf is niet gevolgd.

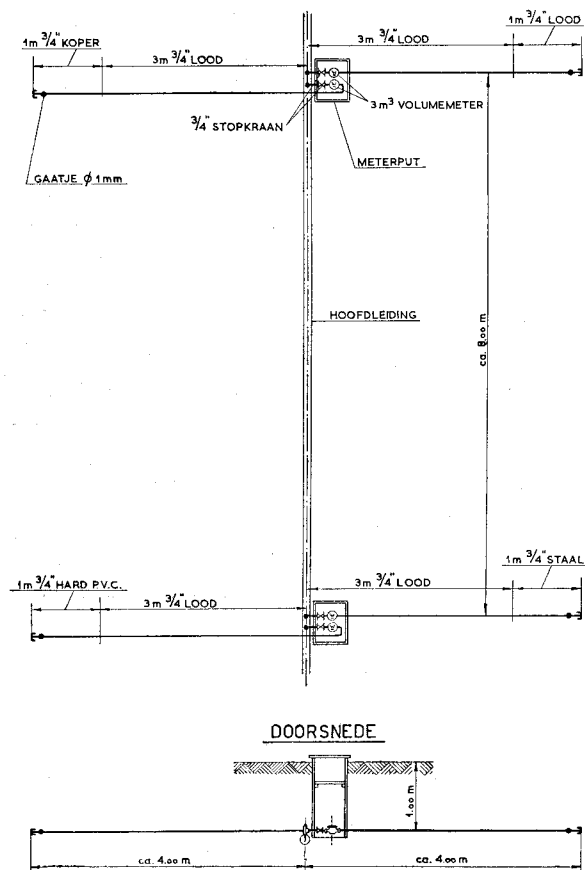
### 3. Uitvoering van de proeven

Na enig experimenteren werden de proeven definitief ingezet en wel bij drie verschillende bedrijven. Vermoedelijk door aanwezigheid van zand e.d. in het leidingnet van één dezer bedrijven waren de resultaten, verkregen uit de aldaar geplaatste proefinstallatie, niet betrouwbaar. De gaatjes raakten dikwijls verstopt, terwijl de volumemeters soms geen aanwijzing gaven. De beide an-

dere proefinstallaties zijn ca 2 $\frac{1}{2}$  jaar in bedrijf gebleven en zullen hierna verder worden aangeduid als de proefinstallaties A en B. Tijdens de proeven lag de grondwaterstand bij de proefinstallatie A meer dan 2 m beneden maaiveld; bij de proefinstallatie B varieerde deze van 1 tot 1,50 m beneden maaiveld. Bij de proefinstallatie A zijn de proeven met de loden en koperen buizen enige keren herhaald, waarbij de stand van het lek telkens werd gewijzigd. Mede door het uitvallen van de derde proefinstallatie is het aantal onderzochte gevallen — 14 in getal — te gering om de invloed van toevallige factoren op de resultaten te elimineren. Bij het interpreteren van die resultaten dient dan ook grote voorzichtigheid in acht te

est évidemment beaucoup plus faible que sur les tuyaux en plomb et en cuivre, la durée de vie des fuites dans ces tuyaux doit dépendre d'une façon beaucoup plus forte de la manière dont se produit la corrosion que pour les deux autres matériaux. Dans cette sorte de matériau, les fuites qui ne proviennent pas de la corrosion peuvent rester très longtemps inaperçues.

5. Les dimensions des trous dans les tuyaux en P.C.V. dur augmentent, quoique lentement, avec la durée de l'érosion. La durée de vie des fuites dans ce matériau peut donc dépendre de l'importance de l'érosion.



Afb. 2 Schema opstelling proefinstallatie voor bepaling van de looptijd van lekken.



## RÉSUMÉ

de

*la Communication no 2 de la Commission Pertes d'Eau (CoWa) de l'Institut pour la Réception et la Vérification du Matériel des Services de Distribution d'Eau la KIWA.*

*„Rapport sur les recherches effectuées par la „Commission Pertes d'Eau" sur la durée de vie des fuites dans les branchements”.*

La Commission des Pertes d'Eau a effectué des expériences pour tenter d'avoir une idée de la durée de vie des fuites dans les branchements.

Dans ce but, on a relié des tuyaux de  $\frac{3}{4}$ " en plomb, en cuivre, en acier et en chlorure de polyvinyle dur à une conduite de distribution par l'intermédiaire d'un compteur d'eau et d'un robinet d'arrêt. Dans les tuyaux d'essai, près de l'extrémité, on a réalisé une fuite artificielle d'un diamètre d'un mm. Les tuyaux ont été enterrés dans un sol de sable.

