

# Wachttijden voor het gebruik van warmwatertappunten

## Verslag van de gemeten waarden aan een proefopstelling en verwerking van de verkregen gegevens

### 1. Inleiding

In H<sub>2</sub>O 24/74 schreven de heren ir. W. C. Wijntjes en ing. G. M. W. Palm een artikel over de doelmatigheid van warmwaterinstallaties.

Dit artikel vloeide voort uit de voorlopige bevindingen van een werkgroepje gevormd uit leden van de Technische Kontaktgroep Waterleidingbedrijven Zuid-Holland-West (TKZHW).

Een van de doelmatigheidsaspecten vormde de wachttijd die de gebruiker van een warmwatertappunt na het openen van de kraan in acht moet nemen alvorens water



ING. J. BONGERS  
Drinkwaterleiding  
De Tien Gemeenten,  
Pijnacker

van de gewenste temperatuur getapt kan worden. Het bepalen van de verschillende factoren die hierop van invloed zijn en het onder een bruikbare noemer brengen van die factoren was de volgende opdracht aan de werkgroep van de TKZHW.

Na theoretische benadering van het vraagstuk werd in de meterwerkplaats van de Haagse Duinwaterleiding onder leiding van de heer ing. J. Beekman een proefopstelling gemaakt en werd een groot aantal metingen onder verschillende omstandigheden verricht.

Na uitwerking van de meetresultaten kon een duidelijk verband gelegd worden tussen de wachttijden en alle in de theoretische benadering beschouwde variabelen. Dit artikel vormt een onvolledig verslag van de metingen en de verwerking van de meetwaarden.

Het volledige verslag is verkrijgbaar bij het secretariaat van de TKZHW, p/a Stichting Drinkwaterleiding 'De Tien Gemeenten'.

### 2. Theoretische benadering

#### 2.1. Bepaling van de variabelen

Als uitgangspunt werd verondersteld dat de navolgende factoren van invloed (kunnen) zijn op de wachttijden.

- de diameter van de leiding;
- de temperatuur van het uitgaande water van het warmwatertoestel;
- het debiet waarmee getapt wordt;
- de leidinglengte.

Deze variabelen moesten dus in de proefnemingen verwerkt worden.

Een afzonderlijke beschouwing van deze grootheden volgt hierna.

Verder kan van belang zijn het feit of de leiding al dan niet in de muur is weggevoerd c.q. ingestort in een betonvloer. Ook eventuele isolatie kan van invloed zijn op de wachttijd, evenals de omgevingstemperatuur en de mate waarin het water in de leiding na de voorgaande tapping is afgekoeld.

#### 2.2. Nadere beschouwing van de variabelen

##### a. De diameter van de leiding.

Tijdens de praktijkproeven, verwerkt in het interim-rapport, is gebleken dat een ruim gedimensioneerde leiding een grote wachttijd en verspilling van water geeft.

Daarom lijkt het vereist de diameter van de warmwaterleiding zo klein mogelijk te kiezen.

Het leek dus gewenst pijp met een diameter van 8 mm bij de proef te betrekken, omdat deze diameter mogelijk in de toekomst zal worden toegepast.

Grote pijpdiameters zullen in het algemeen deel uitmaken van installaties met een circulatiesysteem en zijn dus voor de metingen niet van belang.

Aldus werd besloten koperen buizen met uitwendige diameters van 8, 12, 15 en 22 mm in de opstelling op te nemen.

##### b. De temperatuur van het uitgaande water van het warmwatertoestel.

Deze temperatuur werd niet exact afgestemd op de in de handel aanwezige warmwatertoestellen, omdat er een te grote verscheidenheid in warmwatertoestellen is, welke in hun soort ieder afzonderlijk niet dezelfde uitgangstemperatuur hebben.

De temperaturen werden vastgesteld op:

- 45 °C
- 65 °C
- 85 °C

##### c. Het debiet waarmee getapt wordt.

Voor het debiet waarmee getapt wordt is men m.u.v. een keuken- of badgeiser niet exact aan een bepaalde hoeveelheid gebonden.

Bij een gasboiler, elektrische boiler, warmwater-c.v.-boiler of tapspiraal, kan met variabele hoeveelheden worden getapt.

