

B-1

Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.  
KIWA

**BESCHOUWING  
VAN ENKELE VERSCHIJNSELEN  
DIE IN EEN FILTER OPTREDEN  
NA HET IN WERKING STELLEN  
VAN DE LUCHTSPOELING**

door ir. A. de Lathouder en M. Sollman

MEDEDELING No 6  
VAN DE COMMISSIE FILTERCONSTRUCTIES (COFICO)  
VAN HET KIWA

MOORMANS PERIODIEKE PERS N.V. — DEN HAAG

Str Winston Churchill-laan 273  
RIJSWIJK (Z.H.)

Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V.  
KIWA



Van Speykstraat 34 — 's-Gravenhage

**BESCHOUWING  
VAN ENKELE VERSCHIJNSELEN  
DIE IN EEN FILTER OPTREDEN  
NA HET IN WERKING STELLEN  
VAN DE LUCHTSPOELING**

door ir. A. de Lathouder en M. Sollman

MEDEDELING No 6  
VAN DE COMMISSIE FILTERCONSTRUCTIES (COFICO)  
VAN HET KIWA

## 1. Inleiding

Wordt in een filter dat voorzien is van spoelkoppen met pijpjes (dompelpijpjes) de luchtspoeling in werking gesteld, dan wordt het effect van de spoellucht aanvankelijk verminderd door de bufferwerking van het luchtkussen dat zich onder de bodem vormt. De vorming van dit luchtkussen gaat gepaard met de verdringing van een zekere hoeveelheid water, waardoor de luchtspoeling in feite wordt voorafgegaan door een waterspoeling van korte duur. Eerst als de blokkering van de luchtgaatjes of spleten in de dompelpijpjes door de verlaging van het water-niveau is opgeheven, begint de toevoer van de spoellucht aan het filterbed. De luchtsnelheid in het bed neemt daarna geleidelijk toe naarmate het wateroppervlak onder de spoelkoppenbodem verder onder de gaatjes daalt. De in het bed opstijgende luchtbellen blijven daar voor een deel achter. De lucht wordt aanvankelijk dus in het bed geaccumuleerd en zal ook daar het water ten dele verdringen. Zodra het waterniveau onder de bodem een constante hoogte heeft bereikt en het bed met lucht is verzadigd, treedt de stationaire toestand van luchtspoelen in. In dit rapport wordt, mede aan de hand van aan een proeffilter uitgevoerde onderzoeken, een nadere beschouwing gegeven over de bij luchtspoeling optredende vertraging en enkele daarmee gepaard gaande verschijnselen.

## 2. Oorzaak van de vertraging die na het openen van de luchttoevoer bij de luchtspoeling optreedt bij toepassing van een spoelkoppenbodem

Tijdens de filtratieperiode treedt er bij de doorstroming van het filter drukverlies op als gevolg waarvan de plaatselijke statische druk in het filter lager is dan de druk die wordt veroorzaakt door de hoogte van de plaatselijke waterkolom. Om te vermijden dat op enige plaats in het filter ongewenste negatieve drukken (ten opzichte van de atmosferische druk) optreden, mag het drukverlies of de weerstand dan ook niet te hoog oplopen. Aan het einde van de filtratieperiode zal er onder de filterbodem daarom steeds een — zij het misschien kleine — overdruk moeten heersen. Zo er tegen het einde van de filtratieperiode een luchtkussen onder de spoelkoppenbodem aanwezig is, zal hierin dus een druk heersen die iets hoger is dan de atmosferische.

Bij het beëindigen van de filtratieperiode valt de drukvermindering, die werd veroorzaakt door de filtratieweerstand weg. Hierdoor stijgt de druk in het luchtkussen tot de overdruk gelijk is

aan de statische druk die wordt veroorzaakt door de waterkolom die zich in het filter boven het luchtkussen bevindt. Wordt nu de spoelperiode ingezet dan zal de druk in het luchtkussen verder worden verhoogd door:

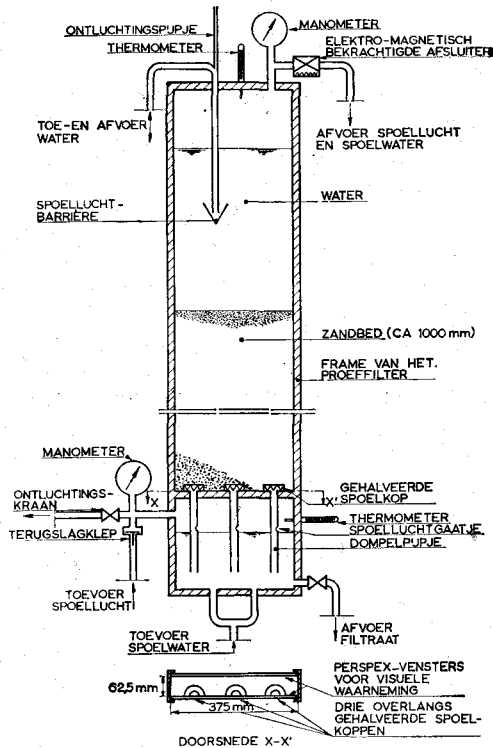
1. Stijging van het waterniveau boven het filter tot de spoelgoten (indien geen waterspoeling voorafgaat, zal uiteindelijk toch een geringe stijging van het niveau optreden door het water dat onder de bodem en uit het bed is verdrongen);
2. vermeerdering van de druk van de waterkolom met de druk die nodig is om de spoelweerstand te overwinnen.