Bien que ces expériences, pour autant que l'on ait pu les observer, n'aient pas donné de résultats positifs sur la durée des fuites dans les tuyaux fabriqués avec les matériaux utilisés pour les essais et sur les pertes moyennes durant ce temps, les observations faites ont donné des renseignements sur le comportement de ces fuites. Ces renseignements sont résumés ci-dessous:

1. Là où l'influence érosive des grains de sable est prédominante, l'emplacement de la fuite sur la conduite a une influence sur la durée de vie de la fuite. La grandeur d'une fuite située sur la génératrice supérieure du tuyau augmente évidemment plus vite que celle d'une fuite sur le côté ou au-dessous du tuyau. Si la fuite se trouve en dessous, il est à prévoir que sa durée sera très longue.
2. On peut admettre que, dans des circonstances égales, la durée de vie des fuites dans les conduites en plomb est plus courte que celle des fuites dans les autres matériaux, car en raison de la faible résistance à l'usure du plomb, l'érosion doit avoir une influence prépondérante.
3. La durée de vie des fuites dans les tuyaux en cuivre est évidemment plus longue que celle des fuites dans les tuyaux en plomb, si la corrosion n'intervient pas en plus. Mais si c'est le cas, la durée dépendra aussi de la façon dont cette corrosion intervient.
4. Comme l'influence de l'érosion sur les tuyaux en acier

worden genomen. De conclusies moeten daarom dan ook met de nodige voorzichtigheid worden gehanteerd.

### 4. Het verloop van proeven

De voornaamste beproevingsresultaten der beide installaties zijn in tabel 1 samengevat; in de afb. 3 t/m 7 is het lekverlies als functie van de looptijd voor de verschillende proeven grafisch uitgezet. De resultaten geven aanleiding tot de volgende beschouwingen.

#### I. Lood (afb. 3 en 4)

##### a. Lek aan de bovenzijde

Bij de 1e, 3e en 4e proefneming met installatie A bevond het lek zich aan de bovenzijde. De resultaten hiervan zijn gegeven in afb. 3. Ter vergelijking met de andere resultaten (lek onder en op zij) is de uitkomst van de 3e proef ook in afb. 4 uitgezet. De looptijden bij de proefnemingen met het lek aan de bovenzijde bedroegen resp. 15, 11 en 10 dagen en waren dus zeer kort. Bestond in dit geval vrij grote overeenstemming tussen de looptijden, met de grootte van de totale hoeveelheden weggelopen water was dit geenszins het geval. Daarentegen waren er tussen de lekverliezen per etmaal, zoals trouwens te verwachten was, gedurende de eerste 7 dagen geen grote verschillen, terwijl alle ook enkele dagen voor het zichtbaar worden plotseling sterk gingen toenemen.

##### b. Lek in de zijkant

De lekverliezen gedurende de proeven, waarbij het gaatje zich in de zijkant bevond, wat het geval was bij de 2e proefneming met installatie A en de proefneming met installatie B, liepen sterk uiteen (zie afb. 3). Bij de eerstgenoemde proef bedroeg de looptijd 169 dagen, bij de tweede 76 dagen, terwijl ook het algemene beeld zeer sterk verschilde.

Bij de proefinstallatie A nam het lekverlies vrijwel van het begin af vrij sterk toe, terwijl bij de installatie B de eerste 60 dagen zelfs een geringe daling plaats had, waarna het vrij plotseling steeg. Spoedig daarna werd het lek aan de oppervlakte zichtbaar.

Zowel in het geval dat de gaatjes naar boven waren gericht als bij de proefnemingen waarbij deze zich in de zijkant van de buizen bevonden, bleken de gaatjes kratervormig te zijn uitgeslepen en vrij sterk in grootte te zijn toegenomen (zie foto). Dit is ongetwijfeld het gevolg van de schurende werking van het door de werve-

TABEL 1.

Overzicht van de met de proefinstallaties A en B verrichte proefnemingen ter bepaling van de looptijd van lekken