De gekozen debieten werden aanvankelijk vastgesteld op 2, 4, 6, 8 en 10 l/min. Uit praktische overwegingen werden deze later beperkt tot 2, 4 en 8 l/min.

##### d. De leidinglengte.

Verondersteld werd dat deze factor de grootste invloed zou hebben op de wachttijd.

Aanvankelijk werd besloten pijpen met een lengte van 5, 10 en 15 meter op te stellen, doch gezien de beperkte lengte van de meterwerkplaats werden de lengten later vastgesteld op 4, 8 en 12 meter.

##### e. Leiding ingestort.

Onderkend werd de tendens leidingen in te storten in betonnen wanden en vloeren. Daarom werd besloten de proeven te herhalen met ingestorte leidingen beschermd door 2 lagen papier of in geribbelde mantelbuis.

##### f. Leiding voorzien van isolatie.

Besloten werd de proef met de 15 mm leiding te herhalen nadat de leiding was voorzien van een gebruikelijk isolatiemateriaal; dit om de mogelijke invloed van isolatie op de wachttijd vast te stellen.

#### 2.3. Afkoelingsproeven

Tenslotte werd besloten ook de afkoeltijden van de warmwaterleidingen onder diverse condities vast te stellen.

Deze proeven zullen verder worden aangeduid als *afkoelingsproeven*.

### 3. Omschrijving van de proefopstelling

#### 3.1. De leidingen

Gemaakt werd een houten bak met een lengte van circa 12,5 meter, een breedte van circa 30 cm en een diepte van 8,5 cm.

In deze bak werden met ondersteuning naast elkaar gelegd 4 pijpen met uitwendige diameters van 8, 12, 15 en 22 mm, aan begin en einde via een stopkraan verbonden met een verzamelstuk.

De leidingen waren om de 4 meter onderbroken door een T-stuk geschikt voor het inschroeven van een voeler t.b.v. temperatuurmeting.

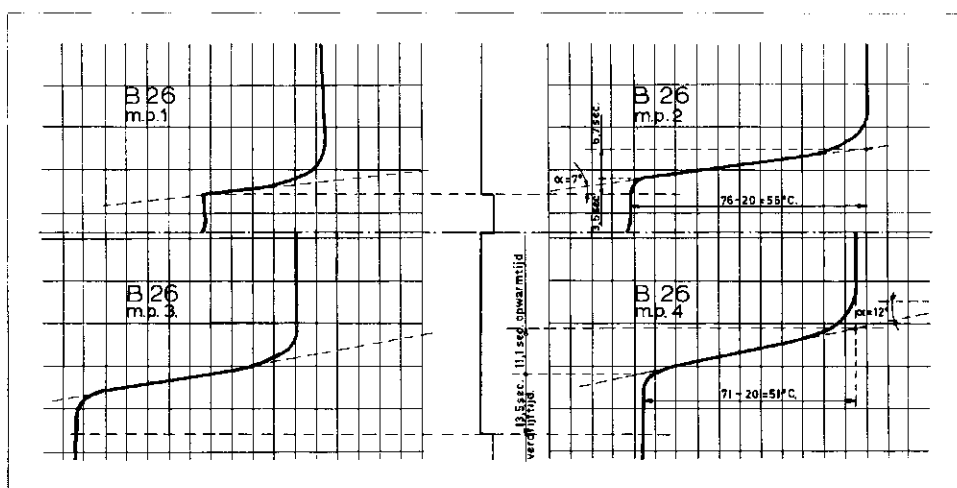
De pijplengte tussen de punten 1-2, 1-3 en 1-4 was dus resp. 4, 8 en 12 meter.

Nadat eerst metingen werden verricht met ongeïsoleerde leidingen werd één buis, te weten die van 15 mm, geïsoleerd met 2 cm porolon en werden de proeven met deze buis herhaald. De isolatie werd daarna weer verwijderd en de bak werd volgestort met beton (behalve bij de meetpunten) nadat de leidingen met papier waren omwikkeld of voorzien van een mantelbuis. Om de mantelbuizen te kunnen ombrengen moesten verbindingen worden verbroken. In lengterichting doorsnijden van de mantelbuis leek ongewenst, omdat dan betonvocht tot op de koperen buis kon doordringen, hetgeen in afwijking geweest zou zijn met de praktijk. Met deze 2e opstelling werden alle proeven herhaald.

