

**mededeling
nummer 110**

technische aspecten van warmwatervoorzieningen

Rapport van de KIWA-werkgroep
Technische Aspecten van Warm Water

Eindredactie: Ing. J.K.A.A. van de Lagemaat (VEEN)

KIWA N.V.
Hoofdafdeling Speurwerk
Nieuwegein, juni 1990

© 1994 KIWA N.V.

Niets uit dit drukwerk mag worden veeleelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van KIWA N.V., noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUD		Blz.
	VERANTWOORDING	7
	SAMENVATTING	15
1	INLEIDING	17
1.1	De doelmatigheid van de huidige warmwatervoorzieningen	17
1.2	Voorstudie	18
1.3	De markt voor warmwatervoorzieningen	20
1.4	Penetratie collectieve en individuele warmwaterinstallaties	21
1.5	Doelstellingen van het onderzoek	23
1.6	De aanpak	23
2	TECHNISCHE ACHTERGRONDGEGEVENS	25
2.1	Materiaal ten behoeve van warmwaterinstallaties	25
2.1.1	Materiaal ten behoeve van warmwatertoestellen	25
2.1.2	Materiaal ten behoeve van warmwaterleidingen	26
2.1.2.1	Koper	26
2.1.2.2	Kunststof	27
2.2	Wachttijden in warmwaterinstallaties	27
2.2.1	Wachttijden	28
2.2.1.1	Toestelwachttijd	29
2.2.1.2	Leidingwachttijd	29
2.3	Afkoeltijd in warmwaterleidingen	32
2.4	De lengte van warmwaterleidingen	32
3	ENERGIEVERBRUIK, KOSTEN EN MILIEU-EFFECTEN	35
3.1	Energieverbruik	35
3.1.1	Warmwaterverbruik	36
3.1.1.1	Douche- en badgebruik	39
3.1.1.2	Wastafelgebruik	39
3.1.2	Omzettingsrendement	40
3.1.2.1	Gastoestellen (factor 2,3)	40
3.1.2.2	Stadsverwarmingstoestellen (factor 87,6)	41
3.1.2.3	Elektrische toestellen (factor 22,8)	42

3.1.3	Stilstandsverliezen	43
3.1.3.1	Gastoestellen	43
3.1.3.2	Vorraadtoestellen	43
3.1.3.3	Gehanteerde stilstandsverliezen	43
3.1.4	Totaal energieverbruik	43
3.1.4.1	Gastoestellen	44
3.1.4.2	Stadsverwarmingstoestellen	44
3.1.4.3	Elektrische toestellen	44
3.2	Kosten	45
3.2.1	Energiekosten	45
3.2.2	Vaste kosten	45
3.2.2.1	Investering toestel	45
3.2.2.2	Levensduur	46
3.2.2.3	Installatiekosten	46
3.2.2.4	Onderhoudskosten	47
3.2.3	Totale kosten	47
3.3	Milieu-effecten	48
4	HET COMFORT	51
4.1	Comfortaspecten	51
4.2	Comfortklasse-indeling	51
4.3	Enquête-resultaten	55
4.3.1	Comfortklasse-indeling	56
4.3.2	Woning-kenmerken	56
4.3.3	Toestelkenmerken	56
4.4	Conclusies	61
5	DE METINGEN	63
5.1	Meetopzet	63
5.2	Meetresultaten	64
5.2.1	Aantal tappingen	64
5.2.2	Volumestroom	65
5.2.3	Temperatuur	65
5.2.4	Duur van de tappingen	65
5.2.5	Volume	66
5.2.6	Tijd tussen de tappingen	66
5.2.7	Conclusie	66

6	CONCLUSIES	71
6.1	Comfortklassen	71
6.2	Standaardprogramma	71
6.3	Samenhang	71
6.3.1	Warmwatertoestellen	72
6.3.2	Leidingconfiguratie	72
7	BRAAKLIGGEND ONDERZOEKSTERREIN	75
7.1	Comfortklassen	75
7.2	Standaardprogramma	75
7.3	Warmwatertoestellen	75
7.4	Leidingconfiguratie	75
7.5	Mengkranen en douchekoppen	76
7.6	De invloed van drukvariaties op het temperatuurverloop bij mengkranen	76
7.7	Zonne-energie ten behoeve van de warmwatervoorziening	76
7.8	Warmwatervoorziening in de toekomst	76
7.9	Collectieve voorzieningen	77
7.9.1	Circulatieleidingen	77
7.9.2	Boilerinhouden	77
8	AANBEVELINGEN	79
8.1	Comfortklassen	79
8.2	Standaardprogramma	79
8.3	Vervolgonderzoeken	79
8.4	Installatievoorschriften	79
9	LITERATUUR	81
BIJLAGEN		
Bijlage 1	- Schema van onderwerpen met betrekking tot warmwatervoorzieningen	
Bijlage 2	- Relatie wachttijd en energieverlies	
Bijlage 3	- Afkoeltijd water in koperen buizen	
Bijlage 4	- Gegevens van de verschillende meetobjecten en meetresultaten	
Bijlage 5	- Overzicht leidinglengten binneninstallaties	

Bijlage 6 - Begrippenlijst

FIGUREN

- Figuur 1 - Temperatuurverhoging water aan tappunt na opendraaien warmwaterkraan
- Figuur 2 - Nomogram voor de bepaling van de leiding wachttijd
- Figuur 3 - Inschatting van het water- en energieverbruik van warmwaterinstallaties
- Figuur 4 - Schema installatie volgens comfortklasse 1
- Figuur 5 - Schema installatie volgens comfortklasse 2a
- Figuur 6 - Schema installatie volgens comfortklasse 2b
- Figuur 7 - Schema installatie volgens comfortklasse 3
- Figuur 8 - Tijd tussen tappingsen; keukenmengkraan
- Figuur 9 - Samenhang van de verschillende factoren
- Figuur 10 - Energieverlies door afkoeling tijdens stilstand van het water in de leiding (rendement η_1)
- Figuur 11 - Temperatuurdaling van een gevulde leiding in de tijd.
- Figuur 12 - Geïsoleerde koperen leiding
- Figuur 13 - Afkoeltijd water in koperen leidingen
- Figuur 14 - Installatieschema meetlocatie Amstelveen;
- Figuur 15 - Installatieschema meetlocatie Bleiswijk; comfortklasse 2a
- Figuur 16 - Installatieschema meetlocatie Rotterdam;
- Figuur 17 - Installatieschema meetlocatie Hazerswoude;
- Figuur 18 - Aantal warmwater-tappingsen in relatie tot de volumestroom (keukenmengkraan)
- Figuur 19 - Aantal warmwater-tappingsen in relatie tot de volumestroom (douchemengkraan)
- Figuur 20 - Aantal warmwater-tappingsen in relatie tot de temperatuur (keukenmengkraan)
- Figuur 21 - Aantal warmwater-tappingsen in relatie tot de temperatuur (douchemengkraan)
- Figuur 22 - Duur van de tappingsen (keukenmengkraan)
- Figuur 23 - Duur van de tappingsen (douchemengkraan)
- Figuur 24 - Aantal tappingsen in relatie tot het volume (keukenmengkraan)
- Figuur 25 - Aantal tappingsen in relatie tot het volume

(douchemengkraan)

Figuur 26 - Tijd tussen de tappings (keukenmengkraan)

Figuur 27 - Tijd tussen de tappings (douchemengkraan)

Figuur 28 - Leidingconfiguraties

TABELLEN

Tabel 1 - Overzicht aantal warmwatertoestellen in Nederland

Tabel 2 - De verdeling van de aangetroffen
warmwaterinstallaties in comfortklassen

Tabel 3 - Inventarisatie aanwezige toestellen

Tabel 4 - Relatie tussen toestel en comfortklasse

Tabel 5 - Aantal en aard van de klachten

Tabel 6 - Verdeling van de klachten over de comfortklassen

Tabel 7 - Meer gedetailleerde verdeling van de klachten

Tabel 8 - Warmwater-tappatronen van mengkranen in 4
comfortklassen

Tabel 9 - Tijd tussen tappings

Tabel 10 - Tijd tussen tappings (samenvatting tapfrequenties
in de 4 comfortklassen)

Tabel 11 - Factor C voor niet geïsoleerde koperen leidingen

Tabel 12 - Factor C voor geïsoleerde (ca. 2 cm) koperen
leidingen

Tabel 13 - Aantal warmwater-tappings in relatie tot de
volumestroom

Tabel 14 - Aantal warmwater-tappings in relatie tot de
temperatuur

Tabel 15 - Duur van de tappings

Tabel 16 - Aantal tappings in relatie tot het volume

Tabel 17 - Tijd tussen de tappings

Tabel 18 - Meetgegevens van één dag van één woning

Tabel 19 - Overzicht leidinglengten binneninstallaties

VERANTWOORDING

Op verzoek van de Commissie Distributie van KIWA werd in 1976 een voorstudie uitgevoerd, waarin alle facetten van de warmwaterproblematiek aan de orde zouden komen.

Onder voorzitterschap van ir. G.A.P. Schellekens (secretaris Samenwerkende Provinciale Nutsbedrijven Limagas, PLEM en N.V. Waterleiding Maatschappij Limburg) werd de voorstudie uitgevoerd door:

ing. M. Sollman, KIWA

ing. W. Kleine, Duinwaterleiding van 's Gravenhage

ing. G.A. Heintges (secretaris), N.V. Waterleiding Maatschappij
Limburg

ing. H.L. van Dijk, N.V. Waterleiding Maatschappij N.W. Brabant

ing. G.J. Jongens, Gas- en Waterbedrijf Amstelveen.

In december 1976 werd het resultaat van deze studie besproken in de vergadering van de KIWA-Commissie Distributie. Na ingewonnen advies van onder andere het L.I.C. (Landelijk Inspectie Contact van de VEWIN) werd in januari 1978 de Werkgroep Warmwatervoorziening van KIWA gevormd.

Uitgangspunten voor de werkgroep waren:

- na te gaan aan welke voorwaarden moet worden voldaan voor een optimale warmwatervoorziening. Met andere woorden op welke wijze wordt tegen zo gering mogelijke kosten de beste warmwatervoorziening verkregen
- geen onderzoek te verrichten dat reeds elders is, of wordt, verricht
- zorg te dragen voor een objectieve benadering

De samenstelling daarvan diende zodanig te zijn dat de belangrijkste belanghebbende groeperingen hierin verenigd werden om daardoor een integrale aanpak te bewerkstelligen. In de werkgroep werd derhalve deelgenomen door vertegenwoordigers van: C.R.B. (Commissie Rationalisatie Beleggingsobjecten), VEEN, VEG-GASINSTITUUT, VEWIN

(KIWA) en VESTIN. In 1984 heeft de C.R.B. zich teruggetrokken wegens tijdgebrek.

Inmiddels was ook de Werkgroep Hygiënische Aspecten Warm Water geformeerd, waardoor de naam van de Werkgroep Warmwatervoorziening werd gewijzigd in: Werkgroep Technische Aspecten Warmwatervoorzieningen.