Materiaal van de proefbuis	Lood	Koper	Polyvinylchloride	Geasfalteerd staal
<i>Proefinstallatie A</i>				
1e proefneming				
Lek aan de bovenzijde				
Lek boven gekomen na	15 dagen	74 dagen	535 dagen	niet boven ge-
Lekverlies:	{ 10725	1269	1544	komen, proef
gedurende laatste	{ 15173	1262	1547	na 908 dagen
3 etmalen	{ 17466 l	1273 l	1525	in bedrijf te
totaal	74509 l	72746 l	580224 l	zijn geweest,
gemiddeld per h	207 l	41 l	45 l	gestaakt
<i>2e proefneming</i>				
Lek in de zijde				
Lek boven gekomen na	169 dagen	204 dagen		
Lekverlies:	{ 38191	1702		
gedurende laatste	{ 38911	2581		
3 etmalen	{ 40515 l	3828 l		
totaal	1096623 l	336991 l		
gemiddeld per h	270 l	69 l		
<i>3e proefneming</i>				
Lek aan de bovenzijde				
Lek boven gekomen na	11 dagen	187 dagen		
Lekverlies:	{ 583	4047		
gedurende laatste	{ 3342	4147		
3 etmalen	{ 5231 l	4376 l		
totaal	14809 l	403555 l		
gemiddeld per h	55 l	90 l		
<i>4e proefneming</i>				
Lek aan de bovenzijde				
Lek boven gekomen na	10 dagen			
Lekverlies:	{ 654			
gedurende laatste	{ 1446			
3 etmalen	{ 6446 l			
totaal	13551 l			
gemiddeld per h	56 l			
<i>5e proefneming</i>				
Lek aan de onderzijde				
Lek boven gekomen na	138 dagen			
Lekverlies:	{ 1448			
gedurende laatste	{ 1421			
3 etmalen	{ 1407 l			
totaal	201328 l			
gemiddeld per h	60 l			
<i>Proefinstallatie B</i>				
Lek in de zijde				
Lek boven gekomen na	76 dagen	534 dage l	niet boven ge-	niet boven ge-
Lekverlies:	{ 4360	2337	komen, proef	komen, proef
gedurende laatste	{ 5601	2511	na 842 dagen	na 832 dagen
3 etmalen	{ 4485 l	2578 l	in bedrijf te	in bedrijf te
totaal	109677 l	804878 l	zijn geweest,	zijn geweest,
gemiddeld per h	60 l	63 l	gestaakt	gestaakt

less extent than lead and copper ones, the duration of the running-time of leaks in the first mentioned will be determined by the progress of the erosion in a much greater degree than with lead and copper pipes. Leaks which occur in steel pipes and which are not due to erosion, may remain unnoticed for a very long time.

5. Small holes in pipes made of hard p.v.c. become larger gradually, though slowly, owing to erosion. Consequently, the duration of the running-time may depend on the extent of the erosion.



## SUMMARY

of

*Communication Nr. 2 of the Committee on the Loss of Water (CoWa) of the Institution for the Testing of Waterworks Materials KIWA Ltd.*

*"Report on the research conducted by the Committee on the Loss of Water into the running-time of leaks in service pipes".*

Some time ago the Committee on the Loss of Water made some experiments in order to try and gain an insight as to the "running-time" of leaks (the term elapsing between the coming into existence of a leak and its becoming visible) in service pipes.

For that purpose short  $\frac{3}{4}$ " tubes made of lead, copper, steel and hard polyvinylchlorid were connected with a main by means of a water meter and a ferrule. Near the far end of each tube a leak 1 mm (0.039") in diameter had been made artificially. The tubes were situated in sandy soil.

As was to be expected, these tests yielded no positive information on the length of the running-time of leaks in tubes made of the above mentioned materials, or on the average loss of water during that time.

Nevertheless, the results afforded certain indications, summarized below, concerning the behaviour of the leaks.

1. If the scouring effect of the grains of sand (erosion) is considerable, the duration of the running-time will be partly determined by the position of the leak. Apparently the size of a leak in the upper part of a pipe increases faster than that of a leak in the side or in the lower part. If the leak is situated in the lower part, the running-time may be expected to be longest.

2. It may be assumed that under similar circumstances leaks in lead pipes develop faster than those in pipes made of the other materials, since the erosion of the former will be greatest owing to its poor resistance to wear.

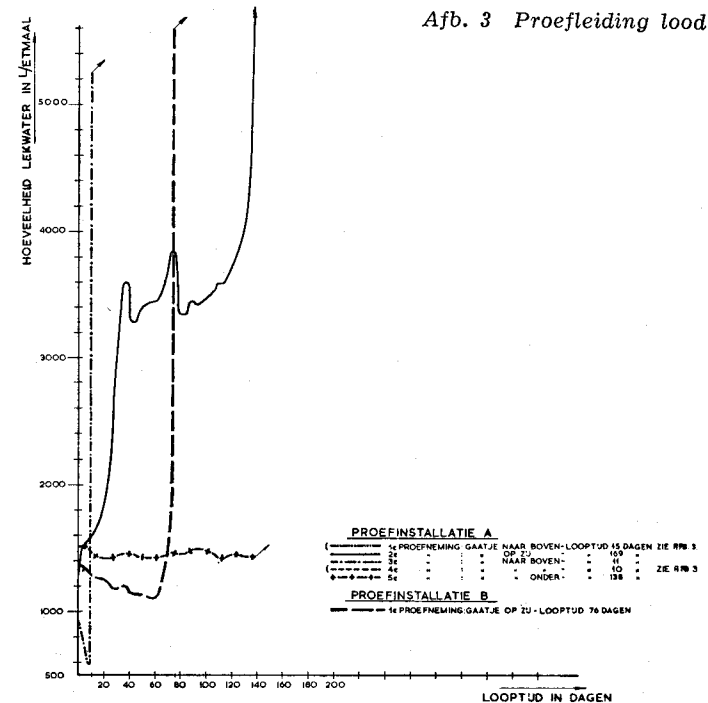
3. The running-time of leaks in copper pipes is apparently of longer duration than it is in the case of lead pipes, if erosion does not play a part. If it does, the running-time will be partly dependent on the progress of the erosion.