#### 3.2. De warmwaterbron

Dit was een nabij de bak opgestelde gasboiler gecombineerd met een thermostatische mengkraan.

De mengkraan was instelbaar tot max. 45 °C zodat alleen voor die temperatuur de mengkraan gebruikt kon worden.



Afb. 1.

### 3.3. De meet- en regeltoestellen

Alle gebruikte meet- en regeltoestellen, incl. reeds eerder genoemde stopkranen en de thermostatische mengkraan, zijn weer-gegeven in afb. 2.

De proeven werden steeds per leiding uitgevoerd.

De voelers in de meetpunten 1, 2, 3 en 4 van de betreffende pijp waren dan verbonden met 2 recorders welke elk van 2 meetpunten de temperatuur van het water aangaven en registreerden als de recorder werd ingeschakeld.

Dit inschakelen van de recorder kan m.b.v. de flow-schakelaar gelijktijdig geschieden met het openen van het magneet ventiel bij de start van elke meting.

De debieten van 2, 4 en 8 ltr/min. werden, voor elke leiding steeds weer opnieuw, tevoren ingesteld m.b.v. stopkranen B en de flow-meter.

De temperatuur van  $\pm 45^\circ\text{C}$  kan door het instellen van de thermostatische mengkraan met gesloten kogelkraan F worden bereikt. Voor het instellen van de temperaturen van  $\pm 60$  en  $\pm 75^\circ\text{C}$  werd gebruik gemaakt van de kogelkranen E en F, de afvoer C en een kwikthermometer.

## 4. Uitvoering van de proeven

In het meetrapport is een beschrijving gegeven van de manier waarop de proeven werden uitgevoerd, hoe de meetgegevens zijn vastgesteld, de nauwkeurigheid waarmee dit gebeurde en welke correcties moesten worden toegepast.

In dit artikel is deze beschrijving achterwege gelaten.

## 5. Uitwerking van de opwarmproeven

### 5.1. Omschrijving van de meetresultaten

Per meting werd door 2 recorders elk met 2 schrijvers het meetresultaat op meetpapier vastgelegd.

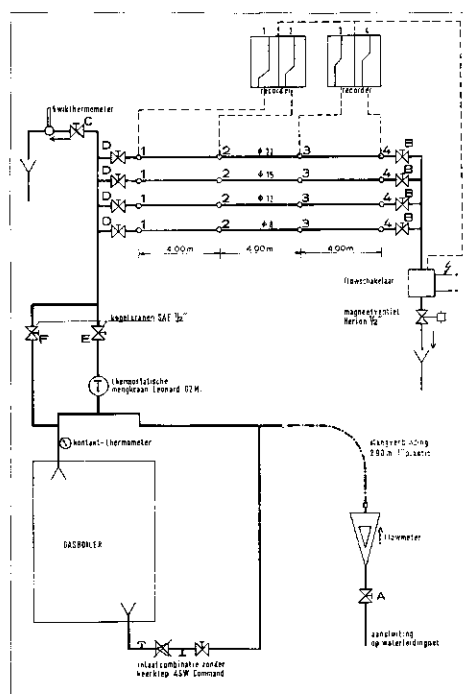
De resultaten van meting B 26, zoals deze op de recordstroken werden geregistreerd, zijn in afb. 1 weergegeven.

Het tijdstip van begin meting, d.w.z. het openen van de magneetklep, wordt weer-gegeven door de sprongen in de rechte lijnen tussen de 2 grafieken.

De andere lijnen geven de temperaturen van het water weer zoals dit werd door-gegeven door de voelers op de meetpunten 1, 2, 3 en 4, dus aan het begin van de leiding, na 4 meter, na 8 meter en na 12 meter.

Na het openen van de magneetklep loopt de temperatuur op meetpunt 1 direct op, op meetpunt 2 na enige seconden enz. De tijd welke voor elk meetpunt nodig is voordat het water de ingestelde maximum

Afb. 2.



temperatuur bereikt heeft, kan worden onderscheiden in de 'verdriftijd' en in de 'aanwarmtijd'.