Uit het voorgaande blijkt dat de druk van de lucht onder de bodem tijdens het spoelen hoger is dan tijdens de filtratie. Daar deze drukverhoging gepaard gaat met een volumeverkleining van het luchtkussen, moet het waterniveau onder de bodem dus zijn gestegen tot boven de luchtgaatjes in de dompelpijpjes. Dit betekent dat eerst een bepaalde hoeveelheid lucht onder de bodem moet worden toegevoerd eer de luchtgaatjes weer vrij komen en er lucht tot het bed kan toetreden. Zijn er in de bodem kleine lekjes tussen de platen, langs de wand of ter plaatse van de spoelkopbevestiging, of bevinden zich niet volledig sluitende afsluiters in de luchttoevoer, dan kan het gebeuren dat het luchtkussen tijdens de filtratieperiode ongemerkt geheel of ten dele weglekt. Ook komt het voor dat de lucht onder de bodem met opzet wordt afgelaten teneinde de mogelijkheid uit te sluiten dat een gedeelte van het luchtkussen ten gevolge van expansie naar het filterbed kan stromen. Deze expansie vindt haar oorzaak in het reeds eerder genoemde feit dat de druk van de lucht onder de bodem tijdens het spoelen hoger is dan tijdens het filtreren. In deze beide gevallen moet bij de aanvang van het spoelen een gedeeltelijk of volledig nieuw luchtkussen worden gevormd.

Wordt nu de luchttoevoer geopend dan zal tijdens de vorming van het luchtkussen water van onder de bodem worden verdrongen. Zodra de gaatjes in de dompelpijpjes vrijkomen begint ook spoellucht naar het zandbed te ontwijken. Het water blijft via de onderkant van de dompelpijpjes wegstromen totdat het waterniveau onder de gaatjes in evenwicht verkeert. Op dat moment is de maximale luchttoevoer van onder de bodem naar het filterbed bereikt. Dit wil geenszins zeggen dat de toestand dan stationair is. Het bed moet nl. met lucht zijn verzadigd alvorens aan de oppervlakte van het zandbed een constante hoeveelheid lucht ontwijkt. Ook hier treedt dus een zekere vertraging op, waarbij weer water door lucht wordt verdrongen. Onderin het bed treedt lucht toe terwijl het verdrongen water boven uit het

bed ontwijkt. Naarmate het bed verder met lucht verzadigd raakt zal er steeds meer lucht boven het bed ontwijken. Tenslotte wordt er geen water meer uit het bed verdrongen en zal de toegevoerde hoeveelheid lucht gelijk zijn aan die welke boven het bed ontwijkt.

In principe geldt deze beschouwing ook indien de luchtspoeling wordt voorafgegaan door of gecombineerd met waterspoeling. Het bovenwaterniveau ligt dan meestal hoger (tot bovenkant spoelgoot), waardoor een grotere tegendruk moet worden overwonnen. Anderzijds kan echter de weerstand van het vuile bed door een voorafgaande waterspoeling iets zijn verminderd. Wordt



Afb. 1 Schets van het proeffilter

de luchtspoeling met waterspoeling gecombineerd dan zal de in het bed optredende weerstand echter weer groter kunnen zijn omdat water een groter drukverlies geeft dan lucht en omdat de luchtsnelheid toeneemt als gevolg van de verdringing van lucht door water.

Een belangrijke factor is uiteraard de vervuiling. Naarmate een filterbed sterker vervuult zal de druk onder de bodem tijdens de filtratie lager worden, maar ook zal de tegendruk bij het spoelen groter worden. Het besproken vertragsingsverschijnsel zal daarom duidelijker naar voren komen naarmate de vervuiling groter is. Een belangrijk punt dat niet uit het oog mag worden verloren is, dat er bij de aanvang van een gecombineerde spoeling op moet worden gerekend dat de spoelwatersnelheden worden vermeerderd met de snelheden die door het verdrongen water worden opgewekt. Er treedt dus tijdelijk een verhoogde spoelwatersnelheid op. In punt 5 zal hierop worden teruggekomen.

### 3. Beschrijving van de proefinstallatie en de meetmethode

Om een indruk te krijgen van het verloop van de water- en luchtsnelheden en de tijdsduur waarbinnen de besproken verschijnselen zich afspelen, werden enkele proeven uitgevoerd met het in afb. 1 geschetste proeffilter, waarin de stroming tijdens de beginperiode van het spoelen nauwkeurig kon worden bestudeerd. Aangezien schoon zand werd gebruikt mag worden verondersteld dat de in de praktijk voorkomende vertragingen wegens de dan optredende grotere weerstanden groter zullen zijn. Het filter was voorzien van de nodige apparatuur voor het meten van temperaturen en drukken en voor de nauwkeurige regeling en meting van de water- en luchthoeveelheden resp. niveaus. Van het zand, waarmee het filter tot een dikte van 1000 mm gevuld was, zijn de volgende gegevens door een zeefanalyse bepaald:

specificatie: 0,75-1,50 mm (resp. 5%- en 95%-grenswaarde);  
effectieve korreldiameter: 0,86 mm (10%-grens);  
gemiddelde korreldiameter: 1,12 mm (60%-grens);  
uniformiteitscoëfficiënt: 1,30.