4. As steel pipes prove to be affected by erosion to a far

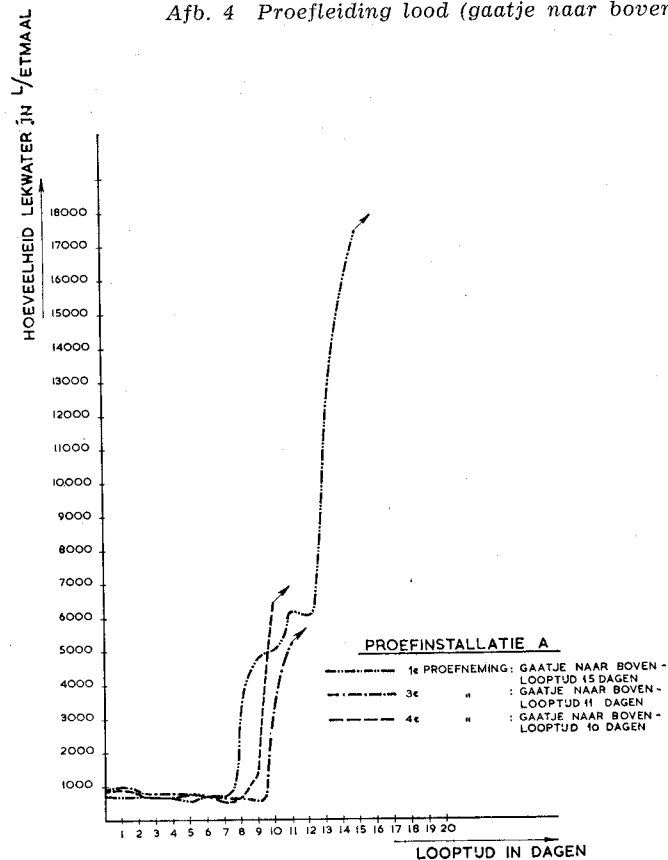
lingen van het uitstromende water in beweging komende zand. Op grond van deze proeven zou men kunnen concluderen dat het effect van de schurende werking van het zand het grootst is indien het lek zich aan de bovenzijde bevindt. Dit lijkt niet onaannemelijk.

### c. Lek aan de onderzijde

Bij de 5e proefneming (afb. 3) met de proefinstallatie A bevond het lek zich aan de onderzijde. De looptijd bedroeg in dit geval 138 dagen. Gedurende deze gehele periode bleef het lekverlies vrijwel constant. Zelfs tijdens het etmaal voorafgaande aan het bovenkomen van het lek, was van toeneming van de uitgestroomde hoeveelheid water geen sprake. Bij opgraving bleek het lek eveneens niet noemenswaard in grootte te zijn toegenomen. Er was bovendien nauwelijks een begin van kratervorming te bespeuren. Afgaande op de vorm en de grootte van het lek na een looptijd van 138 dagen zou volgen dat de erosie ten gevolge van de schurende werking van het zand het geringst is indien het lek zich aan de onderzijde van de buis bevindt, wat evenmin onwaarschijnlijk is. Onder dergelijke omstandigheden zou de looptijd



Afb. 4 Proefleiding lood (gaatje naar boven).



echter het langst moeten zijn. Dat het lek gezien de geringe toeneming van de grootte van het lek voortijdig aan de oppervlakte zichtbaar werd, moet aan de invloed van een toevallige factor worden toegeschreven, die echter niet opgespoord kon worden.

