

B-1

Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.
KIWA

**ENKELE ORIËTERENDE PROEVEN
TER BEPALING VAN DE IN EEN FILTERBED
TIJDENS HET SPOELEN OPTREDENDE
WATER- EN LUCHTSNELHEDEN EN DE
DAARIN AANWEZIGE HOEVEELHEID LUCHT**

door ir. A. de Lathouder en M. Sollman

MEDEDELING No 5
VAN DE COMMISSIE FILTERCONSTRUCTIES (Cofico)
VAN HET KIWA

MOORMANS PERIODIEKE PERS N.V. — DEN HAAG

Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.
KIWA

Van Speykstraat 34 — 's-Gravenhage

**ENKELE ORIËNTERENDE PROEVEN
TER BEPALING VAN DE IN EEN FILTERBED
TIJDENS HET SPOELEN OPTREDENDE
WATER- EN LUCHTSNELHEDEN EN DE
DAARIN AANWEZIGE HOEVEELHEID LUCHT**

door ir. A. de Lathouder en M. Sollman

**MEDEDELING No 5
VAN DE COMMISSIE FILTERCONSTRUCTIES (Cofico)
VAN HET KIWA**

1. Inleiding

De gemiddelde werkelijke watersnelheid die tijdens het spoelen van een filter in het zandbed optreedt, is belangrijk groter dan de bekende schijnbare snelheid die betrokken is op de horizontale filterdoorsnede. Wordt de waterspoeling met luchtspoeling aangevuld, dan zal een deel van het poriënvolume door lucht worden ingenomen, als gevolg waarvan de werkelijke watersnelheid — bij gelijkblijvende watertoevoer — zal toenemen. Over de hoeveelheid lucht die zich in het bed verzamelt, de hiermee gepaard gaande vergroting van de gemiddelde watersnelheid en de in het bed optredende gemiddelde luchtsnelheden is weinig bekend. Om hieromtrent een beter inzicht te verkrijgen werden in het Technisch Laboratorium van de N.V. KIWA aan een proeffilter, dat met schoon zand was gevuld metingen uitgevoerd ter bepaling van de in het filterbed aanwezige hoeveelheid lucht en de optredende water- en luchtsnelheden bij gecombineerde water- en luchtspoeling. Hoewel op grond van het grote aantal metingen mag worden aangenomen dat de verkregen resultaten hiervan een goede indruk geven, moeten de uitkomsten toch met de nodige voorzichtigheid worden gehanteerd, omdat in de praktijk enigszins andere omstandigheden zullen gelden (vervuilingsgraad, minder wandeffect). De variatie van de hoeveelheid in het water opgeloste lucht is relatief gering en ter vereenvoudiging van het onderzoek buiten beschouwing gelaten.

De aandacht zij erop gevestigd dat dit onderzoek uitsluitend de bepaling van de gemiddelde optredende verticale snelheden betreft. Plaatselijk en momenteel kunnen grotere water- en luchtsnelheden voorkomen als gevolg van:

1. vervuiling van het bed waardoor het poriënvolume al naar gelang van de plaats in het filter in meer of mindere mate worden verkleind;
2. vernauwingen van de poriënkanaalen, welke laatste steeds sterk in doorsnede variëren;
3. de onregelmatige stootsgewijze verplaatsing van de luchtbellen door het filterbed;
4. de verdringing van het water in de onmiddellijke omgeving van de opstijgende luchtbellen.

De door genoemde oorzaken teweeggebrachte snelheidsvergrotingen kunnen aanzienlijk zijn, hetgeen van groot belang is voor de reiniging van het filter. Het praktische onderzoek naar de

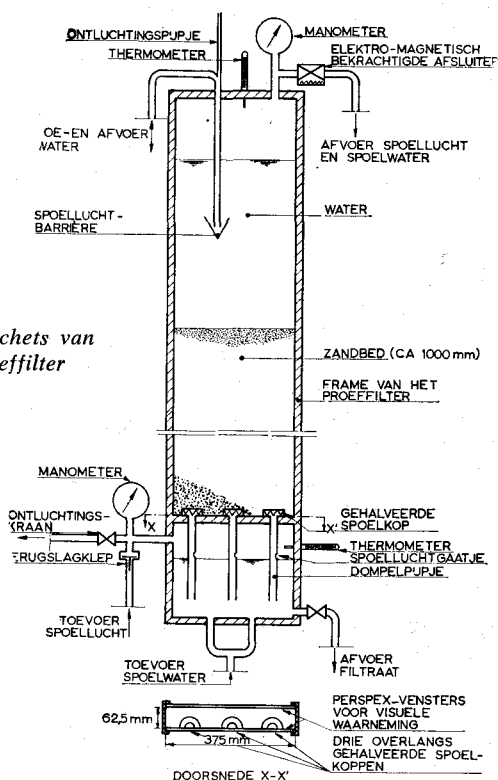
invloed van deze factoren op de snelheid is gecompliceerd en tot dusverre niet ter hand genomen.