Eenvoudigheidshalve werd uitgegaan van een begintoeestand zonder lucht onder de bodem en een spoelwatersnelheid nul. Voor luchttoevoersnelheden  $v_{lt} = 5$  en  $20$  m/h (schijnbare snelheden betrokken op de filterdoorsnede) werden om de 10 seconden de water- en luchtsnelheden onder in het bed ( $v_{wo}$  resp.  $v_{lo}$ ) en boven het zandbed ( $v_{wb}$  resp.  $v_{lb}$ ) bepaald. (zie schets afb. 2). Er werd rekening mee gehouden dat de lucht tijdens het opstijgen door de drukvermindering een groter volume gaat innemen. Als gevolg hiervan is het afgevoerde volume groter dan het toegevoerde, waardoor de luchtsnelheden betrokken op de filterdoorsnede boven het bed ( $v_{lb}$ ) groter zijn dan onder in het filter ( $v_{lt}$ ).

#### 4. Beschouwing van de beproevingsresultaten en enkele controleberekeningen

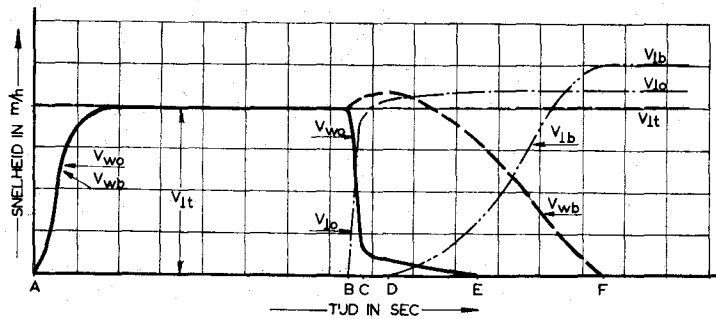
De uitkomsten van de metingen die in tweevoud werden uitgevoerd vertoonden een betrekkelijk onregelmatig beeld, in het bijzonder daar, waar binnen het meetinterval van 10 seconden grote veranderingen optraden, zoals op het moment dat de spoel-luchtgaatjes vrijkwamen. Terwille van de overzichtelijkheid zijn de uitkomsten geschematiseerd in afb. 2 weergegeven, zodat een duidelijk beeld van het verloop van de verschijnselen na het aanzetten van de luchtspoeling kan worden verkregen. Om een globale indruk van de duur van deze verschijnselen te geven zijn, in de eveneens in afb. 2 gegeven tabel, de tijden vermeld die op de door letters aangegeven perioden betrekking hebben.

Aan de hand van de grafiek kan nu de gang van zaken als volgt worden beschreven.

De verdringing van het water onder de bodem en de afvoer boven het bed begint bij A, zijnde het moment waarop de luchttoelaat tot het filter wordt geopend. In punt B komen de gaatjes vrij waardoor de luchttoevoer onder in het bed plotseling begint en direct sterk toeneemt, terwijl de watertoevoer onder in het bed gelijktijdig vermindert. Na het geheel vrijkomen van de gaatjes in punt C (bij toepassing van luchtspleten verloopt dit minder abrupt) wordt het waterniveau verder omlaag gedrukt tot de evenwichtsstand in E is bereikt. De waterafvoer van onder de bodem naar het filterbed is dan gestopt en de lucht heeft onder in het bed de maximale snelheid  $v_{10}$  bereikt. De lucht die zich inmiddels in het bed heeft verzameld heeft de watersnelheid  $v_{wb}$  boven het bed iets doen stijgen ten gevolge van een geringe volumevergroting van deze lucht. Genoemde snelheid neemt echter spoedig weer af bij het aangroeien van de luchthoeveelheid die uit het bed opstijgt. De lucht begint nl. in punt D uit het bed te ontwijken ( $v_{1b}$ ) en bereikt in F een maximum. Het bed is dan met lucht verzadigd zodat geen water meer wordt verdrongen. De watersnelheid  $v_{wb}$  is in F dan ook nul geworden en er heeft zich behalve een constante luchttoevoer ( $v_{1t}$ ) thans ook een constante luchtafvoer ( $v_{1b}$ ) ingesteld. Voor luchtsnelheden van 5 en 20 m/h is de stationaire toestand voor een begintoe-stand *zonder* luchtkussen na 145 resp. 45 seconden bereikt. De luchtgaatjes in de dompelpijpjes komen echter reeds na 85 à 95 resp. 20 à 35 seconden vrij. De door verdringing opgewekte watersnelheden zullen ten hoogste gelijk zijn aan de luchtsnelheden waardoor zij worden opgewekt. Tijdens de perioden van

samendrukking van de lucht en versnelling van het water kunnen zij echter belangrijk kleiner zijn.