#### d. Vergelijking van de plaats der lekken

Op grond van deze proefnemingen lijkt het niet onjuist te veronderstellen, dat de looptijd van een lek in een (looden) buis mede afhankelijk is van de plaats waar zich het lek in de buis bevindt. Bevindt dit zich aan de bovenzijde dan zal de looptijd in het algemeen het kortst zijn. Onder overigens gelijke omstandigheden is de looptijd van een lek in de zijkant van een buis, mogelijk (zelfs belangrijk) langer; bevindt het lek zich aan de onderzijde dan zou op grond van de uitkomsten van deze

baar veel geringer is dan bij buizen van lood en koper, zal de lengte van de looptijd van de lekken in eerstgenoemde buizen in veel sterkere mate door de voortgang van de corrosie worden bepaald, dan bij buizen van de laatstgenoemde materialen. Ondichtheden in dit soort leidingen, die niet zijn ontstaan door corrosie, kunnen zeer lang onopgemerkt blijven.

5. De afmetingen van gaatjes in buizen van hard p.v.c. nemen, hoewel langzaam, op de duur door erosie toe. De looptijd van lekken in dit materiaal kan dus samenhangen met de grootte van de erosie.

## SAMENVATTING

van

*Mededeling No 2 van de Commissie Waterverlies (CoWa)  
van het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen  
N.V. KIWA*

*„Rapport betreffende het door de Commissie Waterverlies ingestelde onderzoek naar de looptijd van lekken in dienstleidingen”.*

Door de Commissie Waterverlies zijn proeven genomen om te trachten enig inzicht te krijgen in de looptijd van lekken in dienstleidingen.

Daartoe zijn  $\frac{3}{4}$ " buisjes van lood, koper, staal en hard polyvinylchloride door middel van een watermeter en een dienstkraan op een hoofdleiding aangesloten. In de proefbuisjes was nabij het uiteinde kunstmatig een lek aangebracht met een middellijn van 1 mm. De proefleidingen waren in zandgrond gelegen.

Hoewel deze proeven, zoals te verwachten was, geen positieve gegevens hebben opgeleverd betreffende de lengte van de looptijd van lekken in buizen van de bij dit onderzoek betrokken materialen en over het gemiddelde lekverlies gedurende die tijd, gaven de uitkomsten wel bepaalde aanwijzingen betreffende het gedrag van deze lekken die hieronder in het kort zijn samengevat.

1. Is de invloed van schurende werking van de zandkorrels (erosie) overwegend, dan heeft de plaats, waar het lek zich in de leiding bevindt, invloed op de duur van de looptijd. De grootte van een lek aan de bovenzijde van de buis neemt blijkbaar sneller toe dan van een lek in de zijkant of aan de onderzijde van een leiding. Bevindt het lek zich aan de onderzijde, dan is te verwachten dat de looptijd het langst is.

2. Aangenomen kan worden, dat de looptijd van lekken in loden buizen onder overeenkomstige omstandigheden korter is dan van lekken in buizen van de andere materialen, omdat door de geringe slijtvastheid de erosie bij loden buizen van overwegende invloed zal zijn.

3. De looptijd van lekken in koperen buizen is blijkbaar langer dan die van lekken in loden buizen, indien de corrosie daarbij geen rol speelt. Is dit wel het geval dan zal de looptijd mede afhangen van de mate waarin de corrosie voortschrijdt.

4. Daar de invloed van de erosie bij stalen buizen blijk-

proeven mogen worden verwacht dat de looptijd het langst is.

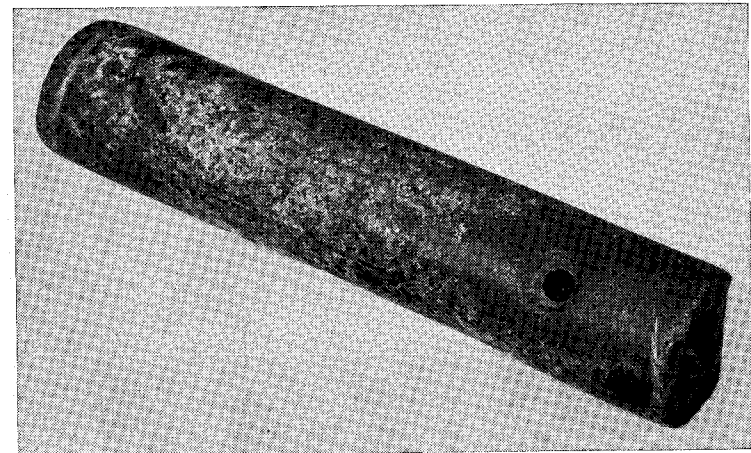
### II. Koper (afb. 5)