Eerstgenoemde tijd is de tijd die nodig is om het koude water uit het voorliggende leidingdeel te verdrijven en is berekenbaar; de aanwarmtijd is de tijd die verstrijkt vanaf het moment dat het water t.p.v. het meetpunt in temperatuur begint te stijgen totdat de maximum temperatuur is bereikt en is niet, of althans veel moeilijker te berekenen.

De eigenlijke wachttijd is dus de som van deze 2 tijden, omdat het water voor de meeste doeleinden pas bruikbaar is als de maximum temperatuur geheel of bijna geheel is bereikt.

Tot 80 à 90 % van de eindwaarde stijgt de temperatuur vrijwel lineair; de laatste graden temperatuurverhoging gaan veel langzamer, zoals door de afrondingen der lijnen wordt weergegeven.

Omdat de gebruikers van warmwatertap-punten het water zullen gaan gebruiken zodra de temperatuur volgens hun waar-neming maximaal is, is in de verdere uit-werking de laatste 10 % temperatuur-stijging verwaarloosd indien en voor zoverre deze een meer dan evenredige tijd in beslag neemt.

Bij nadere beschouwing van de meet-resultaten kan wat betreft de uitgangs-punten van ingestelde temperaturen en debieten het navolgende worden opgemerkt:

1. de uitgangstemperatuur van  $\pm 20^\circ\text{C}$ . Deze was t.p.v. meetpunt 1 vóór de aanvang van de meting soms gestegen t.g.v. geleiding. Bij een aantal proeven was het daarom niet mogelijk de minimale wachttijd vast te stellen.

De lengte van de t.g.v. geleiding opgewarm-de kolom water kan echter slechts kort geweest zijn omdat dit anders tot uitdruk-king gekomen moest zijn in de vorm van een knik of afronding aan het begin van de opwarmlijnen van de andere meetpunten.

2. De meetwaarden van 45, 60 en  $75^\circ\text{C}$ . Gebleken is dat ondanks een juiste vóór-instelling deze temperaturen nogal eens afwijkingen vertoonden.

Met name was het vaak zo dat gedurende de eerste seconden van de proefneming water van te hoge temperatuur de proef-pijpen instroomde.

Een van de conclusies van de proefnemingen is echter dat de hoogte van de tempera-tuur niet van grote invloed is op de wacht-tijd, zodat aan deze onnauwkeurigheid verder geen aandacht besteed behoeft te worden (zie verder 5.3).

3. De ingestelde debieten van 2, 4 en 8 ltr/min.

Deze konden worden teruggerekend aan de hand van de lengte van de lijnen vanaf

aanvang meting — begin temperatuurstijging, d.w.z. aan de hand van de verdrijftijd.

Ook deze waarden bleken van meting tot meting en van meetpunt tot meetpunt nogal te variëren, omdat het water tijdens elke meting steeds 'op snelheid' moest komen. Met de uitwerking van de meetresultaten is hiermede uiteraard wel rekening gehouden.

5.2. *Uitwerking van de meetresultaten in de tabellen*

Opzet van de metingen was een verband te leggen tussen de hiervoor omschreven variabele grootheden en de wachttijd. Aanvankelijk is geprobeerd dit te doen door de tijd op te meten van begin meting tot het moment dat ± 90 % van de eindtemperatuur was bereikt.

Dit bleek niet goed doenlijk vanwege de onder 5.1 genoemde onnauwkeurigheden en andere onregelmatigheden bijv. doordat plotseling een hoeveelheidje koud water mee kwam, blijkende uit het verloop van de 'opwarmlijnen'.

Gekozen is daarom voor een splitsing in 'verdrijftijd' en 'opwarmtijd'.

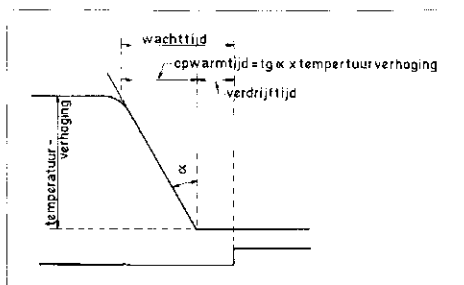
De verdrijftijd was dan tevens een maat voor het debiet.