Voor een luchtsnelheid van 20 m/h is uitgaande van in de praktijk gebruikelijke waarden voor de zandbeddikte, waterstanden en weerstanden, ook berekend na hoeveel tijd de luchtgaatjes vrijkomen. Dit is dus de eerste fase. De berekening, waarbij eveneens werd uitgegaan van een begintoestand zonder lucht onder de bodem, leidde tot een resultaat dat overeenkomt met de uitkomst van het proeffilter. Hierna werd, eveneens voor een spoelluchtsnelheid van 20 m/h, berekend na hoeveel tijd de



BETEKENIS VAN DE LETTERS IN DE GRAFIEK	GEMETEN TIJD IN SECONDEN VOOR	
	$V_{it} = 5 \text{ m/h}$	$V_{it} = 20 \text{ m/h}$
A = BEGIN LUCHTTOEVOER ONDER DE BODEM	0	0
B = SPOELLUCHTGAATJES KOMEN VRJ	TUSSEN 85	TUSSEN 20
C = SPOELLUCHTGAATJES ZUN GEHEEL VRJ	EN 90	EN 35
D = LUCHT KOMT BOVEN HET BED	105	25
E = WATER ONDER BODEM BEREIKT LAAGSTE STAND	105	35
F = WATER BOVEN BED BEREIKT HOOGSTE STAND	145	45

DE TUDEN ZUN GEREKEND t.o.v. EEN BEGINTOESTAND ZONDER LUCHTKUSSEN OP HET TJDSTIP A.

Afb. 2 Water- en luchtsnelheden in het filter bij het begin van luchtspoelen

- $V_{wo}$  = watersnelheid onder in het filterbed
  - - -  $V_{wb}$  = watersnelheid boven het filterbed
  - - -  $V_{it}$  = luchtsnelheid onder de bodem
  - . - . -  $V_{lo}$  = luchtsnelheid onder in het filterbed
  - . . . -  $V_{lb}$  = luchtsnelheid boven het filterbed
- De snelheden zijn betrokken op de filterdoorsnede



spoelluchtgaatjes vrijkomen indien er geen lucht op ongewenste wijze onder de bodem is weggelekt. Het luchtvolume dat aan het einde van de filtratieperiode onder de bodem aanwezig is en dat bij de aanvang van de spoelperiode als gevolg van de verhoogde druk tot een kleiner volume is samengedrukt, diende dus als uitgangspunt voor deze tweede berekening. In het beschouwde geval bleek 15% van het oorspronkelijke luchtvolume onder de bodem te moeten worden toegevoerd en de berekening leerde dat het ruim 4 seconden duurde eer de gaatjes in de dompelpijpjes vrijkomen opdat er lucht in het filter kan toetreden. In dit geval wordt de afstand AB in de grafiek van afb. 2 voor een spoelluchtsnelheid van 20 m/h dus tot ca. 4 seconden verminderd; de periode van B tot F kan ongewijzigd blijven. Uit de combinatie van deze berekening en de metingen volgt dat de stationaire toestand voor een niet lekkende bodem dus na 20 à 25 sec wordt bereikt. Bij toepassing van hogere luchtsnelheden wordt het luchtkussen onder de bodem sneller opgebouwd en het bed zal eerder met lucht zijn verzadigd. Volgens ruwe schatting aan de hand van de resultaten voor 5 en 20 m/h zal de stationaire toestand voor luchtsnelheden van 40 à 60 m/h, uitgaande van begintoestanden zonder en met luchtkussen onder de spoelkoppensbodem, respectievelijk ca. 20 sec en 10 sec kunnen bedragen.

De tijd waarin de besproken verschijnselen zich afspelen is niet alleen afhankelijk van de toegepaste luchtsnelheid en de luchtdichtheid van de bodem. Reeds werd vermeld dat ook het vooraf laten gaan door en het combineren met waterspoeling alsmede de vervuiling van invloed zijn. Vooral bij een sterk vervuild bed, dat niet direct bij het aanzetten van de spoeling doorbreekt, zullen langere vertragingstijden kunnen optreden. Andere factoren die een rol spelen zijn de uitvoering van het filter (bv. hoogte spoelgoot, afmetingen van spoelluchtgaatjes of spleten), de filtratiesnelheid en de hoogte, korrelgrootte en stapeling van het zandbed. Genoemde factoren bepalen nl. mede het verschil tussen de waterniveaus en van de weerstanden aan het einde van de filtratieperiode en het begin van de spoelperiode (dus de druk en het volume van het luchtkussen) alsmede het verloop van de verzadiging in het zandbed.

##### **5. Enkele gevolgen van de vertraging die optreedt bij het in werking stellen van de luchtspoeling.**

Uit het voorgaande is reeds komen vast te staan dat de verdringing van water door lucht bij het openen van de luchttoevoer een tijdelijke vermeerdering van de waterspoeling tot gevolg heeft,

welke vermeerdering van verschillende factoren afhankelijk is. Hiermee gepaard gaande treedt een vertraging op in het tot stand komen van de stationaire toestand van de luchtspoeling. Het is gewenst de volgende facetten, die een onmiddellijk gevolg van de genoemde verschijnselen zijn, nader te beschouwen.

Als gevolg van de bufferwerking van het luchtkussen zal het geven van luchtstoten — die wel eens worden toegepast omdat deze het bed in heftiger beroering zouden brengen — dan ook minder effect hebben dan ervan wordt verwacht. Dit geldt in het bijzonder tijdens het begin van de luchtspoeling wanneer het luchtkussen nog niet volledig is ontwikkeld. Plotseling verhoogde luchttoevoer betekent dan in de eerste plaats een versnelde vorming van het luchtkussen, terwijl de plotselinge drukverhoging een tijdelijk verhoogde watersnelheid teweegbrengt. Echter ook indien de luchttoevoer naar het bed reeds plaatsvindt worden luchtdrukstoten gedempt. Het luchtvolume onder de bodem blijft dan als buffer werken. In het kussen wordt ook dan de druk verhoogd, terwijl de waterspiegel naar een nieuwe evenwichtsstand zakt. De hiermee gepaard gaande water- en luchtsnelheden nemen geleidelijk met de toenemende drukverhoging toe.