#### a. Lek aan de bovenkant

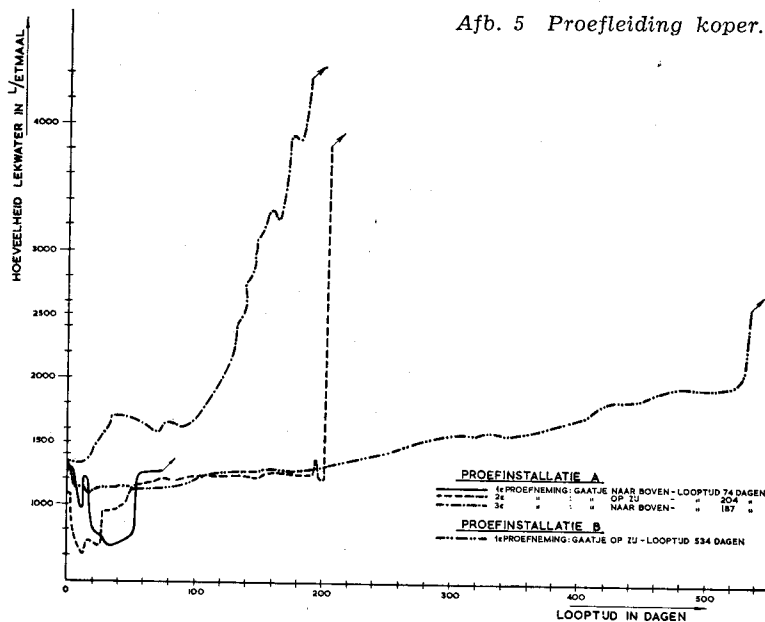
Tijdens de 1e en de 3e proefneming met de koperen buis van de proefinstallatie A bevond zich het lek aan de bovenzijde. De looptijden van de lekken in de koperen buis bedroegen resp. 74 en 187 dagen. De grootte van het lekverlies liep bij beide proefnemingen zeer sterk uiteen. Bij de eerste beproeving nam het lekverlies eerst geruime tijd vrij geleidelijk af, daarna nam het weer enige tijd toe en behield verder tot het bovenkomen vrijwel een constante grootte van 1250 l/etm. Bij de 2e proefneming bleef het lekverlies gedurende vrijwel de gehele looptijd toenemen en bedroeg bij het bovenkomen ca 4300 l per etmaal.

#### b. Lek in de zijkant

Tijdens de 2e proefneming met de installatie A en de 1e proefneming met de installatie B bevond het lek zich in de zijkant. Bij beide proefnemingen vertoonde het lekverlies van de koperen buizen de eerste 200 dagen een vrijwel gelijke stijging. Bij de installatie A nam het vervolgens echter plotseling sterk toe. Spoedig daarna werd het lek bovengronds zichtbaar. De looptijd bedroeg 204 dagen en het lekverlies gedurende het laatste etmaal 3800 l. Bij de proefinstallatie B bleef ook na 200 dagen het lekverlies geleidelijk toenemen. Eerst na 520 dagen



*Kratervormig uitgesleten gat in loden proefbuis*



treedt een sterkere stijging op, tot het lek ten slotte na een looptijd van 534 dagen bovenkwam. Het lekverlies gedurende het laatste etmaal bedroeg 2580 l. Ook hier was er dus een groot verschil tussen de uitkomsten van beide proefinstallaties.

Ook bij de proefnemingen met de koperen buizen werd, evenals bij de loden buizen, een beduidend kortere looptijd gevonden, in het geval dat het lek zich aan de bovenzijde bevond.

Voorts waren de looptijden, gevonden bij lekken in koperen buizen, langer dan die bij lekken in loden buizen.

### III. Geasfalteerd staal (afb. 6)

Met buizen van geasfalteerd staal is bij beide proefinstallaties slechts 1 proefneming verricht. In de stalen buis van proefinstallatie A bevond zich het lek aan de bovenzijde, bij proefinstallatie B in de zijkant van de buis. Bij proefinstallatie A heeft het lek 908 dagen gelopen, bij proefinstallatie B 832 dagen. Gedurende deze tijd was het lekverlies bij beide installaties behoudens enkele onregelmatigheden vrijwel constant. Ondanks de lange looptijd van deze proefnemingen is in geen van beide gevallen het lekwater tot aan de oppervlakte doorgedrongen.

De in beide buizen aangebrachte gaatjes bleken gedu-

op den duur verder van elkander wijken, waardoor het lek in het algemeen toch snel groter zal worden.

## VI. Conclusies

Hoewel deze proeven, zoals begrijpelijk is, geen positieve resultaten hebben opgeleverd betreffende de te verwachten lengte van de looptijd van lekken in buizen van de bij dit onderzoek betrokken materialen en over het gemiddelde lekverlies gedurende die tijd, gaven de uitkomsten wel bepaalde aanwijzingen betreffende het gedrag die hieronder in het kort zijn samengevat.

1. Is de invloed van schurende werking van de zandkorrels (erosie) overwegend, dan heeft de plaats waar het lek zich in de leiding bevindt, invloed op de duur van de looptijd. De grootte van een lek aan de bovenzijde van de buis neemt blijkbaar sneller toe dan van een lek in de zijkant of aan de onderzijde van een leiding. Bevindt het lek zich aan de onderzijde, dan is te verwachten dat de looptijd het langst is.