De opwarmtijd werd bepaald door de hoek α van de opwarmlijn en de verhoging van de temperatuur volgens afb. 3.

Gebruik maken van deze hoek leek verantwoord gezien het lineaire verloop van de opwarmlijn.

Alle meetgegevens zijn verwerkt in tabellen, waarvan bij dit artikel alleen het gedeelte betreffende de proefbuis 12/10 mm ingestort in beton is opgenomen; de gegevens uit eerder genoemde meting B 26 zijn in deze tabel verwerkt.

Als toelichting op de kolommen 1 t/m 28 het navolgende:



Afb. 3.

1 - Nummering en letteraanduiding O, B of G ter onderscheiding van resp. leiding ongeïsoleerd, ingestort in beton en geïsoleerd.

3 - Q nom. l/min. waarop tevoren werd ingesteld. Gezien de onnauwkeurigheid is hier verder niet mee gewerkt.

5 en 6 - Temperatuur van het water op de meetpunten 1 en 4 nadat deze een constante waarde had bereikt.

Het verschil tussen deze 2 waarden is het blijvende temperatuurverval over 12 meter pijplengte.

De nauwkeurigheid waarmee deze met behulp van de correctie linialen en correctie factoren bepaald konden worden was niet groot.

Vergelijking van de waarde van O- en G-proeven wijzen op een zeer geringe invloed van isolatiemateriaal (hetgeen uiteraard ook is te berekenen) en vergelijking van de O- en B-proeven geven aan dat instorten in beton, ondanks de isolatie d.m.v. mantelbuis of 2 lagen papier, tot gevolg heeft een relatief groot temperatuurverval.

7 - Gemiddelde temperatuurverhoging, zijnde

$$t5 + t6$$

de afgeronde waarde van  $\frac{t5 + t6}{2} - t4$ .

8, 13, 19 en 25 - Hellingshoeken α van de opwarmlijnen van de meetpunten 1, 2, 3 en 4

van het koude water tot de meetpunten 2, 3 en 4 dus na 4, 8 en 12 meter.

12, 18 en 24 - Het volgens de voorgaande waarden berekende debiet waarmee gerekend moet worden.

Deze waarden wijken dus sterk af van Q nom. vgl. 3.

Q12 is het debiet volgend uit de gemiddelde snelheid over de eerste 8 meter leiding;

Q18 is het debiet volgend uit de gemiddelde snelheid van het water van de laatste 8 meter;

Q24 is het debiet berekend aan de hand van de gemiddelde snelheid over de laatste 4 meter pijpleiding.

Op deze wijze is zo nauwkeurig mogelijk vastgesteld wat het debiet van elke meting en op elk meetpunt geweest is gedurende de aanwarmperiode.

9, 14, 20 en 26 - Is de opwarmsnelheid van het water op de meetpunten 1, 2, 3 en 4.

11, 17 en 23 - De gemeten verdrijftijden Deze opwarmsnelheid volgt uit de hellingshoeken als genoemd onder 8, 13, 19 en 25.

10, 15, 21 en 27 - Is de opwarmtijd van het water op de 4 meetpunten berekend uit de opwarmsnelheid en de temperatuursverhoging.

Als waarde voor de temperatuursverhoging is aangehouden het gemiddelde volgens kolom 7 voor die metingen dat de temperaturen volgens 5 en 6 dicht bij elkaar liggen.

Bij de wat grotere verschillen is op basis van evenredigheid gerekend met een afnemende temperatuursverhoging over de 4 meetpunten.

16, 22 en 28 - Is het quotiënt van de lengte van het leidingdeel tot het betreffende meetpunt en het volgens het voorgaande berekende werkelijke debiet.