2. Beschrijving van de proefinstallatie

Een schets van het door het Technisch Laboratorium van de N.V. KIWA vervaardigde proeffilter is gegeven in afb. 1. Het filter heeft een hoogte van 2000 mm en een horizontale dwarsdoorsnede van $375 \times 62,5 \text{ mm}^2$. De hoogte van de ruimte boven de bodem bedraagt ca. 1650 mm. In de bodem, tegen de plexiglas voorwand van het proeffilter zijn drie overlangs gehalveerde spoelkoppen bevestigd. De voorwand vormt op deze wijze het verticale symmetrievlak door een rij spoelkoppen (dichtheid $61,5 \text{ kop per m}^2$).

De toevoer van spoelwater en -lucht kan door middel van kranen worden geregeld; het debiet kan op in de toevoerleidingen opgestelde rotameters worden afgelezen. In de luchttoevoerleiding is

Afb. 1 Schets van het proeffilter



een terugslagklep aangebracht alsmede een manometer om de druk onder de bodem te meten. In de ruimte boven het zandbed is een afvoerleiding voor het spoelwater op zodanige wijze aangebracht dat tijdens het spoelen geen lucht door deze leiding het — gesloten — filter kan verlaten. De instroomopening is daartoe voorzien van een kegelvormig scherm. Buiten deze afvoer is aan de bovenkant van het filter nog een afvoerleiding aangesloten waardoor zowel lucht als water het filter kan verlaten. In deze leiding is een elektromagnetisch bekrachtigde afsluiter opgenomen, waarmee de lucht- en eventuele waterafvoer op ieder gewenst moment plotseling kan worden geblokkeerd. In deze afvoer bevindt zich ook een manometer om de luchtdruk boven in het filter te meten. De temperatuur van de lucht boven en onder in het filter kan op thermometers worden afgelezen.

Van het gebruikte zand zijn de volgende gegevens door een zeefanalyse bepaald:

specificatie	:	0,75-1,50 mm
werkzame korreldiameter	:	0,86 mm (10% grens)
gemiddelde korreldiameter	:	1,12 mm (60% grens)
gelijkmatigheidscoëfficiënt	:	1,30

De gelijkmatigheidscoëfficiënt is het quotiënt van de korrelgrootten beneden welke resp. 60 % en 10% van het zand is gelegen.

De dikte van het zandbed bedraagt ca. 1000 mm, gerekend voor een toestand waarin het bed na beëindiging van het spoelen op kunstmatige wijze (door kloppen) telkens tot een zelfde waarde was ingeklonken. Zodoende was het mogelijk bij alle meetseries van een zelfde beginexpansie uit te gaan.

3. Meetmethode en berekening van verschillende grootheden

3.1. Algemeen

Het uitgevoerde onderzoek kwam in hoofdzaak neer op de bepaling van de volgende gegevens.

- a. De hoeveelheid lucht die zich bij verschillende water- en luchtsnelheden in het bed bevindt.
- b. De hoeveelheid water die zich bij verschillende water- en luchtsnelheden in het bed bevindt.
- c. Het gemiddelde van de werkelijke luchtsnelheden in het zandbed.

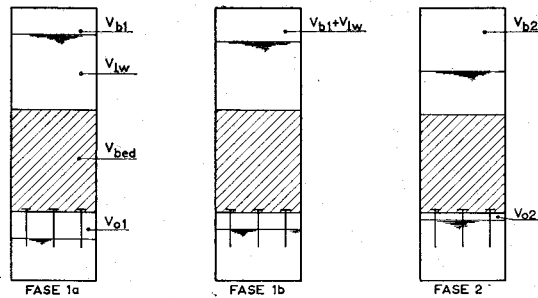
d. Het gemiddelde van de werkelijke watersnelheden in het zandbed.

3.2. Bepaling van de hoeveelheid in het bed aanwezige lucht

Voor de bepaling van het volume lucht dat zich in het bed bevindt moesten vrij uitvoerige metingen worden verricht, waarbij het zandbed achtereenvolgens in verschillende toestanden werd gebracht. Terwille van de overzichtelijkheid volgt hier een sterk geschematiseerd overzicht van deze metingen waarin de verschillende toestanden in twee hoofdfasen zijn samengevat (zie afb. 2a).

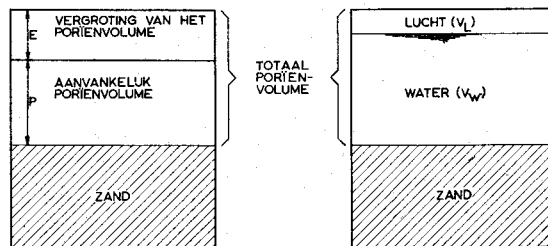
FASE 1

Het zandbed verkeert tijdens het eerste deel van deze fase in een stationaire toestand met constante toe- en afvoer van water



Afb. 2a Bepaling van de hoeveelheid lucht in het bed (zie punt 3.2.)

- Fase 1a:** Stationaire toestand met toe- en afvoer van water en lucht
- Fase 1b:** Geblokkeerde toestand x sec na het afsluiten van toe- en afvoer van lucht
- Fase 2:** Toestand na intensief spoelen



Afb. 2b Bepaling van de hoeveelheid water in het bed (zie punt 3.3.)

- Links:** Schematische voorstelling van het poriënvolume P van een niet geëxpandeerd bed en de expansie E
- Rechts:** Schematische voorstelling van de hoeveelheden zand, water en lucht in een geëxpandeerd bed

en lucht, waarbij het zandbed met lucht is verzadigd. De in het filter aanwezige luchtvolumes zijn:

V_{o1} = luchtvolume onder de spoelkoppensbodem,

V_{bed} = luchtvolume in het zandbed,

V_{lw} = volume van de luchtbelllen die in het water boven het bed opstijgen,

V_{b1} = luchtvolume boven in het filter.