Het gevolg van de waterverdringing die tijdens de vertraagde luchtspoeling optreedt kan zijn dat er ongewenst hoge watersnelheden optreden. Dit geldt in het bijzonder voor gecombineerde luchtwaterspoeling. Door de verhoogde snelheid en door onregelmatigheden in de vervuilingsgraad van een filterbed kunnen plaatselijke doorbraken teweeg worden gebracht die — soms in samenwerking met de zg. jetvorming — ernstige verstoringen kunnen veroorzaken. Vooral bij toepassing van een gelaagd bed dient speciale aandacht te worden besteed aan de beginperiode van het spoelen, opdat vermenging van de lagen wordt voorkomen.

## **6. Het vertragingseffect bij verschillende bodemconstructies**

De besproken verschijnselen werden beschouwd aan de hand van een filter met spoelkoppen die zijn geplaatst in een tussenbodem waaronder zich een luchtkussen kan vormen. Zij gelden echter niet alleen voor filters met een spoelkoppenbodem. Zo is bv. de luchtaccumulatie in het bed slechts weinig afhankelijk van de bodemconstructie en deze komt bij andere bodemtypen uiteraard ook voor.

Het luchtkussen onder de bodem is ook bij de Bamag-uitvoering aanwezig, echter verdeeld over een aantal luchthelmen die onder

de bodem zijn bevestigd. Een extra vertraging kan hier zelfs optreden indien bij het aanzetten van de luchtspoeling het water ook moet worden verdrongen uit de luchttoevoerpijpen, waaruit de lucht via gaatjes naar de luchthelmen opstijgt.

Bij toepassing van een buizenet (drains) voor gecombineerde lucht- en waterspoeling ontbreekt het luchtkussen, doch hier verzamelt zich eerst een zekere hoeveelheid lucht in de buizen alvorens naar buiten te treden. Hoewel in veel mindere mate dan bij een spoelkoppensbodemp, treedt dus ook in dit geval een zekere vertraging op. Wordt een gescheiden luchtnet toegepast dan kunnen de vertragingverschijnselen tot een minimum worden beperkt.

## 7. Conclusies

Bij het in werking stellen van de luchtspoeling in een filter, dat is voorzien van spoelkoppen met daaraan bevestigde dompelpijpjes, doen zich enkele belangrijke verschijnselen voor.

Op grond van een hieromtrent uitgevoerd onderzoek en een daarop gebaseerde beschouwing kan het volgende worden geconcludeerd.

**a.** Bij het aanzetten van de luchtspoeling in een filter met spoelkoppensbodemp wordt het tot stand komen van een stationaire toestand vertraagd door:

1. een onder de bodem aanwezig luchtkussen dat als buffer werkt bij optredende drukveranderingen;
2. de noodzakelijke voorafgaande verdringing van water onder de bodem tijdens de aangroeiing van het luchtkussen;
3. de accumulatie van lucht in het bed waarbij water uit het bed wordt verdrongen.

**b.** De periode die na het in werking stellen van de luchtspoeling verloopt alvorens zich een stationaire toestand instelt, hangt af van de tijd die nodig is om de evenwichtstoestand in het luchtkussen onder de bodem tot stand te brengen en het filterbed met lucht te verzadigen.

**c.** Het verloop van de onder **b** genoemde processen hangt samen met een aantal kenmerkende grootheden zoals de filtratiesnelheid en de luchtspoelsnelheid, de eventueel voorafgaande of gecombineerde waterspoeling, de bouw van het filter, de hoogte, samenstelling en stapeling van het zandbed, de aard en de mate van de vervuiling.

**d.** De vertraging kan belangrijk worden vergroot indien het luchtkussen tijdens de filtratieperiode, bv. als gevolg van onvoldoende afdichting van bodemp of afsluiters, in omvang afneemt of zelfs

geheel verdwijnt, dan wel aan het einde van de spoelperiode opzettelijk wordt afgelaten om zodoende de mogelijkheid uit te sluiten dat het luchtkussen ten gevolge van expansie gedeeltelijk naar het filterbed stroomt.

**e.** Gezien het grote aantal factoren dat bepalend is voor de optredende vertragingverschijnselen zullen de vertragingstijden voor verschillende filters grote onderlinge verschillen kunnen vertonen. Aan de hand van enkele proeven en berekeningen kon hieromtrent echter een globale indruk worden verkregen. De tijd die verloopt alvorens zich een stationaire toestand instelt kan voor hoge luchtsnelheden voor het geval dat er tijdens de filtratie geen lucht weglekt bv. 10 seconden bedragen. Voor het geval dat lage luchtsnelheden worden toegepast en onder de bodem een volledig nieuw luchtkussen moet worden gevormd kunnen vertragingstijden van enkele minuten optreden.

**f.** Het effect van luchtstoten die tijdens het spoelen wel eens worden toegepast zal, in het bijzonder bij de aanvang van de luchtspoeling, door de bufferwerking van het luchtkussen sterk worden verminderd.

**g.** Door het aanzetten van de luchtspoeling wordt in eerste instantie gedurende korte tijd een — eventueel verhoogde — watersnelheid opgewekt.