Deze waarde is bepaald omdat in het navolgende de opwarmtijd is gerelateerd

TABEL

proef	pijpdiam. uitw. mm	Q nom. l/min	algemeen				meetpunt 1 opwarmsnelheid		na 4 mtr = meetpunt 2		na 8 mtr = meetpunt 3		na 12 mtr = meetpunt 4														
			bij aanvang proef	constant op meetpunt 1	constant op meetpunt 4	gemidd. op-warmtemp.	hellingshoek graden	°C/sec.	tijd sec.	Q in ltr/min. gem. vlg. 17	hellingshoek graden	°C/sec.	tijd sec.	1/Q 12	gemeten in sec.	Q in ltr/min. 23 - 11	hellingshoek graden	°C/sec.	tijd sec.	1/Q 18	gemeten in sec.	Q in ltr/min. 23 - 17	hellingshoek graden	°C/sec.	tijd sec.	1/Q 24	
																											temperaturen °C
in papier	B19 12 mm	2	19,5	46,5	40,5	24	10	5,7	4,7	7,0	2,4	37	1,3	19,2	1,6716	0,8	47	0,9	25,6	4,4428	0,8	53	0,8	26,3	7,50		
	B20 12 mm	4	18,5	45,5	42,0	25	11	5,1	5,3	3,0	5,0	19	2,9	9,0	0,80	7,5	3,8	24	2,2	11,4	2,1113	0,8	30	1,7	14,1	3,53	
	B21 12 mm	8	19,5	44,0	42,0	24	—	—	—	2,5	8,4	11	5,1	4,7	0,48	4,5	8,4	12	4,7	5,1	0,95	7,0	7,5	13	4,3	5,6	1,60
	B22 12 mm	2	19,0	64,0	57,0	42	8	7,1	6,3	4,0	2,9	18	3,1	13,9	1,3813	0,8	25	2,1	19,5	4,4425	0,8	30	1,7	22,9	7,50		
	B23 12 mm	4	19,5	63,0	58,5	41	10	5,7	7,5	3,5	4,4	12	4,7	8,7	0,91	8,5	3,6	13	4,3	9,3	2,2214	0,8	15	3,7	10,5	3,53	
	B24 12 mm	8	20,0	65,0	61,0	43	7	8,1	5,6	2,5	6,9	7	8,1	5,3	0,58	5,5	6,9	8	7,1	5,9	1,16	8,0	7,5	9	6,3	6,5	1,60
	B25 12 mm	2	19,5	78,0	70,0	54	5	11,4	5,2	4,0	2,7	12	4,7	11,9	1,4814	0,8	17	3,3	16,1	4,4425	0,8	23	2,4	20,8	7,06		
	B26 12 mm	4	20,0	76,0	71,0	54	5	11,4	4,9	3,5	4,7	7	8,1	6,7	0,85	8,0	3,8	10	5,7	9,7	2,1113	0,8	12	4,7	11,1	3,53	
	B27 12 mm	8	20,0	75,5	72,0	54	5	11,4	4,8	2,5	7,5	6	9,5	5,7	0,42	5,0	8,4	6	9,5	5,6	0,95	7,0	9,4	7	8,1	6,4	1,28

aan deze delingsuitkomst. Voor de pijplengte 0 (eerste meetpunt) is deze waarde dus steeds 0 en derhalve niet aangegeven.

5.3. Verwerking van de gegevens van de tabellen

Om enig inzicht te verkrijgen in het verband tussen de variabelen waarmee met de proefmetingen is rekening gehouden en de wachttijd zijn de gegevens uit de tabellen verwerkt in evenveel grafieken als er leidingen werden beproefd.

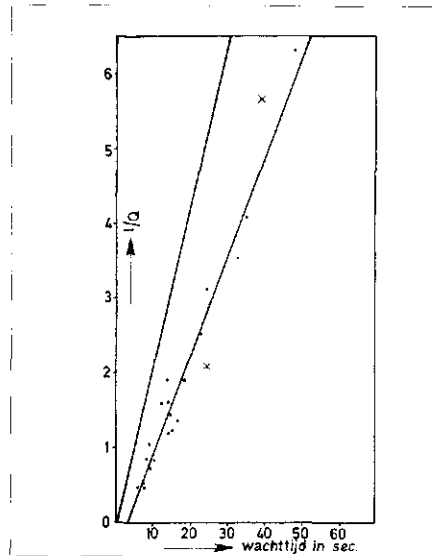
Afb. 4 heeft betrekking op de leiding 12/10 mm in beton.

Op de verticale assen is uitgezet het quotiënt  $l/Q$  tot de waarden als voor de betreffende pijp volgens de tabellen nodig was.

Op de horizontale assen is uitgezet de tijd in seconden.