2. Aangenomen kan worden, dat de looptijd van lekken in loden buizen onder overeenkomstige omstandigheden korter is dan van lekken in buizen van de andere materialen, omdat door de geringe slijtvastheid de erosie bij loden buizen van overwegende invloed zal zijn.

3. De looptijd van lekken in koperen buizen is blijkbaar langer dan die van lekken in loden buizen, indien de corrosie daarbij geen rol speelt. Is dit wel het geval dan zal de looptijd mede afhangen van de mate waarin de corrosie voortschrijdt.

4. Daar de invloed van de erosie bij stalen buizen blijkbaar veel geringer is dan bij buizen van lood en koper, zal de lengte van de looptijd van de lekken in eerstgenoemde buizen in veel sterkere mate door de voortgang van de corrosie worden bepaald, dan bij buizen van de laatstgenoemde materialen. Ondichtheden in dit soort leidingen, die niet zijn ontstaan door corrosie, kunnen zeer lang onopgemerkt blijven.

5. De afmetingen van gaatjes in buizen van hard p.v.c. nemen, hoewel langzaam, op den duur door erosie toe. De looptijd van lekken in dit materiaal kan dus samenhangen met de grootte van de erosie.

Juni 1957.

staan door corrosie, komen in de praktijk o.m. lekken voor, die het gevolg zijn van trillingen (vermoeidheid bij lood) en ten gevolge van slecht gemaakte verbindingen. Daar deze beide laatste soorten lekken vaak een heel andere vorm hebben (bv. spleetvormig) is het in het geheel niet zeker dat zich daarbij dezelfde verschijnselen zullen voordoen als bij cirkelvormige lekken.

Bij door corrosie ontstane lekken neemt de grootte van het lek toe:

1. door de voortschrijdende corrosie;
2. door de erosie.

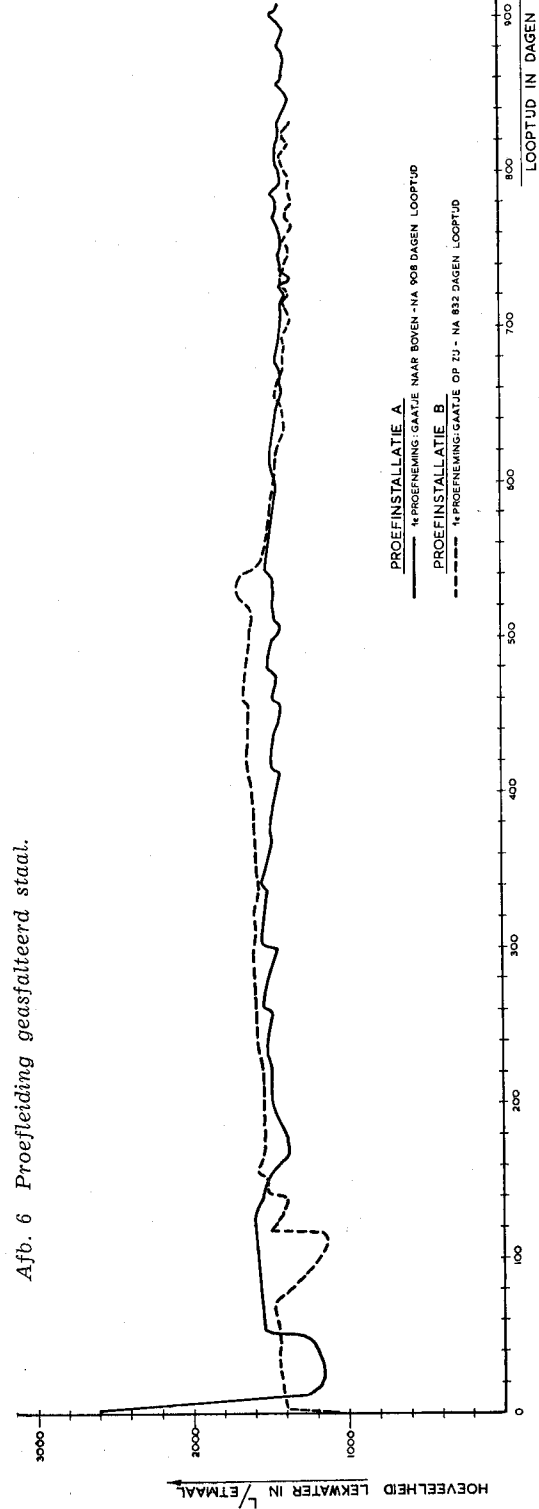
Indien de looptijd zeer kort is, zoals verondersteld wordt het geval te zijn bij lekken die zich aan de bovenzijde in loden buizen bevinden, moet de invloed van de corrosie op de looptijd slechts gering zijn geweest. Onder dergelijke omstandigheden heeft de corrosie zeker geen gelegenheid gehad de duur van de looptijd nog verder te bekorten.