Tijdens de samenstelling van deze eindrapportage was de werkgroep als volgt geformeerd:

VEEN: ing. Th.L. van den Heuvel
 ing. J. van de Lagemaat
 M. de Vries

VEG-GASINSTITUUT: ir. Th.C.M. Muselaers
 ing. G.J. Jongens

VEWIN: ir. G.A.P. Schellekens (voorzitter)
 ing. A.C.M. Schreur
 ing. J. de Groot
 ing. J. Voorneveld
 ing. J. Bongers

VESTIN: ing. F. Dielesen

KIWA N.V.: ir. J.T. van der Zwan
 G.H. Ekkers (secretaris).

In de periode van januari 1978 tot december 1989 is de werkgroep 49 keer bijeen geweest.

Wegens mutaties bij de vertegenwoordigers van de diverse verenigingen hebben de volgende personen voor een langere of kortere periode in de werkgroep zitting gehad:

namens CRB: ir. T.C. Hoolsema
 W. Strobbe
 J.M.G. Loots

namens VEG-GASINSTITUUT: ing. D.J. van de Spek
 ing. D.F. Heeneman
 ing. P.Th.J. Overman
 ing. A. Kooiman

namens VEEN: ir. M.C.W. Moerdijk

namens VEWIN: ing. W. Kleine

namens KIWA N.V.: ing. M. Sollman
 ing. P.J. van Winsen

Als projectleiders fungeerden de volgende KIWA-medewerkers:
ing. M. Sollman en ir. J.T. van der Zwan.

Met de Commissie Distributie had de voorzitter regelmatig contact.

Rapportages

De volgende rapportages werden uitgebracht.

1. In december 1982 een interim-rapport, waarin de achtergronden bij het opstellen van aanwijzingen voor de warmwatervoorziening in woningen opnieuw uitvoerig werden belicht. Verder werden de verrichte studies geïntegreerd, de noodzaak van een meetprogramma aangegeven en een voorstel gedaan tot het maken van financieringsafspraken.
2. In oktober 1984 was een uitgewerkt werkplan met betrekking tot het meetprogramma samengesteld. Hierin werd onder andere aangegeven welke apparatuur voor het uitvoeren van deze metingen benodigd was. Het meetprogramma zou in 2 fasen worden uitgevoerd.
 - De eerste fase, de meest uitgebreide, zou bestaan uit:
 - . metingen in geselecteerde eengezinswoningen
 - . metingen aan een model-binnenleidingnet
 - . metingen in aangepaste eengezinswoningen
 - . rendementsmetingen c.q. -berekeningen
 - . verwerking meetgegevens
 - . interpretatie resultaten
 - . samenstelling eindrapportage.
 - De tweede fase zou betrekking hebben op het meten van collectieve warmwaterinstallaties in flatgebouwen, bejaardentehuizen, verpleegtehuizen, etc.

- De uitvoering van het totale meetprogramma werd gesteld op circa 3 jaar.

Publikaties, medewerking cursussen

Naast bovenstaande rapportages vond een aantal publikaties plaats en werd medewerking verleend aan cursussen en voorlichtingsrapporten en werden adviezen verstrekt.

- In 1982 werd in de tijdschriften H_2O , Installatie en Verwarming en Ventilatie een artikel opgenomen over comforteisen bij het ontwerpen van een doelmatige warmwaterbereiding.

Een nieuw element in dit artikel was de voorlopige indeling van de warmwaterinstallaties in een drietal comfortklassen. Met een dergelijke indeling moet het mogelijk zijn om zonodig bestaande installaties aan te passen en bij nieuwe installaties direct tot een goede keuze in uitvoering te komen.

Teneinde een dergelijke indeling op bestaande installaties te toetsen is een enquête gehouden onder ruim duizend gezinnen. Tevens werd met de enquête geïnformeerd naar de mening over het functioneren van de installatie, zoals onder andere voldoende warm water, wachttijden, etc.

Verder werd gevraagd een opgave te verstrekken waaruit de installatie bestaat.

De resultaten bevestigen de voorlopig gehanteerde indeling van de comfortklassen, doch gaven tevens aan dat aan de doelmatigheid van de installaties nog wel het nodige kan worden gedaan.

De resultaten van deze enquête zijn in 1984 gepubliceerd in de tijdschriften H_2O , Verwarming en Ventilatie.

- Aan de samenstellers van de werkbladen ten behoeve van de AVWI werd verzocht in de voorschriften op te nemen dat een aparte warmwaterleiding van het warmwatertoestel naar het keukentappunt wordt toegepast met een kleinere diameter.
- Medewerking werd verleend aan een cursus warmwatervoorziening ten behoeve van medewerkers van de energie- en waterleidingbedrijven

en van installateurs. De cursus werd georganiseerd door NEOM - B.V., VEEN, VEWIN en VEG-GASINSTITUUT N.V.

- In 1985 hield de voorzitter van de werkgroep een inleiding over het onderwerp: "Technische en economische aspecten van warmwatervoorzieningen" in het kader van de postacademische cursus "Distributie van Drinkwater" aan de TU te Delft.
- Medewerking werd in 1986 en 1987 verleend aan de samenstelling van een nieuw voorlichtingsrapport van VEG-GASINSTITUUT N.V. "Installaties voor individuele warmwatervoorziening in woningen", deel I en deel II.
Naar aanleiding van deze rapporten werd in een publikatie in het vakblad Installatie aandacht besteed aan de aparte warmwaterleiding met kleinere diameter van het warmwatertoestel naar het keukentappunt.

Metingen

Nadat de deelnemende verenigingen akkoord waren gegaan met een bijdrage in het kader van het meetprogramma en de benodigde apparatuur was aangeschaft door Duinwaterleiding van 's Gravenhage en KIWA, werden de eerste metingen verricht in een woning te Bleiswijk in oktober 1986. Vervolgens werden in 3 andere geselecteerde woningen metingen verricht, waarvan de laatste in mei 1989 te Amstelveen. Onderdeel van de selectie was dat het gezin moest bestaan uit 4 personen en de installatie moest overeenkomen met één van de door de Werkgroep voorgestelde comfortklassen. Er werd gedurende ten minste 1 week per installatie gemeten.

Voor het uitvoeren van deze metingen werden door VEEN, VEG-GASINSTITUUT, VESTIN en VEWIN de benodigde gelden beschikbaar gesteld.

Zoals in het werkplan was aangegeven, zou tot de eerste fase van de metingen behoren het meten in geselecteerde eengezinswoningen om vervolgens uit deze gegevens een model-binnenleidingnet te ontwikkelen en aan te brengen bij een der instituten om uitvoerige metingen te verrichten. Hierdoor zouden meer gegevens zijn te verkrijgen

van diverse mengkranen, douchekoppen, hoeveelheidsregelaars, doorstroombegrenzers, etc., doch ook de invloed van de diverse warmwatertoestellen op de installatie.

Beëindigen werkzaamheden

Eind 1987 kreeg de werkgroep echter bericht van de VEWIN dat, wegens hogere prioriteiten van andere onderzoeken, in het meerjarrenplan 1988-1992 minder onderzoek op het gebied van de technische aspecten van warm water kon worden gedaan en dat het daarom noodzakelijk was het onderzoek spoedig af te ronden.

De werkgroep heeft met spijt de beslissing van de VEWIN moeten accepteren. Vooral met spijt, omdat juist nu met de samenstelling en metingen aan een model-installatie bij een der instituten belangrijke gegevens waren te verkrijgen die gebruikt kunnen worden bij het samenstellen van keuringseisen voor mengkranen, douchekoppen, hoeveelheidsregelaars en doorstroombegrenzers, doch in het bijzonder voor het realiseren van de nodige doelmatigheidseisen voor de aanleg van warmwaterinstallaties. Doelmatige installaties mogen de klanten van de energie- en waterbedrijven verwachten, vooral als zuinig met energie en water moet worden omgegaan.

De werkgroep hoopt dat bij een der instituten één of meer afstudeeropdrachten aan model-installaties zullen worden verstrekt.

Zoals uit het voorgaande blijkt is door de Werkgroep Warm Water van meet af aan gesteld dat de consument uitsluitend gebaat is met een *goede warmwatervoorziening als geheel* en niet met goede onderdelen ervan.

Het was en is verheugend dat die visie door de deelnemende organisaties werd overgenomen zowel qua personele deelname en ondersteuning als later ook qua financiële participatie in het onderzoek.

Tijdens het bestaan van de werkgroep kon geconstateerd worden, zoals eveneens hiervoor is gememoreerd, dat de afzonderlijke verenigingen toch ook parallel met het publiceren door de werkgroep

zelf naar buiten traden met publikaties. Weliswaar werd dan steeds in goed overleg met de werkgroep ervoor zorg gedragen dat er een goede afstemming plaatsvond en werd ook verwezen naar de werkgroep, het etiket bleef toch het etiket van de betreffende vereniging of het betreffende instituut.

Mede op grond van deze constateringën werden de verenigingen geadviseerd om met betrekking tot onderwerpen als de warmwatervoorziening niet alleen samen te werken maar ook onder één vlag naar buiten te treden, zodat de consument zich verzekerd weet van een eenduidige advisering.

De werkgroep is verheugd dat zij signalen heeft mogen ontvangen vanuit de verenigingen waaruit blijkt dat in de toekomst de warmwatervoorziening mogelijk een aandachtsterrein zal zijn van het OON (Overlegorgaan Nutsbedrijven) en dat KIWA het voortouw daarbij heeft genomen door dit rapport van de werkgroep te voorzien van een omslag waaruit direct blijkt dat de warmwatervoorziening een aandachtsterrein van VEEN, VEGIN, VESTIN, en VEWIN.

Tot slot kan gemeld worden dat de werkgroep, bestaande uit vertegenwoordigers van diverse verenigingen en instituten, op een prettige samenwerking terugziet. De werkgroep spreekt de hoop uit dat een dergelijke samenwerking in de toekomst ook voor andere onderzoeksterreinen zal plaatsvinden.

SAMENVATTING

In januari 1978 werd de Werkgroep warmwatervoorziening van KIWA geïnstalleerd. Aanleiding voor het instellen van deze werkgroep waren klachten over warmwatervoorziening. Bij de behandeling van deze klachten bestond er behoefte aan een gezamenlijke aanpak vanuit de gas-, water- en elektriciteitsbedrijven.

In eerste instantie heeft de werkgroep een voorstudie uitgevoerd waarbij een analyse is gemaakt van de warmwaterinstallaties. Vanuit deze voorstudie kwam men tot de conclusie dat een geïntegreerde aanpak noodzakelijk was. Enerzijds bestond er behoefte aan een gezamenlijk standaard-tapprogramma en anderzijds kwam men tot de conclusie dat het goed was om een indeling te maken in zogenaamde comfortklassen.

Om te komen tot een standaard-tapprogramma is een meetopzet gemaakt om het tapgedrag van verbruikers te registreren. Deze meetopzet heeft de werkgroep geleerd dat het op grote schaal meten van tappatronen vrijwel onmogelijk is. Uiteindelijk zijn de gegevens uit de metingen die in het kader van de meetopzet zijn gedaan, gebruikt om voorzichtige conclusies te trekken met betrekking tot het tapgedrag van gebruikers. Gezien het geringe aantal meetobjecten kon alleen een conclusie worden getrokken met betrekking tot het tapgedrag bij keukentappunt.