De eerste schuine lijn geeft weer het verband tussen  $l/Q$  en de verdrijftijd van het koude water zoals deze uit berekening volgt. Uiteraard is deze voor eenzelfde pijpdiameter steeds recht evenredig met de pijplengte en omgekeerd evenredig met het debiet.

De opwarmtijden volgens de tabellen (dus



Afb. 4.

de kolommen 10, 15, 21 en 27) zijn ter hoogte van de bijbehorende waarde van  $l/Q$  (kolommen 16, 22 en 28) uitgezet vanaf de schuine lijnen. Aldus ontstaat een schuin omhoog lopende serie punten. Zoals reeds onder 5.1 werd opgemerkt is de invloed van de temperatuurverhoging

niet groot, hetgeen moge blijken uit de plaatsen van de punten van ongeveer gelijke temperatuurverhoging in vergelijking met elkaar.

Bij nauwkeurige bestudering is een tendens te ontdekken dat de opwarmtijd bij een opwarmtemperatuur tot  $\pm 60^\circ\text{C}$  iets korter is dan de opwarmtijden tot  $45^\circ\text{C}$  en  $75^\circ\text{C}$ . Uiteraard is de opwarmsnelheid in  $^\circ\text{C}/\text{sec.}$  groter naarmate de ingestelde temperatuur hoger is, doch aangezien dan ook de verhoging groter is resulteert een hoge temperatuur niet automatisch in een korte opwarmtijd.

Door de puntenreeksen zijn zo goed als mogelijk was rechte lijnen getrokken. Afgezien van enkele uitschieters, aangegeven als X, liggen alle punten zeer dicht bij deze rechte lijn.

Ervan uitgaande dat de uitschieters foutieve metingen zijn, hetgeen gezien de vele onzekere factoren goed denkbaar is, kan dus gesteld worden dat de rechte lijn met inachtneming van zekere toleranties het verband weergeeft tussen de wachttijd en de verhouding  $l/Q$ , waarmee dan dus de invloeden van leidinglengte, debiet en temperatuur zijn vastgesteld.

Afb. 5 - Een afdruk van het IP-blad.

I. De aanvaardbare wachttijd

De wachttijd vanaf het moment dat een warmwatertappunt wordt geopend totdat water wordt getapt van nagenoeg constante temperatuur, dient terwille van het comfort en ter voorkoming van verspilling van water en energie zo kort mogelijk te zijn. Afhankelijk van de aard van het tappunt mogen in het algemeen de wachttijden de navolgende waarden niet overschrijden.

- Voor een: keukenkraan 20 sec.
- wastafelkraan 30 sec.
- douchekraan 30 sec.
- badkraan 60 sec.

II. Bepaling van de wachttijd.

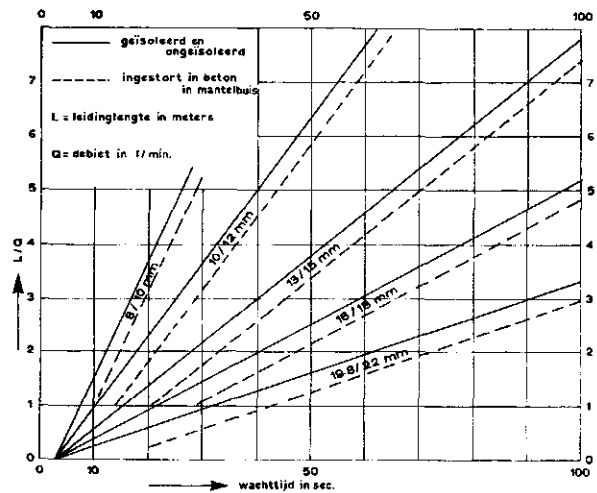
De ontwerper van een warmwaterinstallatie kan voor de verschillende warmwatertappunten met behulp van de grafieken aan de keerzijde van dit blad de hiervoor gedefinieerde wachttijden bepalen mits in het niet circulerende gedeelte van de installatie geen pijpen groter dan  $19,8/22$  mm verwerkt worden.

In de grafiek komen een aantal variabelen voor welke per installatie en per tappunt waarvoor de wachttijd wordt bepaald, op de navolgende manier vastgesteld moet worden.