In het filter bevindt zich in de stationaire toestand dus een hoeveelheid lucht waarvan het volume gelijk is aan

$$V_1 = V_{o1} + V_{bed} + V_{lw} + V_{b1} \quad (1)$$

Het volume V_{lw} van de in het water boven het zandbed opstijgende luchtbelllen kan door een kunstgreep tezamen met het volume V_{b1} worden gemeten. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de tijd die de luchtbelllen nodig hebben om van het zandoppervlak tot het waterniveau boven in het filter op te stijgen. Door een groot aantal waarnemingen is het gemiddelde van de bedoelde stijgtijd x van de luchtbelllen bepaald. Worden nu na meting van het onderste luchtvolume V_{o1} in de stationaire toestand de toe- en afvoer van de lucht gesloten dan zal het luchtvolume V_{b1} na x seconden zijn toegenomen met het volume V_{lw} van de belllen die op het moment van afsluiten boven het zandbed in het water aanwezig waren. Op deze wijze kan dus x seconden na het afsluiten het volume $V_{lw} + V_{b1}$ worden gemeten. Door de meting aldus uit te voeren blijft in het rechter lid van vergelijking (1) slechts het volume V_{bed} als onbekende over. Door tijdens de metingen de temperatuur en druk te bepalen kunnen de volumes voor standaardcondities (0 °C en 76 cm kwikkolom) worden berekend.

FASE 2

Blijven na de onder fase 1 genoemde metingen de spoelwater-toe- en afvoer geopend en worden de luchttoevoer en -afvoer gesloten gehouden, dan kan de lucht zich wel in het filter verplaatsen, maar niet uit het filter ontwijken. Er zal dan lucht van onder de bodem in het filterbed treden tot het waterniveau de gaatjes in de spoelluchtpijpjes heeft bereikt. Door nu gedurende 10 à 15 minuten te spoelen met een expansie van ca. 20% wordt praktisch gesproken alle lucht uit het bed en het zich daarboven bevindende water verdreven. Boven en onder in het filter bevinden zich dan de luchtvolumes V_{b2} en V_{o2} . Het totale luchtvolume is dus

$$V_2 = V_{o2} + V_{b2} \quad (2)$$

Daar het totale volume ten opzichte van fase 1 niet is gewijzigd, is

$$V_1 = V_2$$

zodat voor vergelijking (2) mag worden geschreven

$$V_1 = V_{o2} + V_{b2} \quad (3)$$

De volumes in het rechterlid van deze vergelijking kunnen worden gemeten en naar standaardcondities worden omgerekend.

Uit de vergelijkingen (1) en (2) volgt na elimineren van V_1

$$V_{bed} = V_{o2} - V_{o1} + V_{b2} - (V_{b1} + V_{lw}) \quad (4)$$

Met behulp van vergelijking (4) wordt de hoeveelheid lucht (in normaaltoestand) die zich in het zandbed bevindt berekend. Hieruit wordt het werkelijke volume V_L berekend met een druk die het gemiddelde is van de druk van het volume V_{b1} vermindert met de hoogte van de waterkolom boven het zandbed en de druk van het volume V_{o1} en met het gemiddelde van de temperaturen van deze volumes.

3.3. Berekening van de hoeveelheid water in het bed

In afb. 2b zijn de hoeveelheden zand, water en lucht, alsmede het poriënvolume en de expansie in het filterbed schematisch weergegeven. Met behulp hiervan kan het totale volume dat door lucht en water in het bed wordt ingenomen eenvoudig worden berekend. Is het oorspronkelijke poriënvolume P en de expansie E en zijn P en E in % van het oorspronkelijke volume V_o uitgedrukt dan geldt voor het totale poriënvolume dat in een geëxpandeerd bed door water (V_w) en lucht (V_L) wordt ingenomen.

$$V_w + V_L = \frac{P}{100} V_o + \frac{E}{100} V_o$$

waaruit volgt

$$V_w = \frac{P + E}{100} V_o - V_L \quad (5)$$

Het poriënvolume P van het niet geëxpandeerde bed werd met behulp van een pyknometer bepaald. Evenals in het filter werd het zand in de pyknometer door kloppen tot een minimum waarde ingeklonken zodat een goede overeenstemming met het poriënvolume in het zandbed mocht worden verwacht. Verschillende metingen gaven ongeveer gelijke resultaten met als gemiddelde een poriënvolume van 38,8%. De expansie E werd op een schaalverdeling aan het filter afgelezen. Verder was het volume V_o van het niet geëxpandeerde bed bekend. Met deze gegevens

kon voor elke berekende waarde van V_L het bijbehorende water-volume V_W met formule (5) worden berekend.

3.4. Berekening van de in het bed optredende water- en luchtsnelheden

De schijnbare water- en luchtsnelheden werden met de volgende formules berekend uit de met de rotameters bepaalde doorgestroomde hoeveelheden water (V_{Wrot}) en lucht (V_{Lrot}) per tijdseenheid

$$w'_w = \frac{V_{Wrot}}{F} \text{ en } w'_l = \frac{V_{Lrot}}{F} \quad (6)$$

Hierin is F de horizontale doorsnede van het filter.