Binnen de werkgroep zijn comfortklassen geformuleerd die gehanteerd kunnen worden bij de voorlichting door nutsbedrijven en mogelijk ook installatiebedrijven. Ook kunnen de comfortklassen worden gebruikt bij het formuleren van eisen voor het ontwerpen van installaties.

Met betrekking tot de voorlichtingsactiviteit kan gemeld worden dat VEGIN, VEEN en VEWIN in samenwerking met NOVEM een voorlichtingspakket hebben ontwikkeld voor de warmwatervoorziening. Dit voorlichtingspakket bestaat uit een warmwaterbrochure, een rekenblok en

een toesteloverzicht. Voor het gebruik van deze voorlichtingsmaterialen is een cursus georganiseerd voor de medewerkers van de gas-, water- en elektriciteitsbedrijven.

De werkgroep beveelt aan de comfortklassen te verwerken in de installatievoorschriften.

De werkgroep is tot de conclusie gekomen dat een warmwaterinstallatie altijd in haar geheel moet worden beoordeeld. Het beoordelen van alleen de toestellen of alleen de leidingen en appendages, leidt tot een onvolledig beeld.

Verder heeft de werkgroep moeten constateren dat er nog veel braakliggend onderzoeksterrein is en beveelt aan nog na te gaan welke onderzoeksterreinen in eerste instantie moeten worden verkend.

1 INLEIDING

1.1 De doelmatigheid van de huidige warmwatervoorzieningen

Warm water in huis wordt tegenwoordig als heel vanzelfsprekend beschouwd. De meeste mensen zijn ook redelijk tevreden met hun installatie. Goed, er zijn wel eens wat beperkingen, maar daar went men aan; men past zijn gedrag wat aan en accepteert de situatie. Bij nieuwbouw is veelal niet eens sprake van een keuzemogelijkheid; men accepteert ook hier het aangeboden gewoon als een gegeven. Is de installatie of een deel daarvan aan vervanging toe dan levert de vakman graag de nodige documentatie over allerlei aantrekkelijke apparaten en wil daarbij ook graag de consument goed adviseren. Maar wat in de specifieke situatie de beste keuze is, is in de praktijk, ook voor de vakman, heel moeilijk te zeggen. Natuurlijk is er wel veel kennis en ervaring, maar het ontbreekt aan goede ontwerprichtlijnen, die zijn gebaseerd op de comfort-eisen van de klant. Daarbij zouden, voorafgaand aan de definitieve keuze, de consequenties van de verschillende keuzemogelijkheden de revue moeten zijn gepasseerd. De klant kan dan zelf vaststellen of hij de consequenties van zijn keuze (kosten) aanvaardbaar vindt.

Dit alles is in de huidige situatie onvoldoende het geval. De comfort aspecten zijn (nog) niet expliciet in de ontwerpspecificaties opgenomen. Overigens moet worden opgemerkt dat de comfortbeleving zelf ook geen constante factor behoeft te zijn en nogal van de situatie afhankelijk is. Zo kunnen veranderende opvattingen en gewijzigde gezinsomstandigheden van invloed zijn op de wijze waarop men het comfort van de eigen warmwatervoorziening ervaart.

Het comfort van de warmwatervoorziening wordt door een aantal aspecten beïnvloed:

- *Temperatuurschommelingen* ten gevolge van gelijktijdig gebruik van verschillende tappunten. Zeker in die gevallen waarbij alleen een keukengeiser de douche en de andere tappunten van warm water moet voorzien kunnen in dit opzicht problemen optreden. Bij het

douchen wordt dan hinder ondervonden door het elders tappen van warm water en/of koud water. Dergelijke taferelen spelen zich, zij het in het algemeen met wat minder temperatuurverschil, ook af in de collectieve warmwaterinstallatie van flats. Een ingestelde warmwatertemperatuur voor douchegebruik kan dan hinderlijk verstoord worden door koud- of warmwatergebruik van de burens.

- *Wachttijd* ten gevolge van toestel en/of leidingen. Deze wachttijd is soms erg lang. Daarbij komt dan nog het gevoel water (en energie) te verspillen.
- *Volumestroom* voor de warmwatervoorziening. Soms komt er minder warm water uit de kraan dan men op dat moment nodig heeft. Ook komt het voor dat het warmwatervoorraadtoestel na een aantal douches en/of baden "leeg" is.

Zijn er nooit problemen met de warmwatervoorziening dan zou de installatie wel eens te ruim bemeten (en dus eigenlijk te duur) kunnen zijn.

De mate van tevredenheid over de warmwatervoorziening wordt dus bepaald door wat de installatie kan en wat de gebruiker wenst.

De indruk bestaat dat er door een niet optimale aanleg en keuze van de warmwaterinstallatie vaak niet onbelangrijke energie- en waterverliezen optreden. Ook wordt reeds bij geringe temperatuurfluctuaties het comfort al behoorlijk belemmerd.

Eventuele onvolkomenheden in de installatie zijn veelal te voorkomen door uit te gaan van een adequaat ontwerp, steunend op aan de praktijk ontleende basisgegevens.

1.2 Voorstudie

Vele verzoeken om advies, in verband met het niet naar behoren functioneren van warmwatervoorzieningen, waren in de zeventiger jaren voor de Commissie Distributie van KIWA aanleiding om een voorstudie te laten verrichten, waarin de warmwaterproblematiek in al zijn facetten aan de orde zou komen.

Uitgangspunten hierbij waren:

- na te gaan aan welke voorwaarden moet worden voldaan voor een optimale warmwatervoorziening. Met andere woorden op welke wijze wordt tegen zo gering mogelijke kosten de beste warmwatervoorziening verkregen.
- geen onderzoek te verrichten dat reeds elders is, of wordt, verricht
- zorg te dragen voor een objectieve benadering

De technische en economische aspecten werden in een schema aangegeven (zie bijlage 1). Hieruit blijkt al dat het om een groot aantal aspecten gaat. Het aantal variabelen bleek zodanig dat een optimalisatie, zonder bepaalde keuzen vooraf, eigenlijk niet tot de mogelijkheden behoorde.

Geconstateerd werd verder dat nergens is vastgelegd aan welke eisen een warmwatervoorziening moet voldoen. Voor onderdelen zijn die eisen er wel, maar van afstemming van de eisen op elkaar is niet of nauwelijks sprake. Omdat een warmwatervoorziening daar echter wel op beoordeeld wordt en niet zozeer op het functioneren van de afzonderlijke onderdelen, werd aanbevolen tot een zo goed mogelijk geïntegreerde aanpak te komen.

Als belangrijk punt uit de voorstudie bleek ook dat veel meer inzicht van het werkelijke "warmwaterverbruik" noodzakelijk was.

Het probleem voor een ieder, die zich tot nu toe met warmwatervoorziening heeft beziggehouden, was vooral het ontbreken van eenduidige goede basisgegevens. Daardoor is het moeilijk, zo niet onmogelijk, de resultaten van studies, zoals die onder andere verricht zijn door VEGIN, VEEN, VEG-GASINSTITUUT en diverse buitenlandse instituten, met elkaar te vergelijken.

Teneinde meer duidelijkheid te krijgen en een betere basis werd vervolgens een KIWA-werkgroep Technische Aspecten Warm Water ingesteld. In verband met de verschillende belangen en de reeds genoemde wens om tot een geïntegreerde aanpak te komen, werd destijds gekozen voor een samenstelling bestaande uit vertegenwoordigers van de gas-, water- en elektriciteitsbedrijven en de CRB (Commissie Rationalisatie Beleggingsobjecten). De vertegenwoordigers van de CRB hebben zich in verband met tijdgebrek in 1984 moeten terugtrekken terwijl tijdens de rit een vertegenwoordiger van de stadsverwarmingsbedrijven is toegetreden.

De belangen bestonden uiteraard niet alleen uit het feit dat deze instellingen met vergelijkbare klachten werden geconfronteerd. Het aantal installaties, de verscheidenheid van de voorzieningen en de kosten die er (jaarlijks) mee gemoeid zijn, rechtvaardigden op zich al nader onderzoek. Een inventarisatie van de markt op het gebied van warmwatervoorzieningen was nodig. Daarmee zou ook duidelijk worden op welke toepassingsgebieden de werkgroep zich bij uitstek zou moeten richten.

1.3 De markt voor warmwatervoorzieningen

De gasbedrijven geven jaarlijks publikaties uit over de ontwikkelingen op het gebied van de warmwatertoepassingen.

Uit het meest recente onderzoek [1] zijn de volgende gegevens afkomstig:

In tabel 1 is aangegeven welke warmwatertoestellen er in 1988 in de ongeveer 5,5 miljoen Nederlandse woningen waren geïnstalleerd.

In totaal zijn er 6,2 miljoen toestellen aanwezig.

Het merendeel van de keukengeisers en de elektrische voorraadtoestellen is als huurtoestel in beheer bij de nutsbedrijven.

De indruk bestaat dat vooral de combi-toestellen aan populariteit winnen, ten koste van de keukengeiser en het gasvoorraadtoestel.

Uitgaande van 5,5 miljoen warmwaterinstallaties en van een schatting van de totale jaarlijkse kosten per installatie, inclusief het energie- en watergebruik van f 300,-- per jaar, kunnen de jaarlijkse kosten in Nederland voor de warmwatervoorziening gesteld worden op 1 à 1½ miljard gulden.

Tabel 1 - Overzicht aantal warmwatertoestellen in Nederland

<u>Individueel gestookt met gas:</u>	totaal	4.882.000	
waarvan:			
keukengeisers		2.364.000	(38 %)
badgeisers		1.064.000	(17 %)
gasvoorraadtoestellen		411.000	(7 %)
combi-toestellen		1.043.000	(17 %)
<u>Elektrische toestellen:</u>	totaal	982.000	
waarvan:			
elektrische voorraadtoestellen		944.000	(15 %)
elektrische geisers		38.000	(1 %)
<u>Collectieve installaties:</u>	totaal	330.000	(5 %)

1.4 Penetratie collectieve en individuele warmwaterinstallaties

De definitie van een individuele warmwatervoorziening luidt: warmwaterinstallatie ten behoeve van één wooneenheid.

De definitie van een collectieve warmwatervoorziening luidt dan: warmwaterinstallatie ten behoeve van meer dan één wooneenheid.

In de toekomst zullen overwegend eengezinswoningen worden gebouwd. Daarnaast zullen in de gestapelde bouw voornamelijk kleinere wooneenheden worden gebouwd. De verhouding is 85 % eengezinswoningen ten opzichte van 15 % gestapelde bouw.

Uit metingen [2] is gebleken dat bij collectieve warmwatervoorzieningen het warmwaterverbruik aanzienlijk groter is dan bij individuele warmwatervoorzieningen. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat collectieve installaties geen beperkingen kennen. Bij een goed functionerende collectieve warmwatervoorziening is het comfort weliswaar groot, maar energiebesparing en verstandig watergebruik worden niet bevorderd. Dit is het geval wanneer er geen individuele energie- en volumemeting plaatsvindt.