**h.** Bij toepassing van een gelaagd bed moet de luchtspoeling met de nodige voorzichtigheid worden ingeleid om vermenging van de lagen als gevolg van de tijdelijk verhoogde watersnelheid te voorkomen.

**i.** Ook bij toepassing van spoelbuizensystemen zullen vertragingverschijnselen optreden. Deze zullen echter wegens het ontbreken van een luchtkussen onder de bodem minder sterk zijn dan bij spoelkoppbodems.

Januari 1962

## SAMENVATTING

van

*Mededeling no 6 van de Commissie Filterconstructies (Cofico)  
van het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen N.V. KIWA*

*„Beschouwing van enkele verschijnselen die in een filter  
optreden na het in werking stellen van de luchtspoeling”*

Indien in een filter dat voorzien is van spoelkoppen met dompelpijpjes de luchtspoeling in werking wordt gesteld dan treedt een vertraging in de werking van deze spoeling op. Deze vertraging wordt veroorzaakt doordat er onder de spoelkoppenbodemp een geheel of ten dele nieuw luchtkussen moet worden gevormd alvorens de spoelluchtopeningen in de dompelpijpjes vrijkomen. Eerst als deze spoelluchtopeningen vrij zijn kan de spoellucht tot het bed toetreden.

De verschillende factoren die de optredende vertragingverschijnselen beïnvloeden, worden besproken. Op grond van enkele proefnemingen en een daarop gebaseerde beschouwing kan het volgende worden geconcludeerd.

**a.** Bij het aanzetten van de luchtspoeling in een filter met spoelkoppen wordt het tot stand komen van een stationaire toestand vertraagd door:

1. een onder de bodem aanwezig luchtkussen dat als buffer werkt bij optredende drukveranderingen;
2. de noodzakelijke voorafgaande verdringing van water onder de bodem tijdens de aangroeiing van het luchtkussen;
3. de accumulatie van lucht in het bed waarbij water uit het bed wordt verdrongen.

**b.** De periode die na het in werking stellen van de luchtspoeling verloopt alvorens zich een stationaire toestand instelt, hangt af van de tijd die nodig is om de evenwichtstoestand in het luchtkussen onder de bodem tot stand te brengen en het filterbed met lucht te verzadigen.

**c.** Het verloop van de onder **b** genoemde processen hangt samen met een aantal kenmerkende grootheden zoals de filtratiesnelheid en de spoelluchtsnelheid, de eventueel voorafgaande of gecombineerde waterspoeling, de bouw van het filter, de hoogte, samenstelling en stapeling van het zandbed, de aard en de mate van de vervuiling.

**d.** De vertraging kan belangrijk worden vergroot indien het

luchtkussen tijdens de filtratieperiode, bv. als gevolg van onvoldoende afdichting van bodem of afsluiters in omvang afneemt of zelfs geheel verdwijnt, dan wel aan het einde van de spoelperiode opzettelijk wordt afgelaten om zodoende de mogelijkheid uit te sluiten dat het luchtkussen ten gevolge van expansie gedeeltelijk naar het filterbed stroomt.

**e.** Gezien het grote aantal factoren dat bepalend is voor de optredende vertragingverschijnselen zullen de vertragingstijden voor verschillende filters grote onderlinge verschillen kunnen vertonen. Aan de hand van enkele proeven en berekeningen kon hieromtrent echter een globale indruk worden verkregen. De tijd die verloopt alvorens zich een stationaire toestand instelt kan voor hoge luchtsnelheden voor het geval dat er tijdens de filtratie geen lucht wegglekt bv. 10 seconden bedragen. Voor het geval dat lage luchtsnelheden worden toegepast en onder de bodem een volledig nieuw luchtkussen moet worden gevormd kunnen vertragingstijden van enkele minuten optreden.

**f.** Het effect van luchtstoten die tijdens het spoelen wel eens worden toegepast zal, in het bijzonder bij de aanvang van de luchtspoeling, door de bufferwerking van het luchtkussen sterk worden verminderd.

**g.** Door het aanzetten van de luchtspoeling wordt in eerste instantie gedurende korte tijd een — eventueel verhoogde — watersnelheid opgewekt.

**h.** Bij toepassing van een gelaagd bed moet de luchtspoeling met de nodige voorzichtigheid worden ingeleid om vermenging van de lagen als gevolg van de tijdelijk verhoogde watersnelheid te voorkomen.

**i.** Ook bij de toepassing van spoelbuizensystemen zullen vertragingverschijnselen optreden. Deze zullen echter wegens het ontbreken van een luchtkussen onder de bodem minder sterk zijn dan bij spoelkoppensbodems.

## SUMMARY

of

*Communication no 6 of the Committee for the Construction of Filters (Cofico) of the Institution for the Testing of Waterworks Materials Ltd. KIWA*

*„Discussion of some phenomena occurring in a filter after putting airwash into operation”*

If airwash is put into operation in a filter the nozzles of which are provided with tubules, a slackening in the action of the backwashing occurs. This slackening is caused by the fact that, before the airwash-holes in the tubules of the filter-nozzles get clear, an entirely or partly new air-cushion must be formed under the false bottom. Not until the airwash-holes are clear can the backwash-air gain access to the bed.

Several factors influencing the occurring phenomena are discussed. From the results of some experiments the following conclusions can be drawn.