Het debiet  $Q$  in l/min. is, er vanuit gaande dat de lengte van de warmwaterleidingen en dus het drukverlies in de leiding beperkt blijft, afhankelijk van de capaciteit van het warmwatertoestel of van het warmwatertappunt. Tenzij er exacte gegevens omtrent  $Q$  bekend zijn, kan worden gewerkt met waarden van  $Q$  volgens onderstaande tabel.

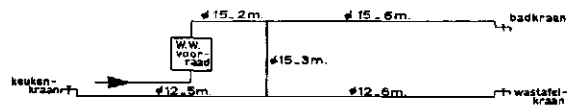
aard van het warmwatertoestel	aard van het warmwatertappunt		
	keukenkraan	douche/wastafelkr.	badkraan
keukengeiser	2 l/min	2 l/min	-
badgeiser	3 l/min	-	8 l/min
ander doorstr. app.	vlg. opgave doch $< 1$ l/min	vlg. opgave doch $< 6$ l/min	vlg. opgave doch $< 12$ l/min
voorraad toestel	3 l/min	6 l/min	12 l/min

De lengte  $L$  in meters van de warmwaterleiding gerekend vanaf het warmwatertoestel tot het tappunt volgens het ontwerp. Bestaat deze uit pijpen van verschillende diameters dan moeten 2 of meer wachttijden worden bepaald welke gesommoord de wachttijd vormen. Van gering effect op de wachttijd is de temperatuur van het water in het warmwatertoestel. Bij temperaturen lager dan  $45^\circ\text{C}$  en hoger dan  $75^\circ\text{C}$  wordt de wachttijd langer. Deze mag de onder I genoemde waarden niet overschrijden.



III. Rekenvoorbeeld.

Ben warmwaterinstallatie bestaat, schematisch weergegeven, uit de navolgende leidingen en toestellen.



- wachttijd bad  $Q=12$   $L=2+6=8$   $L/Q = 0,66$  vlg. grafiek  $T=11$  sec
- wachttijd keukenkr.  $Q=8$   $L_1=2+3=5$   $L_1/Q = 0,625$   $T_1 = 11$  sec.
- $L_2=5$   $L_2/Q = 0,625$   $T_2 = 7$  sec.  $T=18$  sec
- wachttijd wastafel  $Q=6$   $L_1=2+3=5$   $L_1/Q = 0,833$   $T_1 = 13$  sec.
- $L_2=6$   $L_2/Q = 1$   $T_2 = 10$  sec.  $T=23$  sec

N.B. Bij het bepalen van de leidingdiameters dient men uiteraard ook rekening te houden met het toelaatbare drukverlies.

Bij vergelijking van de lijnen van de 15 mm leiding geïsoleerd en ongeïsoleerd, is geen verschil waar te nemen.

Gesteld kan dus worden dat de invloed van isolatiemateriaal op de wachttijd vrijwel nihil is, als wordt uitgegaan van gelijke begintemperaturen.

De vraag is echter of dit in de praktijk ook een reëel uitgangspunt is, omdat het water in een geïsoleerde leiding minder snel zal afkoelen.

Daar staat dan weer tegenover het in het voorgaande geconstateerde verschijnsel betreffende de geringe invloed van de eindtemperatuur op de wachttijd.

Wat betreft vergelijking van de lijnen ongeïsoleerd — ingestort in beton, kan worden geconstateerd dat instorten, ondanks de aanwezigheid van een isolerende laag, een verschuiving van de lijn naar rechts ten gevolge heeft.

Instorten in beton heeft dus een ongunstige invloed op de wachttijd.

## **6. Beproevingresultaten als grondslag voor een voorschriftenblad van de TKZHW**

In afwachting op het verschijnen van landelijke voorschriften of richtlijnen zijn door de ledenbedrijven van de TKZHW over een aantal onderwerpen zogenaamde interpretatiebladen op de geldende AVWI opgesteld.

Dit is ook het geval geweest met de toelaatbare lengte van warmwaterleidingen. Om de ontwerper van een warmwaterinstallatie in staat te stellen van tevoren de vermoedelijke wachttijd vast te stellen, zijn de meetresultaten van alle beproefde pijpdiameters in een grafiek verwerkt. Bovendien is door interpolatie een lijn vastgesteld voor de diameter 16/18 mm.