Uit het gevoerde overleg met beleggers, het Ministerie van Volkshuisvesting, de Nationale Woningraad en woningbouwcorporaties valt af te leiden dat niet verwacht moet worden dat collectieve warmwatervoorzieningen, met niet-gemeten verbruik per woning, in de toekomst meer dan thans het geval is, zullen worden toegepast. Door de, na 1973, aanzienlijk gestegen energieprijzen wordt gestreefd naar individuele meting.

De verwachting bestaat dat in de te bouwen eengezinswoningen en te bouwen flats overwegend individuele warmwatervoorzieningen zullen worden geïnstalleerd.

Collectieve warmwatervoorzieningen zullen minder worden toegepast. Alleen in bestaande bouw, waarbij een collectieve installatie aanwezig is, wordt bij vervanging wellicht voor eenzelfde installatie gekozen. Ook bij een dergelijke collectieve warmwatervoorziening blijft de wens en de mogelijkheid bestaan om op individuele basis het energie- en waterverbruik te meten.

De conclusie lijkt gerechtvaardigd dat de tendens naar individuele warmwatervoorzieningen overheerst. Toch is het noodzakelijk om naast de aandacht aan de individuele warmwaterinstallaties ook nog enige aandacht aan de collectieve installaties te besteden. Hierbij speelt ook een rol dat het voor luxe woonflats, onder bepaalde omstandigheden, aantrekkelijk kan zijn een collectieve warmwaterinstallatie aan te leggen. Deze gedachte is gebaseerd op een vergelijking van de kosten van een collectieve warmwatervoorziening in een flatgebouw met de kosten voor de individuele warmwaterinstallatie zonder enige comfortbeperking in hetzelfde flatgebouw. Zowel de aanlegkosten als de jaarlijkse kosten voor de individuele installatie zijn namelijk hoger dan die voor de collectieve installatie, uitgaande van een gelijk volume warm water in eenzelfde periode.

1.5 Doelstellingen van het onderzoek

Door de werkgroep werden in eerste instantie de volgende doelstellingen geformuleerd:

1. Het opstellen van nieuwe en verbeterde doelmatigheids- en ontwerpeisen voor warmwaterinstallaties.
2. Het opstellen van ontwerp- en beoordelingseisen ten aanzien van de hygiënische betrouwbaarheid van warmwaterinstallaties.

Het tweede onderwerp werd echter naderhand ondergebracht bij een daartoe meer geschikte werkgroep, namelijk de KIWA-werkgroep Hygiënische Aspecten van Warm Water. De Werkgroep Warm Water werd vanaf dat moment dus eigenlijk de Werkgroep Technische Aspecten van Warm Water.

Ten aanzien van het overgebleven onderwerp - de "technische kwaliteit" van de installatie - werd onderscheid gemaakt tussen een aantal onderdelen, waarover specifiek uitspraken gewenst waren, te weten:

- a. het beschikbare volume, de volumestroom en de gewenste temperatuur van het warme water
- b. het type warmwatertoestel en het vermogen ervan
- c. de plaats van het warmwatertoestel
- d. de middellijnen, de lengten, de materialen, het geluid van en de watersnelheden in leidingen en taptoestellen
- e. de benodigde energie, het rendement en de onderhoudskosten van de warmwaterinstallatie.

Ontwerp- en constructieeisen die te maken hebben met hygiënische aspecten worden behandeld door de Werkgroep Hygiënische Aspecten van Warm Water.

1.6 De aanpak

Om aan te geven wat het ontwerpen van een optimale installatie inhoudt - met andere woorden op welke wijze tegen de laagste kosten een installatie ontworpen moet worden die aan de te stellen eisen

voldoet - was inzicht in al de in het voorgaande genoemde aspecten nodig.

Om voldoende inzicht te krijgen in deze aspecten en daar vervolgens iets mee te doen was het nodig om een aantal comforteisen nader te beschouwen en te formuleren.

Er was daarbij een aantal technische achtergrondgegevens nodig om bijvoorbeeld de consequenties van de plaats van een warmwatertoestel met name ten aanzien van de optredende wachttijden na te kunnen gaan. Maar het voorhanden hebben van alleen deze informatie was niet voldoende. Voor een doelmatig ontwerp is vooral ook kennis en inzicht nodig over het warmwatertapgedrag van de consument.

Een meetprogramma om achter dat gedrag te komen was onontbeerlijk. Om daar in de praktijk ook nog iets mee te kunnen doen werd het bovendien nodig geacht om de gevonden tappatronen terug te brengen tot een aanvaardbaar aantal standaard tapprogramma's.

In eerste instantie moest een dergelijk meetprogramma zijn afgestemd op eengezinswoningen, voorzien van individuele warmwatervoorzieningen (zie paragraaf 1.3).

Om de stand van zaken binnen het project en de achtergronden van het voorgestelde meetprogramma toe te lichten heeft de werkgroep in 1982 een interimrapport [3] uitgebracht. Het doel van dit rapport was om een aantal overwegingen bij het opstellen van aanwijzingen voor warmwatervoorzieningen in woningen nader te belichten. Daarbij behoorde ook het formuleren van de comforteisen waaraan een doelmatige warmwaterinstallatie moet voldoen.

Gekozen is toen voor een comfortklasse-indeling om het verschil in financiële mogelijkheden en het verschil in gewenst comfort tot uitdrukking te brengen. Deze comfortklasse-indeling had een voorlopig karakter en moest nog worden getoetst.

De werkgroep heeft daartoe in 1983-1984 een enquête gehouden onder ruim duizend gezinnen. Bovendien werd door reacties op het interimrapport en op enkele artikelen in vaktijdschriften van fabrikanten in een vroeg stadium een indruk verkregen over het praktische nut van een indeling in comfortklassen.

2 TECHNISCHE ACHTERGRONDGEGEVENS

In paragraaf 1.6 van de inleiding is al gesproken over het nut van een aantal technische achtergrondgegevens.

Het gaat dan om de volgende gegevens:

- materiaal ten behoeve van warmwaterleidingen
- energieverliezen en wachttijden in al of niet geïsoleerde warmwaterleidingen
- de afkoeltijd van water in de leidingen
- isolatiematerialen voor warmwaterleidingen
- de lengte van warmwaterleidingen

Deze aspecten worden in het navolgende besproken.

2.1 Materiaal ten behoeve van warmwaterinstallaties

2.1.1 Materiaal ten behoeve van warmwatertoestellen

Aan materialen die gebruikt worden voor de produktie van warmwatertoestellen dienen in verband met temperatuurwisselingen en daarbij behorende drukwisselingen hoge eisen te worden gesteld aan de mechanische sterkte. De materialen die in contact komen met het drinkwater mogen geen stoffen afgeven die de drinkwaterkwaliteit nadelig kunnen beïnvloeden. Dit geldt met name voor het bekledingsmateriaal aan de binnenzijde van de ketel van voorraadtoestellen.

Uitgangspunt dient te zijn dat het warme water, afgezien van de gestelde eis met betrekking tot de temperatuur, voldoet aan de drinkwaterkwaliteitsnorm volgens de EG-richtlijn en het Waterleidingbesluit.

Voor een goede en duurzame werking van een toestel dienen de materiaalkeuze en de constructie met elkaar in overeenstemming te zijn. Ongunstige combinaties van metalen die elkaars levensduur kunnen verkorten, dienen te worden vermeden.

Materialen die gebruikt worden voor bijvoorbeeld warmtewisselaars dienen bij voorkeur uit één stuk, dat wil zeggen zonder extra las- of hardsoldeer-verbindingen, te worden uitgevoerd.

Voor de drinkwaterzijdige kant van warmwatertoestellen met indirecte verwarming bedoeld voor huishoudelijk verbruik in individuele woningen zijn KIWA-criteria nr. 29 (15 maart 1984) en het bijbehorende wijzigingsblad [4, 5] van toepassing. Hierin zijn eisen geformuleerd met betrekking tot materiaal, ontwerp en uitvoering.

2.1.2 Materiaal ten behoeve van warmwaterleidingen

In het algemeen worden in Nederland koperen buizen toegepast in warmwaterinstallaties. Daarnaast wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van bepaalde kunststof buizen. Van beide toepassingsgebieden volgt hierna een aantal aspecten.

2.1.2.1 Koper

Indien koperen buizen worden toegepast in warmwaterinstallaties, moeten deze buizen voldoen aan de kwaliteitseisen no. 57 van KIWA. Koperen buizen zijn verkrijgbaar in:

- halfharde kwaliteit in rechte lengten van 5 m met een middellijn tot en met 133 mm
- zachte kwaliteit tot en met een middellijn van 22 mm op rollen van 25 m lengte.

Bij de aanleg van warmwaterleidingen moet, in verband met temperatuurwisselingen, terdege rekening worden gehouden met lengteveranderingen.

Wanneer leidingen ongehinderd hun uitzetting respectievelijk krimp kunnen ondergaan treden geen extra spanningen in het materiaal op. In normale gevallen zullen de verbindingen worden zachtgesoldeerd waarbij het aan te bevelen is in verband met de sterkte bij hogere temperaturen een zilverhoudende soldeersoort toe te passen. Als vloeimiddel mogen uitsluitend KIWA goedgekeurde soldeervloeimiddelen worden toegepast. Als de temperatuur in de leidingen hoger wordt dan 110°C of een grotere mechanische sterkte wordt verlangd, moet men hardsolderen of lassen. Ingeval van hardsolderen mogen in verband met ontzinkingsgevaar, ten gevolge van een hoge temperatuur, geen messing hulpstukken worden toegepast. Aanbevolen wordt

fosforhoudende soldeersoorten toe te passen waarbij geen vloeimiddel nodig is.

Toepassing van cadmiumhoudende soldeersoorten is in drinkwaterinstallaties niet toegestaan.

2.1.2.2 Kunststof

Voor warmwaterinstallaties kunnen kunststofbuizen, die speciaal hiervoor zijn ontwikkeld, worden toegepast. Deze ontwikkeling komt voort uit de verwarmingssector, waar men deze leidingen toepast voor vloerverwarming. Voor toepassing in warmwaterinstallaties worden echter zwaardere eisen aan dit materiaal gesteld in verband met de hogere temperaturen, drukken en de mogelijke afgifte van toxische stoffen.

Door KIWA zijn daartoe criteria (nr. 41 en 44) opgesteld. Voor kunststofbuizen zijn "temperatuur", "druk" en "tijd" de factoren voor de levensduurverwachting van een leiding. Hierbij wordt ten aanzien van de bedrijfscondities onderscheid gemaakt in leidingsystemen voor continu gebruik (circulatiesystemen) en discontinu gebruik (enkelvoudige leidingen met wisselende temperatuur). De toepassingsmogelijkheid moet duidelijk op de buis zijn aangegeven. Om voor certificering in aanmerking te komen dient de fabrikant of leverancier te beschikken over een compleet installatiepakket bestaande uit watervoerende kunststofbuizen, bijbehorende mantelbuizen alsmede de toe te passen fittingen en hulpgereedschappen.