Voor de berekening van het gemiddelde van de werkelijke watersnelheid w_w en de werkelijke luchtsnelheid w_l in het filterbed moet de snelheid betrokken worden op de gemiddelde dwarsdoorsneden van de poriënvolumes die door water en door lucht worden doorstroomd. Daar de snelheid bij constant debiet omgekeerd evenredig met het volume verandert, bestaat het volgende verband tussen werkelijke en schijnbare snelheid

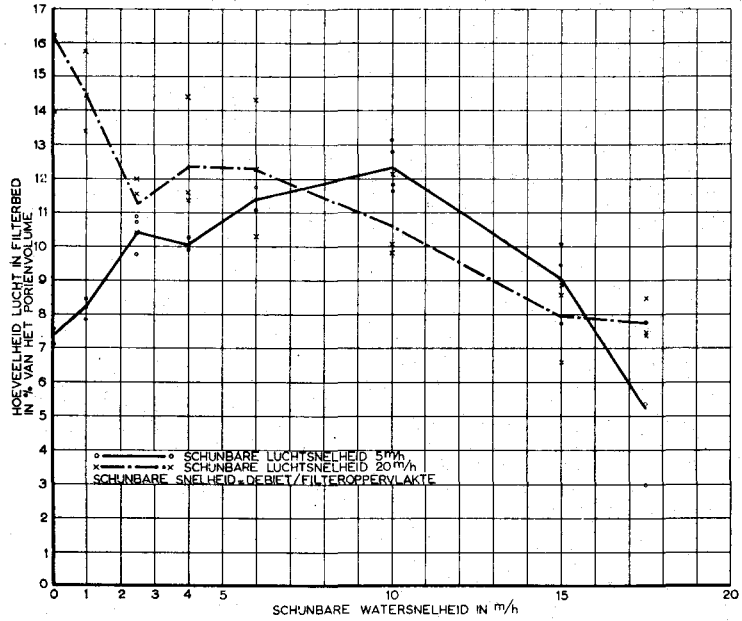
$$w_w = \frac{V_o (100 + E)}{100 V_W} \cdot w'_w \text{ en } w_l = \frac{V_o (100 + E)}{100 V_L} \cdot w'_l \quad (7)$$

4. Beschouwing over de hoeveelheid in het bed aanwezige lucht en water

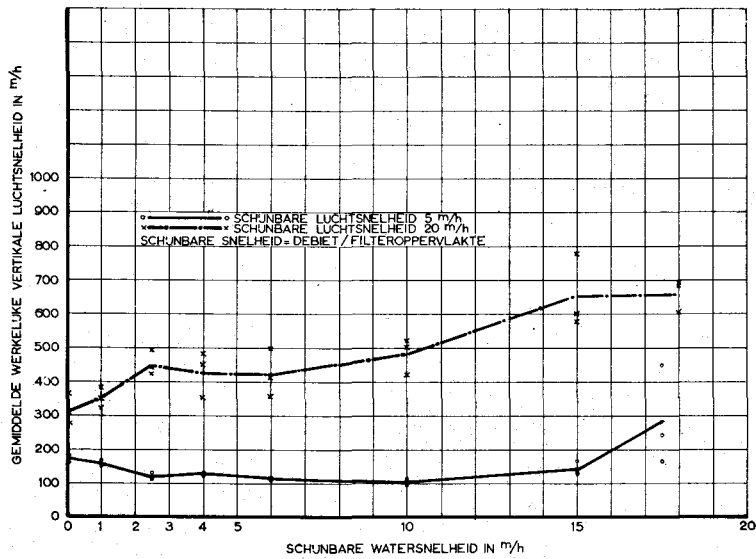
In afb. 3 zijn de hoeveelheden lucht, die zich bij schijnbare luchtsnelheden van 5 en 20 m/h in het bed bevinden, als functie van de schijnbare spoelwatersnelheid uitgezet.

Uit de resultaten blijkt dat zich voor toestanden zonder water-spoeling alsook voor zeer kleine watersnelheden bij grote luchtsnelheden meer lucht in het bed verzamelt dan bij kleine luchtsnelheden.