**a.** When starting airwash in a filter with nozzles the achievement of a stationary condition is delayed by:

1. the existence of an air-cushion under the bottom working as a buffer when pressure changes occur;
2. the necessary previous displacement of water under the bottom during the growth of the air-cushion;
3. the accumulation of air in the bed by which water is ousted from the bed.

**b.** The period after putting the air-wash into action which passes before a stationary condition settles, depends on the time wanted to bring about an equilibrium in the air-cushion under the bottom and to saturate the filterbed with air.

**c.** The course of the processes mentioned under **b** is linked up with a number of characteristic quantities, such as: the rate of filtration and the rate of air for backwashing, the question whether backwashing with water precedes or is combined with air-wash, the construction of the filter, the depth, composition and settling of the sand bed, the nature and the degree of pollution.

**d.** Slackening can considerably be increased, if during the filter run the air-cushion decreases in extent or even disappears completely e.g. as a result of insufficient sealing of the bottom or

the valves, or is intentionally evacuated at the end of the period of backwashing in order to preclude in that way the possibility that the air-cushion partially flows to the filterbed as a result of expansion.

**e.** In view of the great number of factors which are determining for the occurring slackening phenomena the slackening periods may, in different filters, show great mutual differences. With the help of some experiments and calculations, however, a rough impression could be obtained. The time elapsing before a stationary condition settles can be e.g. 10 seconds in case of high rates of air, if there is no loss of air by leakage. In case low rates of air are applied and a completely new air-cushion must be formed under the bottom, slackening periods of a few minutes can occur.

**f.** The effect of blasts sometimes applied during backwashing, particularly at the beginning of air-wash, will strongly be diminished by the shock-absorbing air-cushion.

**g.** For a short time an — eventually — increased water velocity is caused in the first instance when air-wash is started.

**h.** When a graded bed is applied air-wash should be introduced with some precaution in order to prevent the layers from getting mixed in consequence of the temporary enhanced water-velocity.

**i.** Slackening phenomena will also occur when systems of under-drains are applied. On account of the absence of an air-cushion under the bottom, however, they will be less strong than when false bottoms are used.



## RÉSUMÉ

de

*la Communication no 6 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*

*„Discussion de quelques phénomènes qui se produisent dans un filtre après qu'on a fait fonctionner le lavage par l'air”*

Si l'on fait fonctionner le lavage par l'air dans un filtre muni de crépines avec des queues, il se présente dans le fonctionnement de ce lavage par l'air un ralentissement. Ce ralentissement est la cause du fait qu'il faut former sous le faux-fond crépiné un matelas d'air presque ou tout à fait nouveau, avant que les ouvertures d'air de lavage dans les queues de buselure soient ouvertes pour le passage de l'air.

Ce n'est que quand ces ouvertures d'air de lavage sont débloquées que l'air de lavage peut s'introduire dans le lit filtrant. Les différents facteurs influençant les phénomènes du ralentissement qui se présentent, sont discutés. On peut conclure de quelques expérimentations et d'une discussion basée là-dessus, ce qui suit.

**a.** En faisant fonctionner le lavage par l'air dans un filtre avec des crépines, il y aura un ralentissement dans la réalisation d'un état stationnaire qui sera causé par:

1. un matelas d'air qui se trouve sous le fond et qui aura l'effet d'un tampon avec des changements de pression;
2. le fait qu'il est nécessaire de faire disparaître d'abord l'eau qui se trouve sous le fond, dans le temps où le matelas d'air grandit;
3. l'accumulation d'air dans le lit filtrant pendant laquelle l'eau est poussé hors du lit filtrant.

**b.** Le cycle qui passe après qu'on a mis en marche le lavage par l'air avant qu'il se fasse un état stationnaire, dépend du temps nécessaire pour réaliser l'état d'équilibre dans le matelas d'air sous le fond et pour saturer le lit filtrant de l'air.

**c.** Le cours des processus nommés sous **b**, est en rapport avec un nombre de quantités caractéristiques telles que la vitesse d'air de lavage et la vitesse de filtration, le lavage à l'eau qui précède éventuellement ou qui est combiné, la construction du filtre, la

hauteur, la granulation et l'empilement de la couche de sable, la qualité et le degré de pollution.

**d.** Le ralentissement peut être grandement si le matelas d'air pendant le cycle de filtration, p.e. par suite du fait qu'on a insuffisamment bouché le faux-fond ou les soupapes d'arrêt, diminue de volume ou même disparaît d'une façon absolue ou bien qu'à la fin du cycle de lavage, on a fait échapper avec intention le matelas d'air pour exclure ainsi la possibilité que le matelas d'air par suite d'expansion, coule en partie vers le lit filtrant.

**e.** Vu le grand nombre de facteurs qui déterminent les phénomènes de ralentissement qui se présentent, les temps de ralentissement pourront présenter pour les différents filtres, de grandes différences mutuelles. Sur la base de quelques essais et calculs cependant, on a pu obtenir une impression approximative là-dessus. Le temps qui s'écoule avant qu'il y ait un état stationnaire peut être pour de grandes vitesses d'air, en cas qu'il ne s'écoule pas d'air pendant la filtration, 10 secondes par exemple.

Dans le cas où l'on applique des vitesses peu élevées et qu'on doit former sous le faux-fond un matelas d'air complètement nouveau, ils peuvent se présenter des temps de ralentissement de quelques minutes.

**f.** L'effet de coups d'air qu'on applique parfois pendant le lavage, sera diminué d'une façon intense par le fonctionnement de tampon du matelas d'air particulièrement au début du lavage par l'air.