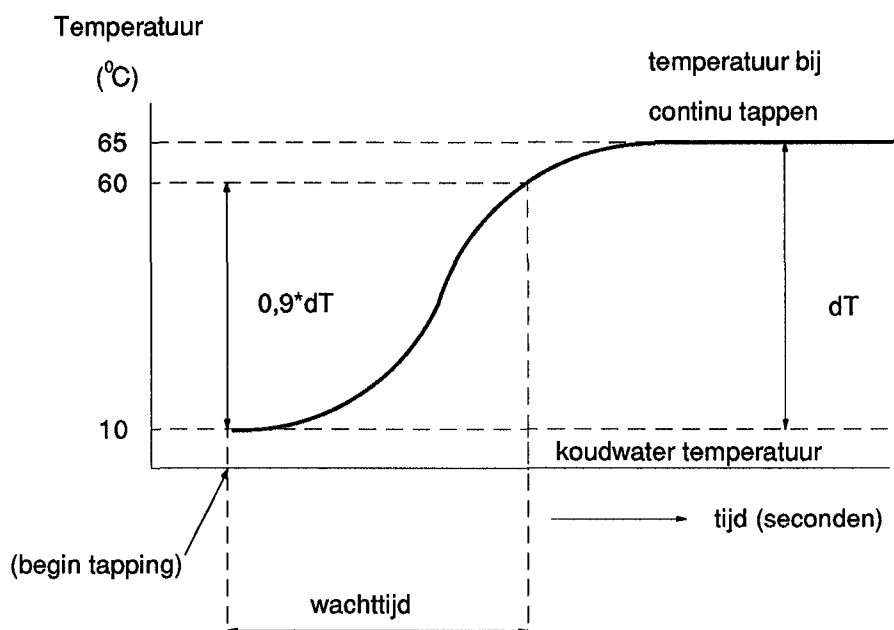
2.2 Wachttijden in warmwaterinstallaties

Er bestaat een relatie tussen wachttijd, warmwaterverbruik en energieverbruik. Immers, het tijdens de wachttijd ongebruikt laten weglopen van water met een te lage temperatuur veroorzaakt een verspilling van energie en water. Voor de relatie wachttijd en energieverlies zie bijlage 2.

De totale wachttijd (= de som van toestelwachttijd en leidingwachttijd) is gedefinieerd als de tijd die verloopt tussen het open-

draaien van de warmwaterkraan en het bereiken van een temperatuurverschil tussen warm en koud water dat gelijk is aan 90% van het temperatuurverschil dat wordt bereikt bij continu tappen.

In figuur 1 wordt één en ander geïllustreerd.



Figuur 1 - Temperatuurverhoging water aan tappunt na opendraaien warmwaterkraan

2.2.1 Wachttijden

De tijd die verloopt tussen het opendraaien van de warmwaterkraan en het uitstromen van warm water met een voor het doel voldoende hoge temperatuur, moet in principe zo kort mogelijk zijn.

De totale wachttijd kan verdeeld worden in leidingwachttijd en toestelwachttijd. De leidingwachttijd wordt veroorzaakt door de noodzakelijke verdringing van het koude water en de opwarmtijd van het leidingmateriaal.

De toestelwachttijd (alleen bij doorstroomtoestellen) wordt veroorzaakt door het feit dat het toestel pas start nadat men is begonnen met tappen. Het inwendige van het toestel moet dan nog worden opgewarmd.

De wachttijd voor een douche of bad is niet zo belangrijk, omdat men hiermee rekening kan houden door bijvoorbeeld de kranen te

openen en zich ondertussen gereed te maken voor het douchen of baden. Anders ligt dit voor de keukenkraan, waar veel vaker getapt wordt. In de praktijk is gebleken dat een wachttijd voor leiding en toestel samen van minder dan 30 seconde voor de meeste gebruikers acceptabel is. Uiteraard moet steeds getracht worden om de wachttijd zoveel mogelijk te beperken.

2.2.1.1 Toestelwachttijd

De toestelwachttijd wordt bij doorstroomtoestellen gebruikt om de gasklep te openen en varieert van 2 tot bijna 60 seconde, afhankelijk van merk en type. Fabrikanten geven over dit punt weinig informatie.

Ook bij enkele combi-doorstroomtoestellen moet met een wachttijd rekening worden gehouden. Bij de combi-doorstroomtoestellen zonder een kleine voorraad warm water is deze wachttijd soms meer dan 30 seconde. Daar waar ook nog rekening moet worden gehouden met een grote wachttijd in de leidingen, kan toepassing van dergelijke toestellen niet geadviseerd worden.

Het gebruik van deze toestellen dient daarom tot plaatsing in of nabij het keukentappunt beperkt te blijven.

Voor voorraadtoestellen (inclusief de combi-toestellen met een beperkte voorraad warm water; variërend van 2 tot 30 liter), is deze beperking niet aanwezig waardoor deze toestellen ook op de zolder kunnen worden geplaatst.

2.2.1.2 Leidingwachttijd

Ten aanzien van de wachttijden in de leidingen geven de huidige voorschriften voor drinkwaterinstallaties richtlijnen in die zin dat voorkomen moet worden dat een grotere wachttijd optreedt dan 20 seconde.

De leidingwachttijd wordt bepaald door:

- de lengte van de leiding tussen toestel en (keuken)tappunt;
- de middellijn(en) van de leiding(en);
- de volumestroom;

De leidingwachtijd kan voor een concrete situatie worden bepaald met behulp van figuur 2.

Voorbeeld:

Een combitoestel met een vermogen van 23 kW bevindt zich op zolder. Leiding naar keukentappunt: 10 m lengte met een uitwendige middellijn van 12 mm.

Koudwatertemperatuur 10 °C.

Een toestel met een vermogen van 23 kW levert in 1 seconde 23 kJ, dus in 1 minuut $60 \times 23 \text{ kJ} = 1380 \text{ kJ}$. De soortelijke warmte van water is 4,1868 kJ/kg.K. Als $\Delta T = 55 \text{ K}$, dan is hiervoor de benodigde energie $55 \times 4,1868 = 230 \text{ kJ/kg}$. Er is per minuut 1380 kJ beschikbaar, dus kan er $1380/230 = 6 \text{ kg} = 6 \text{ liter}$ water worden opgewarmd. In formulevorm:

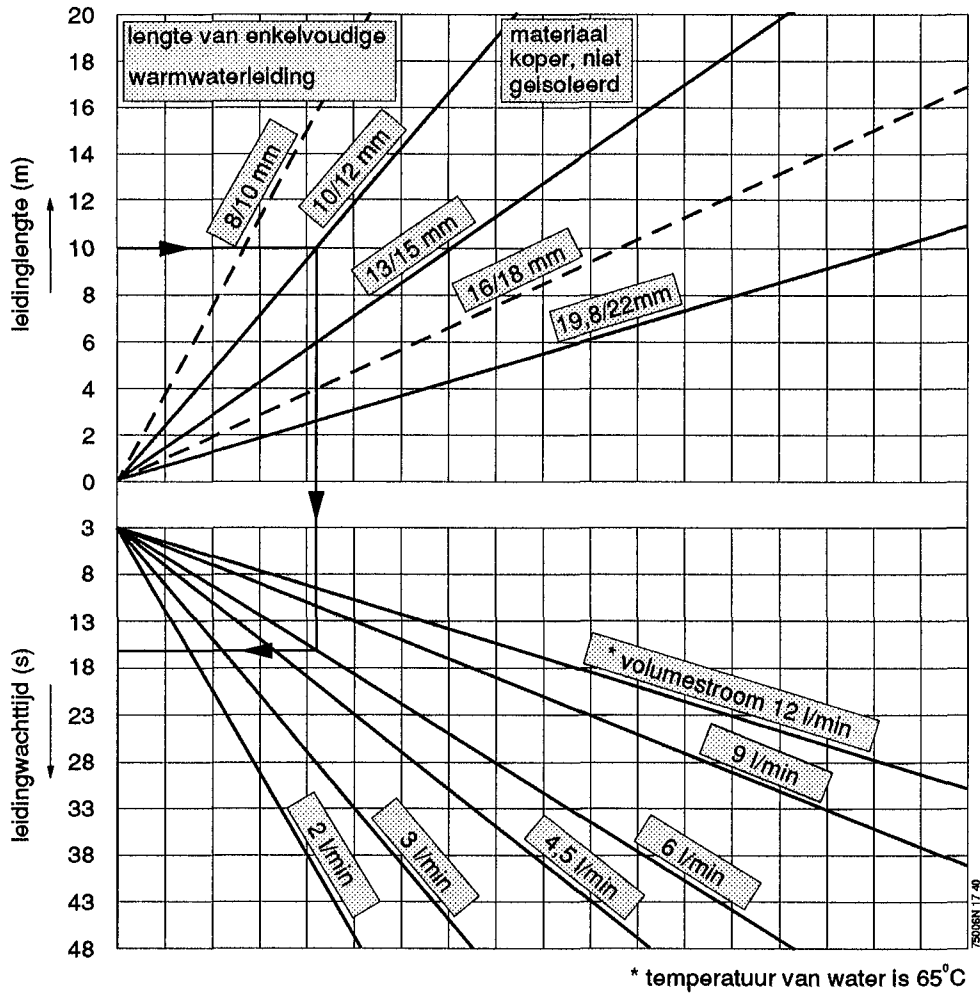
$$\text{Volumestroom} = \frac{P \times t}{\Delta T \times c} = \frac{23 \times 60}{55 \times 4,1869} = 6 \text{ l/min}$$

Wachtijd = 16 seconde (zie figuur 2)

Mogelijkheden om de wachtijd te bekorten zijn:

- het warmwatertoestel zo dicht mogelijk bij de plaats van het tappunt aanbrengen;
- splitsen van het geheel in verschillende warmwaterleidingen naar de afzonderlijke tappunten;
- een circulatieleiding aanbrengen (met pomp en schakelklok). Deze optie is echter economisch gezien in het algemeen niet aan te bevelen.

In dit geval kan niet van een doorstroomtoestel gebruik gemaakt worden.



Figuur 2 - Nomogram voor de bepaling van de leiding wachttijd

2.3 Afkoeltijd in warmwaterleidingen

In bijlage 3 is beschreven op welke wijze de afkoeltijd van water in warmwaterleidingen kan worden bepaald. In het algemeen is de tijd tussen twee tappingsen zo groot dat het warme water dat in de leiding achterblijft bij een volgende tapping weer is afgekoeld. Het isoleren van leidingen, voorzover er geen sprake is van circulatieleidingen, lijkt daarbij nauwelijks verbetering op te leveren.

2.3.1 Isolatiematerialen voor warmwaterleidingen

Er is geïnterviewd wat de meest belangrijke eigenschappen van isolatiematerialen zijn op grond waarvan kan worden verondersteld dat deze in aanmerking komen voor het isoleren van warmwatercirculatieleidingen in gebouwen.

De belangrijkste resultaten zijn dat:

- glaswol, steenwol, polyurethaan en polyethyleen als isolatiemateriaal in aanmerking komen
- de isolatiewaarde van deze materialen in het algemeen ligt tussen 0,03 en 0,04 W/m.K
- de eigenschappen met betrekking tot de brandbaarheid en de rookontwikkeling van produkten, gemaakt van hetzelfde basismateriaal, per fabrikaat sterk kunnen verschillen, zodat er geen algemeen geldende uitspraken over kunnen worden gedaan.