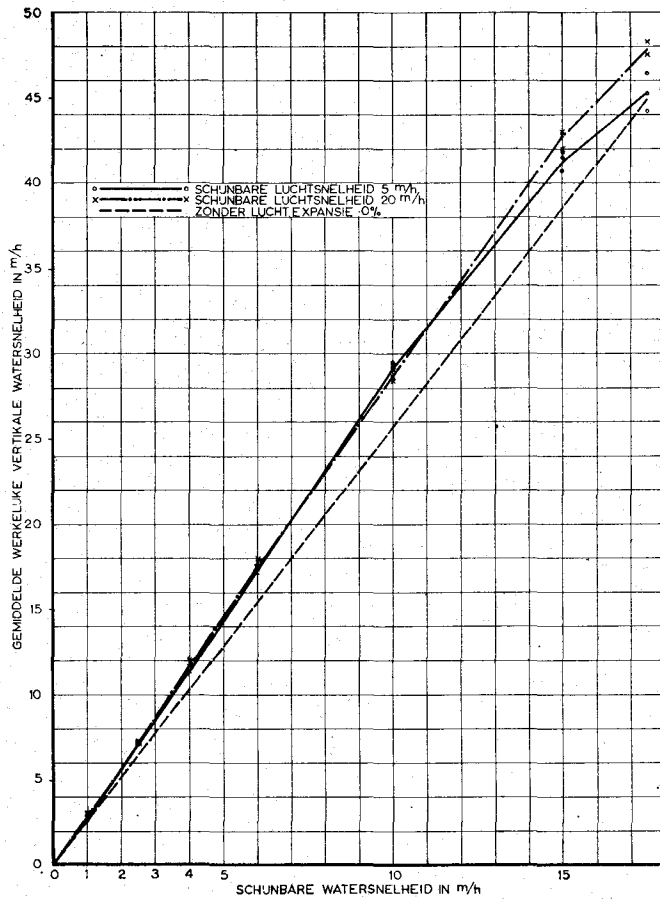
Bij watersnelheden van 2 tot 10 m/h wordt 10 à 12% van het poriënvolume door lucht ingenomen. Naarmate de watersnelheid verder wordt opgevoerd neemt de hoeveelheid lucht die zich in het bed bevindt af. Dit ligt voor de hand omdat een met lucht gespoeld bed na een aanvankelijke inklinking bij kleine watersnelheden reeds in de buurt van 10 m/h een zichtbare expansie gaat vertonen voor zand van 0,75-1,50 mm. Het zand komt in een lossere stapeling waardoor de lucht minder weerstand ondervindt, terwijl de luchtbellens door de snelheidsvergroting van het water eerder in beweging komen. De lucht kan gemakkelijker ontwijken waardoor de hoeveelheid lucht in het bed afneemt.



Afb. 3 Verband tussen de hoeveelheid in het bed aanwezige lucht en de schijnbare watersnelheid tijdens het spoelen met water en lucht



Afb. 4 Verband tussen de in het bed optredende luchtsnelheid en de schijnbare watersnelheid tijdens het spoelen met water en lucht



Afb. 5 Verband tussen de in het bed optredende en de schijnbare watersnelheid tijdens het spoelen met water en lucht

Uit het voorgaande volgt dat de hoeveelheden water die zich in het bed bevinden variëren van ongeveer 85-95% van het poriënvolume.

5. Beschouwing over de in het bed optredende lucht- en watersnelheden

In afb. 4 zijn de gemiddelde in het bed optredende werkelijke luchtsnelheden, berekend met behulp van vergelijking (7), uitgezet als functie van de schijnbare watersnelheid. De schijnbare snelheid is gelijk aan het debiet per eenheid van filteroppervlak.

Uit vergelijking (7) volgt dat de gemiddelde luchtsnelheid w_1

in het bed, afgezien van de invloed van de expansie, omgekeerd evenredig is met het poriënvolume V_L dat door de lucht wordt ingenomen. Het verloop van de hellingshoeken van de onderscheidene gedeelten van de krommen in afb. 4 is daarom tegengesteld aan dat van de krommen in afb. 3.

Voor schijnbare luchtsnelheden van 5 m/h bedraagt de in het bed optredende luchtsnelheid 100 à 250 m/h, voor 20 m/h neemt de snelheid in het bed vrij geleidelijk van 300 tot 650 m/h toe. In het algemeen kan worden opgemerkt dat de luchtsnelheid bij watersnelheden > 10 m/h toeneemt met toenemende watersnelheid. Dit is het gevolg van de lossere stapeling van het bed en de vergroting van de meeslepende werking bij grotere watersnelheden.

In afb. 5 is de gemiddelde werkelijke watersnelheid die in verticale richting in het zandbed optreedt, uitgezet als functie van de schijnbare watersnelheid en wel voor schijnbare luchtsnelheden van 0, 5 en 20 m/h.

Uit de vergelijkingen (5) en (7) volgt voor $V_L = 0$

$$w_w = \frac{100 + E}{P + E} w'_w \quad (8)$$

Wordt de expansie E , die tijdens de proeven niet groot was en alleen bij de grotere snelheden optrad, verwaarloosd, dan gaat vergelijking (8) over in

$$w_w = \frac{100}{P} w'_w \quad (9)$$

Het in afb. 5 gegeven verband voor de toestand zonder lucht is volgens vergelijking (9) bepaald. In werkelijkheid buigt deze kromme, evenals de beide andere, voor de grotere watersnelheden iets af. De krommen voor 5 en 20 m/h luchtsnelheid zijn overeenkomstig de in punt 3.4 gegeven methode met vergelijking (7) berekend.

Uit een beschouwing van de resultaten blijkt dat de watersnelheid niet in belangrijke mate wordt beïnvloed door toevoeging van luchtspoeling. Dit was ook wel te verwachten omdat maximaal slechts ca. 10% van het poriënvolume door lucht wordt ingenomen, zodat snelheidsvergrotingen van ten hoogste ongeveer 10% optreden.