**g.** En mettant en marche le lavage par l'air, on excite en premier lieu pendant un laps de temps assez court, une vitesse d'eau, ou en cas qu'il y ait déjà une vitesse d'eau dans le filtre, une augmentation de celle-ci.

**h.** En appliquant une couche filtrante stratifiée, il faut qu'on introduise le lavage par l'air avec une prudence extrême pour éviter la mixtion des couches par suite de la vitesse d'eau qu'on a augmentée temporellement.

**i.** Dans l'application de systèmes de collecteurs perforés, aussi, ils se produisent des phénomènes de ralentissement. Mais à cause du manque d'un matelas d'air sous le fond, ils seront moins forts que quand il s'agit de faux-fonds crépinés.

## ZUSAMMENFASSUNG

von

*Mitteilung Nr. 6 des Ausschusses für Filterkonstruktionen  
(Cofico) des Prüfungsinstitutes für Wasserleitungsartikel A.G.  
KIWA*

*„Erörterung einiger Phänomene die in einem Filter nach dem  
in Betrieb setzen der Luftspülung auftreten“*

Wenn in einem von Filterdüsen mit Düsenrohren versehenen Filter die Luftspülung in Betrieb gesetzt wird, dann tritt eine Verzögerung in der Wirkung dieser Spülung auf. Diese Verzögerung wird dadurch verursacht, dass unter dem Düsenboden ein ganz oder teilweise neues Luftpolster gebildet werden muss, bevor die Spülluftöffnungen in den Filterdüsenrohren frei kommen. Erst wenn diese Spülluftöffnungen frei sind, kann Spülluft zum Filterbett zutreten.

Die verschiedenen Faktoren, die die auftretenden Verzögerungserscheinungen beeinflussen, werden erörtert. Auf Grund einiger Versuche und darauf beruhenden Betrachtungen kann man zu den folgenden Schlüssen kommen.

**a.** Beim Einschalten der Luftspülung in einem Filter mit Filterdüsen wird das Zustandekommen eines stationären Zustandes verzögert durch:

1. ein unter dem Boden vorhandenes Luftpolster, das bei auftretenden Druckänderungen als Puffer wirkt;
2. die nötige vorhergehende Verdrängung von Wasser unter dem Boden, während des Anwachsens des Luftpolsters;
3. die Ansammlung von Luft im Filterbett, wobei Wasser aus demselben verdrängt wird.

**b.** Die Zeit, die nach dem in Betrieb setzen der Luftspülung verstreicht, bevor sich ein stationärer Zustand einstellt, hängt von der Zeit ab, die nötig ist, um den Gleichgewichtszustand im Luftpolster unter dem Boden zustande zu bringen und das Filterbett mit Luft zu sättigen.

**c.** Der Verlauf der unter **b** genannten Vorgänge hängt mit einer Anzahl kennzeichnender Grössen zusammen, wie Filtergeschwindigkeit, Spülluftgeschwindigkeit, eventuell vorhergehende oder gleichzeitige Wasserspülung, Bau des Filters, Höhe, Schichtung und Lagerung des Sandbettes, Verschmutzungsart und Verschmutzungsgrad.

**d.** Die Verzögerung kann erheblich vergrößert werden, wenn das Luftpolster während der Filterlaufzeit z.B. infolge ungenügender Abdichtung des Bodens oder des Absperrschiebers an Umfang abnimmt oder sogar ganz verschwindet, oder aber am Ende des Spülvorganges absichtlich abgeführt wird, um dadurch die Möglichkeit auszuschliessen, dass das Luftpolster infolge der Ausdehnung teilweise nach dem Filterbett strömt.

**e.** In Anbetracht der grossen Anzahl von Faktoren, die für die auftretenden Verzögerungserscheinungen massgebend sind, werden die Verzögerungszeiten für verschiedene Filter grosse gegenseitige Unterschiede aufweisen können. An Hand einiger Untersuchungen und Berechnungen konnte jedoch ein globaler Eindruck hiervon gewonnen werden. Die Zeit, die verstreicht, bevor sich ein stationärer Zustand einstellt, kann für grosse Luftgeschwindigkeiten im Falle das während der Filtration keine Luft wegleckt, zB. 10 Sekunden betragen. Im Falle kleine Luftgeschwindigkeiten Anwendung finden und unter dem Düsenboden ein ganz neues Luftpolster gebildet werden muss, können Verzögerungen von einigen Minuten auftreten.

**f.** Der Effekt von Luftstössen, die manchmal während des Spülens Anwendung finden, wird — besonders beim Anfang der Luftspülung — durch die Pufferwirkung des Luftpolsters stark vermindert.

**g.** Durch das Einschalten der Luftspülung wird an erster Stelle während kurzer Zeit eine — eventuell erhöhte — Wassergeschwindigkeit erzeugt.

**h.** Bei schichtenweiser Lagerung des Bettes muss die Luftspülung mit der nötigen Vorsicht eingeleitet werden, um Vermischung der Schichten infolge der zeitweise erhöhten Wassergeschwindigkeit zu verhüten.

**i.** Auch bei der Anwendung von perforierten Rohrnetzen werden Verzögerungserscheinungen auftreten. Diese werden jedoch, da kein Luftpolster unter dem Boden vorhanden ist, weniger stark sein als bei Filterdüsenboden.