2.4 De lengte van warmwaterleidingen

Om na te gaan in hoeverre het beperken van de lengte van warmwaterleidingen in de praktijk om technische en/of financiële redenen haalbaar is, werd van een groot aantal uitgevoerde installaties de lengte van deze leidingen vastgesteld. Het resultaat van deze metingen is weergegeven in bijlage 5.

Uit de metingen blijkt dat de gemiddelde lengte van de warmwaterleiding van warmwatertoestel naar keukentappunt circa 11 meter is. Uit de schema's blijkt dat in veel gevallen de leiding van het warmwatertoestel naar de keuken voor een deel is gecombineerd met de grotere middellijn van de leiding van het warmwatertoestel naar de badkamer.

Er kan daarom in de praktijk worden uitgegaan van het gegeven dat de leiding van het warmwatertoestel naar het keukentappunt voor de helft is uitgevoerd met buis met een buitenmiddellijn van 15 mm en de andere helft met buis met een buitenmiddellijn van 12 mm.

3 ENERGIEVERBRUIK, KOSTEN EN MILIEU-EFFECTEN

Het energieverbruik van een individuele warmwatervoorziening is afhankelijk van het gebruikte volume warm water (inclusief leidingverliezen), de stilstandsverliezen van het toestel en het rendement van het toestel.

Het gebruikte volume water is afhankelijk van gezinsgrootte, douche- en/of badgebruik, keukengebruik en leidinglengte, alsmede van de volumestroom of inhoud van het toestel.

De stilstandsverliezen (waakvlam bij sommige gasgestookte toestellen en/of warmteverliezen bij voorraadtoestellen) en het rendement zijn afhankelijk van de constructie van het toestel. De energiekosten zijn afhankelijk van energieverbruik en de prijs van de gekozen energiedrager.

Naast energiekosten zijn er verder nog investeringskosten en onderhoudskosten.

Ook de milieu-effecten zijn sterk afhankelijk van het (primaire) energieverbruik. Verder spelen de keuze van de brandstof (in de centrale) en de wijze van verbranding een rol bij het vaststellen van de emissie-factoren.

3.1 Energieverbruik

Het energieverbruik kan voor een gegeven situatie worden berekend door gebruik te maken van het in figuur 3 afgebeelde formulier.

Met dit formulier kan in de praktijk een reële inschatting worden gemaakt van het dagelijks warmwaterverbruik en tengevolge daarvan van het jaarlijks energieverbruik en de energiekosten van een individuele warmwaterinstallatie in een woning.

In het rapport "Installaties voor individuele warmwatervoorziening", deel 2 "Energieverbruik en kosten" uitgegeven door het VEGGASINSTITUUT en samengesteld in overleg met VEEN, VEGIN, VEWIN en VESTIN, wordt de totstandkoming van het formulier uitvoerig beschreven, waarbij met name aandacht wordt geschonken aan de statistische onderbouwing ervan.

3.1.1 Warmwaterverbruik

Volstaan wordt hier slechts met een beknopte toelichting op de in figuur 3 vermelde coderingen "GF" en "TF" en de in de formules voorkomende getalswaarden. Overigens wordt de in figuur 3 vermelde methode ook toegepast in het zogenaamde rekenblok [6] dat wordt gebruikt door de voorlichtingsafdelingen van de energiebedrijven.

Factor "GF": gezinsgroottefactor

Uit statistisch onderzoek [7] is gebleken, dat het warmwaterverbruik niet lineair toeneemt met de gezinsgrootte. Met behulp van de gezinsgroottefactor GF wordt deze niet-lineariteit verdiscon- teerd.

aantal personen	1	2	3	4	5	6	7	8
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---

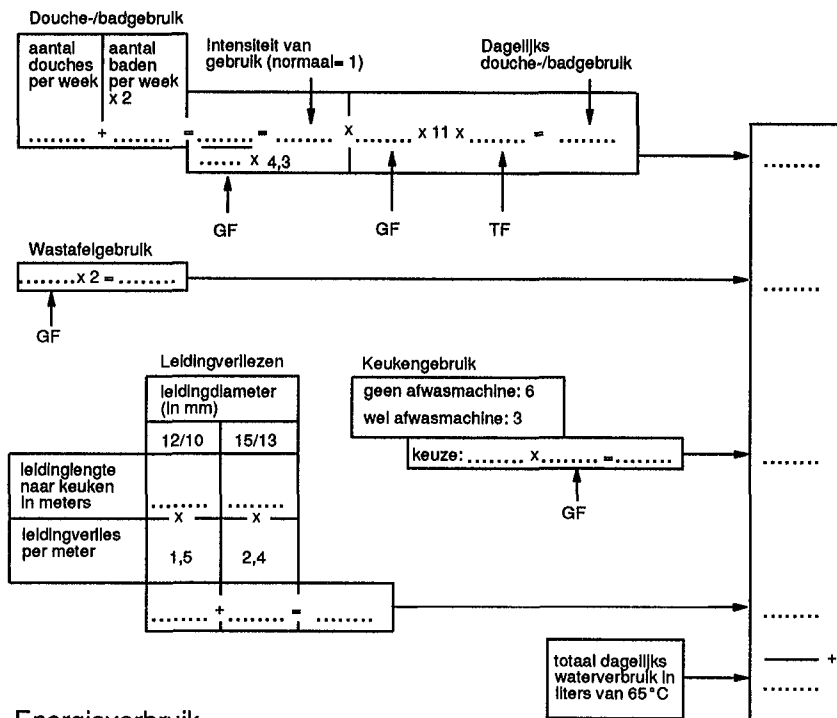
gezinsgrootte- factor GF	1,3	2	2,5	3	3,4	3,8	4,2	4,6
-----------------------------	-----	---	-----	---	-----	-----	-----	-----

Factor "TF": toestelfactor

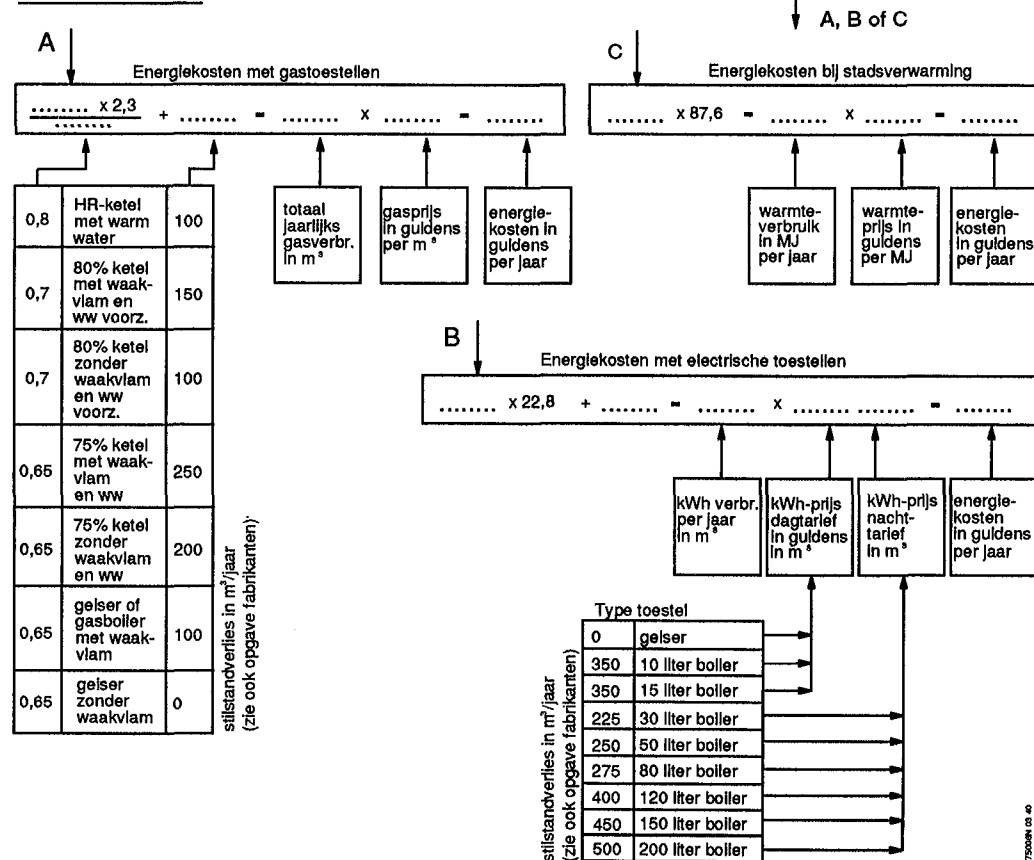
Naarmate een toestel meer warm water kan leveren, wordt meer gebruik gemaakt van die comforteigenschap. Een groter warmwaterverbruik betekent echter ook een groter energieverbruik. Dit wordt tot uitdrukking gebracht met behulp van de toestelfactor TF. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen twee situaties:

1. Men maakt volledig gebruik van het warmwatercomfort dat door het toestel wordt geboden en legt zich daarom geen beperkingen op voor wat betreft het warmwaterverbruik (kolom volledig comfort).

Waterverbruik



Energieverbruik



Figuur 3 - Inschatting van het water- en energieverbruik van warmwaterinstallaties

2. Men doet het wat zuiniger aan, bijvoorbeeld door korter te douchen of door de kraan wat minder ver open te draaien. Dit heeft uiteraard een positief effect op het energieverbruik. Men levert daarbij echter wel een stukje comfort in. Met name bij elektrische voorraadtoestellen wordt deze benuttingswijze in de praktijk vaak toegepast vanwege de beperkte dagvoorraad warm water en de lange opwarmtijd van het water (kolom zuinig gebruik).

Bij het vaststellen van de toestelfactoren voor de diverse categorieën warmwatertoestellen is de keukengeiser als referentietoestel genomen.

	TF bij volledig comfort	TF bij zuinig gebruik
- keukengeiser	1	1
- elektrisch 80 l voorraadtoestel	2,3	1,2
- el. 120/150/200 l voorraadtoestel	2,3	1,5
- kleine badgeiser	1,8	1,2
- combi-doorstroom- toestel	2,1	1,5
- grote badgeiser	2,3	1,5
- (combi-)voorraad- toestel	2,3	1,5

Naar aanleiding van de discussies over de toestelfactoren voor elektrische voorraadtoestellen wordt door de Werkgroep ontwikkeling heetwatertoestellen (WOHT) van de VEEN, in samenwerking met de Commissie Statistiek van de VDEN, een onderzoek gedaan naar het energieverbruik van elektrische warmwatertoestellen in relatie tot de gezinsgrootte. De verwachting is dat dit onderzoek begin 1990 zal worden afgerond. Zonodig zullen de resultaten van dit onderzoek kunnen leiden tot een herziening van de toestelfactoren.

3.1.1.1 Douche- en badgebruik

factor "2"

Aangenomen is, dat voor het vullen van een bad tweemaal zoveel water van 65 °C benodigd is als voor het nemen van een douche.

factor "4,3"

Statistisch bepaald quotiënt van de douchefrequentie (= gemiddeld aantal douches per week) en de gezinsgroottefactor.