6. Conclusies

Onderzoekingen naar het effect van spoellucht (snelheden 5 en 20 m/h) in een proefilter met schoon zand van 0,75 - 1,50 mm

(werkzame diameter 0,86 mm) en watersnelheden tot 17,5 m/h hebben tot de volgende conclusies geleid.

a. Bij het spoelen van een zandbed met lucht zonder waterspoeling of gepaard gaande met zeer kleine watersnelheden, bleek dat zich bij grote luchtsnelheden meer lucht in het zandbed verzamelde dan bij kleine luchtsnelheden.

b. Bij betrekkelijk kleine schijnbare watersnelheden (2 — 10 m/h) werd ca. 10% van het poriënvolume door lucht ingenomen.

c. Naarmate de schijnbare watersnelheid boven de 10 m/h verder werd opgevoerd, nam de hoeveelheid lucht die zich in het bed bevond af.

d. Bij schijnbare luchtsnelheden van 5 m/h was de orde van grootte van het gemiddelde van de werkelijke in het bed optredende luchtsnelheden in verticale richting 100 à 250 m/h; voor een schijnbare luchtsnelheid van 20 m/h traden gemiddelde luchtsnelheden in verticale zin op in de orde van grootte van 300 à 650 m/h. De krommen vertoonden een tendens van toenemende luchtsnelheid bij vergroting van de watersnelheid.

e. Door toevoeging van luchtspoeling werd de in het bed optredende gemiddelde watersnelheid niet belangrijk beïnvloed. In het onderzochte geval veroorzaakte de toevoeging van lucht een vergroting van de gemiddelde watersnelheid in het bed van ca. 10%.

f. Plaatselijk en momenteel kunnen hogere water- en luchtsnelheden optreden dan de uit het hier beschreven onderzoek bepaalde gemiddelden. Het ware interessant de desbetreffende factoren nader te onderzoeken.

December 1961

SAMENVATTING

van

*Mededeling No 5 van de Commissie Filterconstructies (Cofico)
van het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.*

KIWA

*„Enkele oriënterende proeven ter bepaling van de in een filterbed
tijdens het spoelen optredende water- en luchtsnelheden en de
daarin aanwezige hoeveelheid lucht”*

De gemiddelde werkelijke watersnelheid die tijdens het spoelen van een filter in het zandbed optreedt, is belangrijk groter dan de bekende schijnbare snelheid die betrokken is op de horizontale filterdoorsnede. Wordt de waterspoeling met luchtspoeling aangevuld, dan zal een deel van het poriënvolume door lucht worden ingenomen, als gevolg waarvan de werkelijke watersnelheid — bij gelijkblijvende watertoevoer — zal toenemen. Over de hoeveelheid lucht die zich in het bed verzamelt, de hiermee gepaard gaande vergroting van de gemiddelde watersnelheid en de in het bed optredende gemiddelde luchtsnelheden is weinig bekend. Om hieromtrent een beter inzicht te verkrijgen werden deze grootheden aan de hand van onderzoeken in het Technisch Laboratorium van de N.V. KIWA vastgesteld. Het voor deze metingen gebruikte proeffilter had een horizontale dwarsdoorsnede van $37,5 \times 6,25$ cm². Het was voorzien van diverse meetapparatuur met behulp waarvan de gevraagde volumina en snelheden volgens een speciale methode konden worden bepaald. De filterwanden waren van plexiglas om de gedragingen van het zandbed te kunnen bestuderen. Het filter was gevuld met schoon zand van 0,75-1,50 mm (werkzame korreldiameter 0,86 mm). De metingen werden uitgevoerd bij luchtspoelsnelheden van 0,5 en 20 m/h, gecombineerd met watersnelheden van 0 tot 17,5 m/h.

De verkregen resultaten geven een goede indruk van de optredende verschijnselen. De uitkomsten moeten echter met de nodige voorzichtigheid worden gehanteerd omdat in de praktijk enigszins andere omstandigheden zullen gelden (vervuilingsgraad, minder wandeffect).

De onderzoeken hebben tot de volgende conclusies geleid.

a. Bij het spoelen van een zandbed met lucht zonder waterspoeling of gepaard gaande met zeer kleine watersnelheden, bleek dat bij grote luchtsnelheden zich meer lucht in het zandbed verzamelde dan bij kleine luchtsnelheden.

- b.** Bij betrekkelijk kleine schijnbare watersnelheden (2-10 m/h) werd ca. 10% van het poriënvolume door lucht ingenomen.
- c.** Naarmate de schijnbare watersnelheid boven de 10 m/h verder werd opgevoerd, nam de hoeveelheid lucht die zich in het bed bevond af.
- d.** Bij schijnbare luchtsnelheden van 5 m/h was de orde van grootte van het gemiddelde van de werkelijke in het bed optredende luchtsnelheden in verticale richting 100 à 250 m/h; voor een schijnbare luchtsnelheid van 20 m/h traden gemiddelde luchtsnelheden in verticale zin op in de orde van grootte van 300 à 650 m/h. De krommen vertoonden een tendens van toenemende luchtsnelheid bij vergroting van de watersnelheid.
- e.** Door toevoeging van luchtspoeling werd de in het bed optredende gemiddelde watersnelheid niet belangrijk beïnvloed. In het onderzochte geval veroorzaakte de toevoeging van lucht een vergroting van de gemiddelde watersnelheid in het bed van ca 10%.
- f.** Plaatselijk en momenteel kunnen hogere water- en luchtsnelheden optreden dan de uit het hier beschreven onderzoek bepaalde gemiddelden. Het ware interessant de desbetreffende factoren nader te onderzoeken.