Naarmate de erosie langzamer verloopt en dus de looptijd langer is, krijgt de corrosie meer gelegenheid om zijn invloed te doen gelden en zal de werkelijke looptijd meer afwijken van die, welke zou worden gevonden, indien er alleen sprake van erosie zou zijn geweest.

Bij stalen buizen blijkt de zuivere erosie vrijwel geheel geen invloed te hebben op het groter worden van het lek. De met dit materiaal gedane proefnemingen geven dan ook in het geheel geen aanwijzingen over de looptijd, indien er corrosie in het spel is. Vermoedelijk kan wel worden aangenomen dat lekken, ontstaan door andere oorzaken, zeer lang onopgemerkt zullen blijven.

Daar buizen van hard p.v.c. niet onderhevig zijn aan corrosie, kunnen de met deze buizen gevonden uitkomsten betekenis hebben voor de praktijk. Zouden in p.v.c.-buizen cirkelvormige lekken aanwezig zijn, zoals bij proefinstallaties opzettelijk waren aangebracht, dan kan met vrij grote zekerheid worden aangenomen, dat deze door de schurende werking van het zand maar zeer langzaam groter worden en kan het zeer lang duren alvorens dergelijke lekken aan de oppervlakte zichtbaar worden.

Het is echter niet te verwachten dat in de praktijk deze vorm van lekken veel zal optreden. Bij de gevallen van lekkage van p.v.c.-leidingen die tot nu toe zijn geconstateerd, bleken deze steeds veroorzaakt te zijn door scheurtjes in de buiswand ontstaan als gevolg van mechanische beschadigingen tijdens of voor het leggen. Ten gevolge van de mechanische eigenschappen van dit materiaal zullen de beide randen van een dergelijke scheur



rende de tijd dat het water er door had gestroomd geen waarneembare vormverandering te hebben ondergaan.

Blijkbaar is de schurende werking van het in beweging zijnde zand op zichzelf niet voldoende sterk om in de wand van stalen buizen aanwezige ondichtheden ook op de lange duur in grootte te doen toenemen. Indien daarbij geen andere factoren in het bijzonder corrosie een rol spelen zijn stalen buizen daarvoor te hard.

#### IV. *Hard polyvinylchloride (p.v.c.) (afb. 7)*

Ook met buizen van polyvinylchloride is met elke installatie slechts 1 proefneming verricht. Bij proefinstallatie A bedroeg de looptijd van het in de p.v.c.-buis aangebrachte lek 535 dagen, bij de proefinstallatie B is het lek in de p.v.c.-buis ook na een looptijd van 842 dagen niet bovengekomen.

Bij de proefinstallatie A bevond het lek zich aan de bovenzijde, bij proefinstallatie B in de zijkant van de buis. Het lekverlies vertoonde bij proefinstallatie A in het algemeen een gelijkmatige stijging, welke tweemaal werd onderbroken door een sprongsgewijze toeneming. Na de laatste toeneming bleef het lekverlies vrijwel constant tot het lek aan de oppervlakte zichtbaar werd.

Ook bij proefinstallatie B kwam tweemaal een dergelijke sprongsgewijze verhoging voor. Voor en na de eerste duidelijke sprong was het lekverlies bij deze installatie geruime tijd (ca 80 dagen) constant.

Een tijd lang na de tweede sprong vertoonde het een vrij regelmatige stijging om ten slotte weer te gaan dalen. Bij beschouwing van de opgegraven buisjes bleek zich in beide een kratertje te hebben gevormd. Ook was het lek in beide buizen duidelijk merkbaar groter geworden.

Indien de proef met proefinstallatie B was voortgezet mag worden verwacht dat ook hier het lek op den duur boven zou zijn gekomen. Op grond van het vorenstaande mag worden aangenomen dat, indien zich in buizen van p.v.c. door een bepaalde oorzaak een lek bevindt, dit door erosie in grootte zal toenemen. In het algemeen zal het echter geruime tijd duren, alvorens het zo groot is geworden dat het lek aan de oppervlakte treedt.

#### V. *Beschouwingen naar aanleiding van de uitkomsten van de proefnemingen*

Lekken zoals deze in de proefinstallaties opzettelijk zijn aangebracht, komen in vorm het meest overeen met lekken ontstaan door put-corrosie. Behalve lekken ont-