Intensiteit van gebruik

De berekende waarde dient in principe tussen 0,5 en 3 te liggen. Waarden kleiner dan 0,5 duiden op een extreem laag badkamergebruik. Waarden groter dan 3 wijzen op een onwaarschijnlijk hoog warmwaterverbruik ten behoeve van douche en/of bad.

factor "11"

Basisverbruik in liter per dag voor douchen met behulp van een keukengeiser. (Deze waarde te vermenigvuldigen met GF voor het totale warmwatergebruik in liter van 65 °C per dag voor douchen met behulp van een keukengeiser).

3.1.1.2 Wastafelgebruik

factor "2"

Basisverbruik wastafels in liter per dag. (Deze waarde te vermenigvuldigen met GF voor het totale wastafelgebruik in liter van 65 °C per dag).

3.1.1.3 Keukengebruik

factoren "6" respectievelijk "3"

Basisverbruik keuken zonder resp. met afwasmachine in liter per dag (Deze waarde te vermenigvuldigen met GF voor het totale keukengebruik in liter van 65 °C per dag).

Indien er sprake is van een zogenaamde "hotfill" afwasmachine de waarde "6" invullen.

3.1.1.4 Leidingverlies

factoren "1,5" respectievelijk "2,4"

Dagelijks warmwaterverbruik ten gevolge van leidingverlies per meter leidinglengte bij een 12/10 mm resp. 15/13 mm leiding.

N.B. Deze factoren wijken enigszins af van de in bijlage 2 genoemde factoren, te weten 1,96 resp. 3,30 voor een 12/10 mm resp. 15/13 mm leiding.

De reden hiervoor is, dat men in de praktijk na het open-draaien van de warmwaterkraan niet zal wachten totdat het water een temperatuurverschil ten opzichte van het koude water heeft bereikt, dat gelijk is aan 90% van het uiteindelijk te bereiken temperatuurverschil.

Bij vele warmwatertoepassingen (zoals bijvoorbeeld het handen wassen of het vullen van de afwasbak) neemt men vaak gedurende enige tijd genoegen met lauw of halfwarm water, zodat daarmee een deel van de leidingverliezen (namelijk de verliezen die optreden als gevolg van het uitstromen van lauw water) achterwege gelaten kan worden.

3.1.2 Omzettingsrendement

3.1.2.1 Gastoestellen (factor 2,3)

Het jaarlijks gasverbruik (exclusief stilstandsverliezen) kan worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$V_{\text{gas}} = \frac{V_{\text{ww}} \times 55 \times 350 \times 4,1868 \times 10^3}{\eta_{\text{opw}} \times 35,17 \times 10^6}$$

Samengevat:

$$V_{\text{gas}} = \frac{V_{\text{ww}} \times 2,3}{\eta_{\text{opw}}}$$

Hierin is:

V_{gas}	= jaarlijks gasverbruik in m^3
V_{ww}	= dagelijks warmwaterverbruik in liter van $65\text{ }^\circ\text{C}$
55	= temperatuurverschil tussen koud ($10\text{ }^\circ\text{C}$) en warm ($65\text{ }^\circ\text{C}$) tapwater
350	= aantal gebruiksdagen per jaar
$4,1868 \times 10^3$	= soortelijke warmte van water $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$
η_{opw}	= opwekkingsrendement
35,17	= warmte-inhoud van Slochterengas MJ/m^3

3.1.2.2 Stadsverwarmingstoestellen (factor 87,6)

Het jaarlijks warmteverbruik (exclusief stilstandsverliezen) ten behoeve van warmtapwaterbereiding met behulp van stadsverwarming kan worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$V_{\text{SV}} = \frac{V_{\text{ww}} \times 55 \times 350 \times 4,1868 \times 10^{-3}}{\eta_{\text{SV}}}$$

Samengevat:

$$V_{\text{SV}} = V_{\text{ww}} \times 87,6$$

Hierin is:

V_{SV}	= jaarlijks warmteverbruik ten behoeve van warmtapwaterbereiding met behulp van stadsverwarming in MJ
V_{ww}	= dagelijks warmwaterverbruik in liters van 65 °C
55	= temperatuurverschil tussen koud (10 °C) en warm (65 °C) tapwater
350	= aantal gebruiksdagen per jaar
$4,1868 \cdot 10^{-3}$	= soortelijke warmte van water MJ/(kg.K)
η_{SV}	= rendement van de huisinstallatie = 0,92

3.1.2.3 Elektrische toestellen (factor 22,8)

Het jaarlijks elektriciteitsverbruik (exclusief stilstandsverliezen) kan worden berekend met behulp van de volgende formule:

$$V_{el} = \frac{V_{ww} \times 55 \times 350 \times 4,1868 \times 10^{-3}}{\eta_{opw} \times 3,6 \times 10^6}$$

Samengevat:

$$V_{el} = V_{ww} \times 22,8$$

Hierin is:

V_{el}	= jaarlijks electriciteitsverbruik in kWh
V_{ww}	= dagelijks warmwaterverbruik in liter van 65 °C
55	= temperatuurverschil tussen koud (10 °C) en warm (65 °C) tapwater
350	= aantal gebruiksdagen per jaar
$4,1868 \cdot 10^3$	= soortelijke warmte van water J/(kg.K)
η_{opw}	= opwekkingsrendement = 0,98
$3,6 \times 10^6$	= energie-inhoud in J van 1 kWh

3.1.3 Stilstandsverliezen

3.1.3.1 Gastoestellen

Gasgestookte doorstroomtoestellen (gasgeisers) met een waakvlam hebben een stilstandsverlies dat afhankelijk van het type toestel ligt tussen de 100 en 150 m³ aardgas per jaar.

Gasgestookte voorraadtoestellen met een waakvlam hebben geen extra stilstandsverlies als gevolg van de waakvlam omdat de energie van de waakvlam wordt gebruikt om de inhoud van het toestel op temperatuur te houden.

Bij een combitoestel of een indirect gestookt toestel is er weliswaar sprake van één waakvlam voor ruimteverwarming en warmwatervoorziening, maar omdat deze waakvlam ook in de zomer moet blijven branden is er toch sprake van (extra) stilstandsverliezen. Overigens bestaan er ook combi-toestellen zonder waakvlam.

3.1.3.2 Voorraadtoestellen

Bij het op voorraad houden van een volume warm water is er altijd sprake van transmissieverliezen. Door het zo goed mogelijk isoleren van het toestel worden deze verliezen zo laag mogelijk gehouden. Daarbij speelt ook de constructie van het toestel een belangrijke rol. Bij elektrische toestellen zitten de aansluitingen onderaan (de koude kant dus) waardoor de transmissieverliezen gering zijn. Bij een elektrische nachtstroomtoestel speelt ook het tappatroon een rol. Wanneer het toestel "vol" is, zijn de transmissieverliezen het grootst.

3.1.3.3 Gehanteerde stilstandsverliezen

Bij het vaststellen van de in figuur 3 genoemde getallen voor de stilstandsverliezen is uitgegaan van het gewogen gemiddelde van de opgaven van de fabrikanten, terwijl bij elektrische toestellen uitgegaan is van een gelijkmatig over de gehele dag verlopend tappatroon [8].

3.1.4 Totaal energieverbruik

3.1.4.1 Gastoestellen

Het jaarlijks energieverbruik (in m³) kan met behulp van onderstaande formule worden berekend als het warmwaterverbruik per dag (V_{ww}) en de karakteristieke gegevens van het toestel (opwekkingsrendement en stilstandsverliezen) bekend zijn.

$$V_{\text{gas}} = \frac{V_{\text{ww}} \times 2,3}{\eta_{\text{opw}}} + V_{\text{stilstand}}$$

3.1.4.2 Stadsverwarmingstoestellen

Het jaarlijks energieverbruik (in MJ) kan met behulp van onderstaande formule worden berekend als het warmwaterverbruik per dag (V_{ww}) en de karakteristieke gegevens van het toestel (stilstandsverliezen) bekend zijn.

$$V_{\text{SV}} = V_{\text{ww}} \times 87,6 + V_{\text{stilstand}}$$

3.1.4.3 Elektrische toestellen

Het jaarlijks energieverbruik (in kWh) kan met behulp van onderstaande formule worden berekend als het warmwaterverbruik per dag (V_{ww}) en de karakteristieke gegevens van het toestel (stilstandsverliezen) bekend zijn.

$$V_{\text{el}} = V_{\text{ww}} \times 22,8 + V_{\text{stilstand}}$$

3.2 Kosten

3.2.1 Energiekosten

Aan de hand van de figuur 3 kan een schatting worden gemaakt van het jaarlijkse energieverbruik. Wanneer de prijs van de energiedrager bekend is kunnen de jaarlijkse energiekosten worden berekend. Bij elektriciteit dient wel onderscheid te worden gemaakt tussen de prijs van dag-kWh en nacht-kWh. In het algemeen worden de extra kosten voor vastrecht voor de dubbeltariefmeter niet meegerekend omdat er door het toepassen van deze meter ook elektriciteit voor andere toepassingen tegen het lagere nachttarief wordt geleverd.

3.2.2 Vaste kosten

3.2.2.1 Investering toestel

Het is moeilijk om vaste prijzen te noemen voor warmwatertoestellen. De inkoopprijs voor de installateur hangt veelal af van de afname per keer en ook de winstmarge die door de installateur wordt gehanteerd is variabel. De hieronder genoemde prijzen geven dan ook slechts een globale indicatie. De genoemde prijzen zijn inclusief B.T.W. en betreffen de prijzen van losse toestellen of de meerprijs van een combitoestel ten opzichte van het zelfde c.v.-toestel zonder warmwaterbereider.

Prijsindicatie toestellen (prijspeil 1989)

Gastoestellen

Keukengeiser zonder afvoer (10 kW)	f	480
Kleine badgeiser (18 kW)	f	780
Grote badgeiser (25 kW)	f	1.040
Voorraadtoestel 115 liter (8 kW)	f	900
Spaartoezel 115 liter (7 kW)	f	1.320

Elektrische toestellen

Keukengeiser (9 kW)	f	500
Vorraadtoestel 15 liter (2 kW)	f	320
Vorraadtoestel 30 liter (2 kW)	f	740
Vorraadtoestel 80 liter (1/2,3 kW)	f	1.180
Vorraadtoestel 120 liter (1,5/3,5 kW)	f	1.520

Meerprijs voor het warmwatergedeelte bij combiketels en indirect gestookte voorraadtoestellen

Gaswandketel (20 kW)	f	400
CV-ketel met indirect gestookt voorraadtoestel van 80 liter (20 kW)	f	1.000
HR-ketel met indirect gestookt voorraadtoestel van 80 liter (20 kW)	f	1.000
HR-ketel met taptoestel (20 kW)	f	900

3.2.2.2 Levensduur

De levensduurverwachtingen voor het toestel zijn in de praktijk vrij sterk afhankelijk van de hardheid van het water en bij gas-toestellen van het wel of niet regelmatig plegen van onderhoud. Voor de levensduurverwachting is echter uitgegaan van de situatie dat toestellen, indien nodig, regelmatig onderhouden worden en dat in gebieden met hard water de toestellen regelmatig ontkalkt worden. Bij het regelmatig onderhoud hoort ook het controleren van de anode van een voorraadtoestel met geëmailleerde binnenketel. Dit laatste is meegerekend in het jaarlijks bedrag voor onderhoud. Onder deze voorwaarden mag ervan worden uitgegaan dat de levensduurverwachting van alle toestellen circa 15 jaar is.