SUMMARY

of

*Communication No 5 of the Committee for the Construction of
Filters (Cofico) of the Institution for the Testing of Waterworks
Materials Ltd. KIWA*

*„Some orientating experiments to determine the water- and air-
velocities in a filterbed during backwashing and the quantities
of air in it“*

The average water-velocity actually occurring in the sandbed during the backwashing of a filter is considerably larger than the known apparent velocity which is related to the filter cross-section. If backwashing with water is supplemented by airwash, part of the void volume will be taken up by air, the result of which is that the actual water-velocity will increase, if the water supply remains equal.

Little is known about the quantity of air collecting in the bed, about the increase of the average water-velocity attending it and the average air-velocities occurring in the bed.

In order to get a better insight into these things these quantities were determined with the help of researches in the Technical Laboratory of the KIWA. The experimental filter used for these measurements had a cross-section of 37.5×6.25 cm². It was fitted with various measuring-instruments by means of which the volumes and the velocities required could be determined by applying a special method. The filterwalls were made of plexiglass in order to be able to study the behaviour of the sandbed.

The filter was filled with clean sand of 0.75-1.50 mm (effective grainsize 0.86 mm). The measurements were carried out with air-velocities of 0.5-20 m/h combined with water-velocities of 0-17.5 m/h.

The results gained give a good impression of the consequent phenomena. They should be handled with the necessary precautions however, because in practice somewhat different circumstances will make themselves felt (degree of pollution, less wall influence). The examinations have led to the following conclusions.

a. When washing a sandbed only with air or coupled with very small water-velocities it appeared that more air collected in the sandbed with great air-velocities than with small ones.

- b.** With comparatively small apparent water-velocities (2-10 m/h) c. 10% of the void volume was taken up by air.
- c.** In proportion as the apparent water-velocity was sped up, the quantity of air in the bed decreased.
- d.** With apparent air-velocities of 5 m/h the average air-velocities actually occurring in the bed in a vertical direction were of the order of 100 to 250 m/h; with an apparent air-velocity of 20 m/h average air-velocities occurred vertically in the order of 300 to 650 m/h. The curves showed a tendency of growing air-velocity when the water-velocity was increased.
- e.** Addition of airwash did not considerably influence the average water-velocity occurring in the bed. In the case examined addition of air caused an increase of the average water-velocity in the bed of ca. 10%.
- f.** Locally and momentarily higher water- and air-velocities may occur than the averages determined in the examination described here. It might be interesting to make further inquiries into the factors in question.

RÉSUMÉ

de

*la Communication No 5 de la Commission Construction des
Filtres (Cofico) de l'Institut pour la Réception et la Vérification
du Matériel des Services de Distribution d'Eau S.A. KIWA*

*„Quelques expériences directives qui servent à déterminer les
vitesses d'eau et d'air et la quantité d'air, qui se présentent dans
un lit filtrant pendant le lavage”*

La réelle vitesse d'eau moyenne qui se produit dans le lit de sable pendant le lavage d'un filtre, est considérablement plus grande que la vitesse apparente connue qui se rapporte à la section transversale horizontale du filtre. Si le lavage à l'eau est complété avec le lavage à l'air, une partie du volume intersticiel sera occupée par l'air, ce qui fait que la véritable vitesse d'eau — par une amenée d'eau équivalente, — augmentera.

On ne sait que très peu de choses sur la quantité d'air qui se réunit dans le lit, sur l'augmentation de la vitesse d'eau moyenne qui l'accompagne et sur les vitesses d'air moyennes qui se produisent dans le lit. Pour obtenir une meilleure idée là-dessus, on a fixé ces quantités à l'aide de recherches dans le Laboratoire Technique du S.A. KIWA. Le filtre d'essai dont on s'est servi pour ces mesurages, avait une section transversale horizontale de $37,5 \times 6,25 \text{ cm}^2$. Il était pourvu de divers appareils de mesure à l'aide desquels on avait pu déterminer les volumes et les vitesses demandés suivant une méthode particulière.

Les parois du filtre étaient faites de polyméthacrylester (Perspex, plexiglas etc.) pour pouvoir étudier les mouvements du lit de sable. Le filtre était rempli de sable propre de 0,75 mm — 1,50 mm (taille effective des grains 0,86 mm). On avait exécuté les mesurages par des vitesses de lavage à l'air de 0, de 5 et de 20 m/h, combinées avec des vitesses d'eau de 0 à 17,5 m/h. Les résultats obtenus donnent une bonne impression des phénomènes qui se présentent. Pourtant il faut qu'on manie les résultats avec une prudence extrême, parcequ'on a constaté qu'il régnera dans la pratique d'autres circonstances (degré de pollution, influence de la paroi moins grande). Les recherches ont mené aux conclusions suivantes:

a. En rinçant un lit de sable avec de l'air sans rinçage à l'eau ou bien accompagné de vitesses d'eau minimales, on a constaté qu'il

s'est réuni plus d'air dans le lit de sable par de grandes vitesses d'air que par des vitesses d'air petites.

b. Par des vitesses d'eau apparentes relativement petites, (2-10 m/h) l'air a pris environ 10% du volume intersticiel.

c. A mesure qu'on a augmenté la vitesse d'eau apparente de plus de 10 m/h, la quantité d'air qui se trouvait dans le lit, diminuait.

d. Par des vitesses d'air apparentes de 5 m/h, l'ordre de magnitude du moyen des véritables vitesses d'air qui se présentent dans le lit, était 100 à 250 m/h dans le sens vertical; par une vitesse d'air apparente de 20 m/h, il se présentait des vitesses d'air moyennes dans le sens vertical dans l'ordre de magnitude de 300 à 650 m/h. Les curves tendaient à une augmentation de la vitesse d'air à mesure que la vitesse d'eau augmentait.

e. La vitesse d'eau moyenne qui se produit dans le lit, était peu influencée par le lavage à l'air qu'on avait apporté. L'apport du lavage à l'air, dans le cas examiné, a causé une augmentation de la vitesse d'eau moyenne dans le lit de 10% environ.

f. Dépendant du lieu et du temps, il est possible qu'il se présente des vitesses d'eau et d'air qui sont plus grandes que les moyens fixés à l'aide de l'examen qu'on a décrit ici. Il serait intéressant d'examiner plus amplement les facteurs ici-nommés.

ZUSAMMENFASSUNG

von

*Mitteilung Nr. 5 des Ausschusses für Filterkonstruktionen (Cofico)
des Prüfungsinstitutes für Wasserleitungsartikel A.G. KIWA*

*„Einige orientierende Untersuchungen zur Bestimmung der in
einem Filterbet während des Spülens auftretenden Wasser- und
Luftgeschwindigkeiten und der darin anwesenden Luftmenge“*

Die mittlere wirkliche Wassergeschwindigkeit, die während des Spülens eines Filters im Sandbett auftritt, ist erheblich grösser als die bekannte scheinbare Geschwindigkeit, die sich auf den horizontalen Filterquerschnitt bezieht. Wird die Wasserspülung durch Luftspülung ergänzt, dann wird ein Teil des Porenvolumens durch Luft eingenommen, was zur Folge hat, dass die wirkliche Wassergeschwindigkeit — bei gleichbleibender Wasserzufuhr — zunimmt. Über die Luftmenge, die sich im Bett ansammelt, die hiermit zusammenhängende Zunahme der mittleren Wassergeschwindigkeit und die im Bett auftretende mittlere Luftgeschwindigkeit ist wenig bekannt. Um diesbezüglich eine bessere Einsicht zu bekommen, wurden diese Grössen im Technischen Laboratorium des KIWA an Hand von Untersuchungen festgestellt. Das für diese Messungen benützte Versuchsfilter hatte einen horizontalen Querschnitt von $37,5 \times 6,25 \text{ cm}^2$. Es war mit Messeinrichtungen versehen, womit die gesuchten Volumen und Geschwindigkeiten nach einer speziellen Methode bestimmt werden konnten. Die Filterwände waren von Plexiglas, um das Verhalten des Sandbettes beobachten zu können. Das Filter war mit reinem Sand von 0,75-1,50 mm (wirksame Korngrösse 0,86 mm) gefüllt. Die Messungen wurden bei Luftspülgeschwindigkeiten von 0, 5 und 20 m/h, kombiniert mit Wassergeschwindigkeiten von 0 bis 17,5 m/h, durchgeführt.

Die erhaltenen Resultate verschaffen ein gutes Bild von den auftretenden Erscheinungen. Die Ergebnisse müssen jedoch mit der nötigen Vorsicht hantiert werden, da sich in der Praxis einigermassen andere Umstände geltend machen können (Verschmutzungsgrad, geringerer Wandeinfluss).

Die Untersuchungen haben zu den folgenden Schlussfolgerungen geführt.

a. Beim Spülen eines Sandbettes mit Luft ohne Wasserspülung, oder verbunden mit sehr kleinen Wassergeschwindigkeiten, wurde

festgestellt, dass sich bei grossen Luftgeschwindigkeiten mehr Luft im Sandbett ansammelt als bei kleinen Luftgeschwindigkeiten.

b. Bei verhältnismässig kleinen scheinbaren Wassergeschwindigkeiten (2-10 m/h) wurde ca. 10% des Porenvolumens durch Luft eingenommen.

c. Je mehr die scheinbare Wassergeschwindigkeit über 10 m/h erhöht wurde, desto mehr nahm die sich im Bett befindende Luftmenge ab.

d. Bei scheinbaren Luftgeschwindigkeiten von 5 m/h war die Grössenordnung des Durchschnitts der wirklich im Bett auftretenden Luftgeschwindigkeit in vertikaler Richtung 100 bis 250 m/h; bei einer scheinbaren Luftgeschwindigkeit von 20 m/h traten in vertikaler Richtung mittlere Luftgeschwindigkeiten der Grössenordnung von 300 bis 650 m/h auf. Die Kurven zeigten eine Tendenz zur Zunahme der Luftgeschwindigkeit bei Zunahme der Wassergeschwindigkeit.

e. Durch Zufügung von Luftspülung wurde die im Bett auftretende mittlere Wassergeschwindigkeit nicht erheblich beeinflusst. Im untersuchten Fall verursachte die Zufügung von Luft eine Vergrösserung der mittleren Wassergeschwindigkeit im Bett mit ca. 10%.

f. Örtlich und augenblicklich können höhere Wasser- und Luftgeschwindigkeiten, als die aus der hier beschriebenen Untersuchung bestimmten mittleren Geschwindigkeiten, auftreten. Es wäre interessant die diesbezüglichen Faktoren näher zu untersuchen.