3.2.2.3 Installatiekosten

Het maken van een schatting van de installatiekosten is erg moeilijk. Deze kosten zijn sterk afhankelijk van de benodigde bouwkundige voorzieningen en van de vraag of er nieuwe gas-, elektriciteits- of waterleidingen nodig zijn. Het verdient aanbeveling om voor een definitieve keuze een offerte te laten maken door een erkend installateur.

3.2.2.4 Onderhoudskosten

De onderhoudskosten betreffen controle en preventief onderhoud, alsmede het opheffen van storingen van het warmwatertoestel. In het algemeen is het verstandig om voor het preventief onderhoud van een gastoestel een onderhoudscontract met bijvoorbeeld een installateur af te sluiten.

Voor elektrische toestellen is het niet nodig preventief onderhoud uit te voeren.

Indicatie jaarlijkse onderhoudskosten warmwatertoestellen, inclusief het verhelpen van storingen (prijspeil 1989)

Gastoestellen	f 50
Elektrische toestellen	f 20
Meerprijs voor het warmwatergedeelte bij combiketels en indirect gestookte voorraadtoestellen	f 25

3.2.3 Totale kosten

Aan de hand van de energiekosten en de vaste kosten kunnen de totale kosten van de warmwatervoorziening per jaar worden berekend.

Uit vergelijkingen tussen de vaste kosten (afschrijving toestel en installatie en de onderhoudskosten) en de kosten die ontstaan door de huur van warmwatertoestellen (huurkosten en afschrijvingskosten voor de installatie) blijkt:

1. dat het aantrekkelijker kan zijn warmwatertoestellen te huren;
2. de keuze voor elektriciteit of gas op grond van financiële overwegingen vooraf niet gemaakt kan worden.

De conclusie is derhalve dat het altijd aanbeveling verdient de huur mogelijkheden te onderzoeken. Veel energiebedrijven zijn actief op het terrein van verhuur van warmwatertoestellen.

3.3 Milieu-effecten

Bij de verbranding van aardgas in een geiser, voorraadtoestel of combitoestel worden CO_2 , NO_x en in geringe mate CH_4 en CO geproduceerd. De hoeveelheid is mede afhankelijk van het rendement van het gastoestel.

Hoewel de overheid nog geen concrete eisen heeft gesteld aan de maximum waarde van de emissie, wordt veel aandacht besteed aan de zogenaamde emissie-reductie.

Ook bij de opwekking van de elektriciteit die nodig is voor een elektrisch warmwatertoestel worden schadelijke stoffen geproduceerd. Het volume is afhankelijk van:

- de benodigde hoeveelheid primaire energie (afhankelijk van rendement centrale, transportverliezen en rendement warmwatertoestel);
- de samenstelling van het brandstofpakket;
- de emissiebeperkende maatregelen die in de centrale zijn genomen.

Uitgaande van een brandstofpakket bestaande uit steenkool en aardgas, moet rekening worden gehouden met de emissie van NO_x , SO_2 , CO_2 en stof.

Omdat in het algemeen voor elektrische toestellen meer primaire brandstof nodig is, zal ook de emissie van schadelijke stoffen groter zijn. Wel moet rekening worden gehouden met het feit dat het nemen van emissiebeperkende maatregelen voor NO_x en SO_2 in één grote centrale makkelijker uitvoerbaar is dan in vele kleine cv-ketels of geisers.

Bij een warmwatertoestel dat gebruik maakt van de restwarmte van een elektriciteitscentrale (stadsverwarming) is het milieu-effect relatief laag omdat de primaire energie die in een stadsverwarmingseenheid wordt verstoekt heel effectief wordt gebruikt (elektriciteitsopwekking en ruimteverwarming). Door de keuze van de brandstof (overwegend aardgas) is de emissie bovendien relatief klein in vergelijking met andere elektriciteitscentrales.

Overigens speelt bij de vergelijking van de milieu-effecten van gastoestellen en elektrische toestellen ook een rol dat de weliswaar geringere emissie van gastoestellen in het algemeen een

relatief grotere immissie (immissie is een maat voor de concentratie van schadelijke stoffen of leefniveau) veroorzaakt doordat de emissie op een geringe hoogte plaatsvindt. Deze grotere immissie treedt met name op bij de afvoerloze keukengeiser.

Verwacht wordt dat in het kader van het Integraal Milieu Beleidsplan van VEEN, VEGIN en VESTIN nagegaan zal worden op welke wijze de milieu-effecten van de warmwatervoorziening in Nederland gereduceerd kunnen worden.

4 HET COMFORT

4.1 Comfortaspecten

De kwaliteit van een installatie wordt bepaald door:

- de volumestroom per tappunt bij de gewenste temperatuur;
- de mogelijkheid om verschillende tappunten gelijktijdig te kunnen gebruiken;
- het beschikbare volume;
- de wachttijd;
- het ontbreken van temperatuurschommelingen bij het gebruik van verschillende tappunten.

In veel gevallen is het warmwatertoestel zelf dat de mogelijkheid van het gelijktijdig gebruik en de volumestroom aan de tappunten bij de gewenste temperatuur bepaalt. Een gevolg daarvan is dat ter beperking van de wachttijd of ter vergroting van de mogelijkheid van gelijktijdig gebruik dikwijls gekozen wordt voor het plaatsen van meerdere warmwatertoestellen.

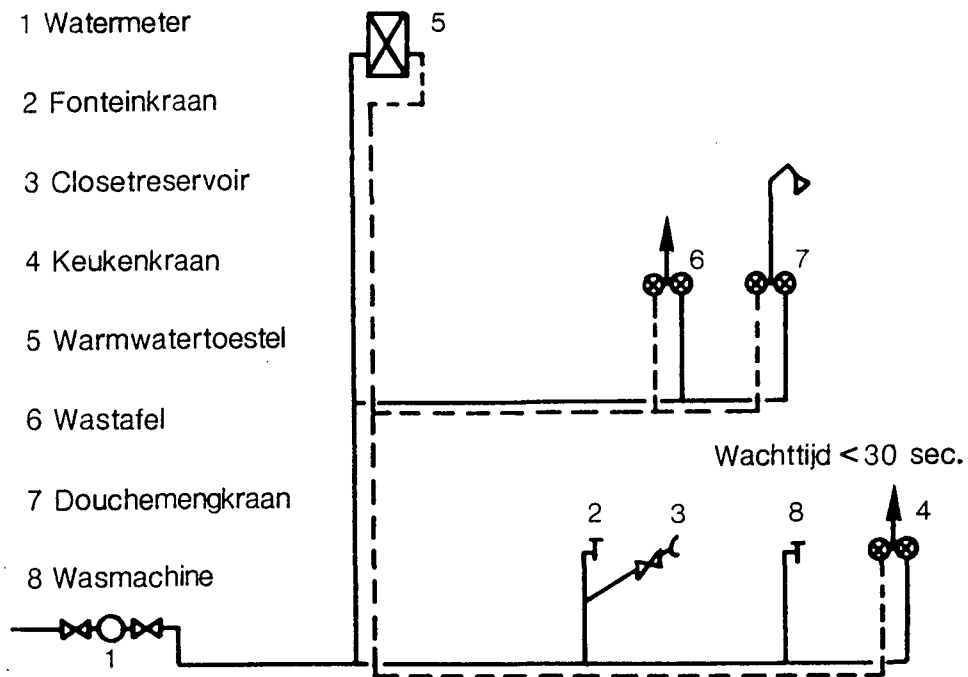
Door bij warmwaterinstallaties verschillende comfortaspecten te onderkennen moet het mogelijk zijn om de te wijzigen bestaande en nieuw te installeren warmwaterinstallaties nader in te delen om tot een goede keuze en uitvoering te komen. Daartoe wordt een aantal comfortklassen onderscheiden.

4.2 Comfortklasse-indeling

De volgende indeling is gehanteerd:

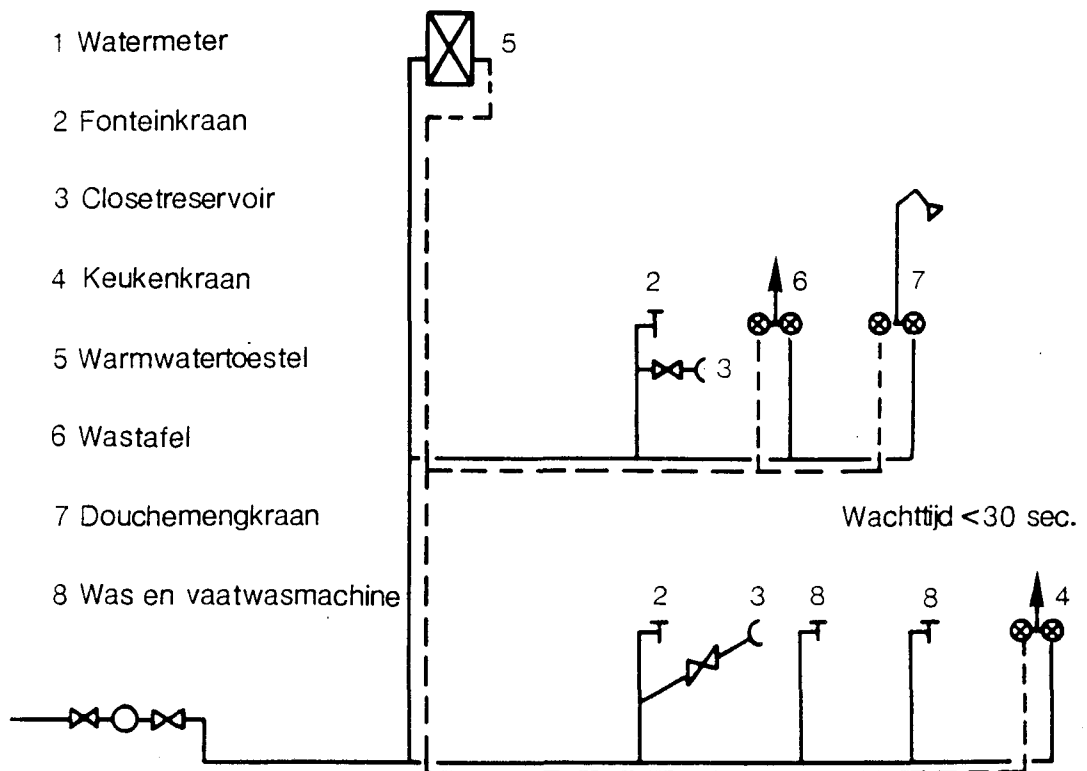
Comfortklasse 1

Kenmerken: (zie figuur 4) Verschillende tappunten, waarvan één naar keuze gebruikt wordt zonder eis van gelijktijdigheid. Maximum volumestroom gebaseerd op een keukengeiser ten behoeve van een keukenkraan (± 180 l/h met een mengtemperatuur van 55°C) of een douchekraan (± 270 l/h met een mengtemperatuur van 40°C).



Figuur 4 - Schema installatie volgens comfortklasse 1

Algemeen: er is sprake van een comfortbeperking, door economische grenzen bepaald, die een gedragsaanpassing tot gevolg heeft.



Figuur 5 - Schema installatie volgens comfortklasse 2a

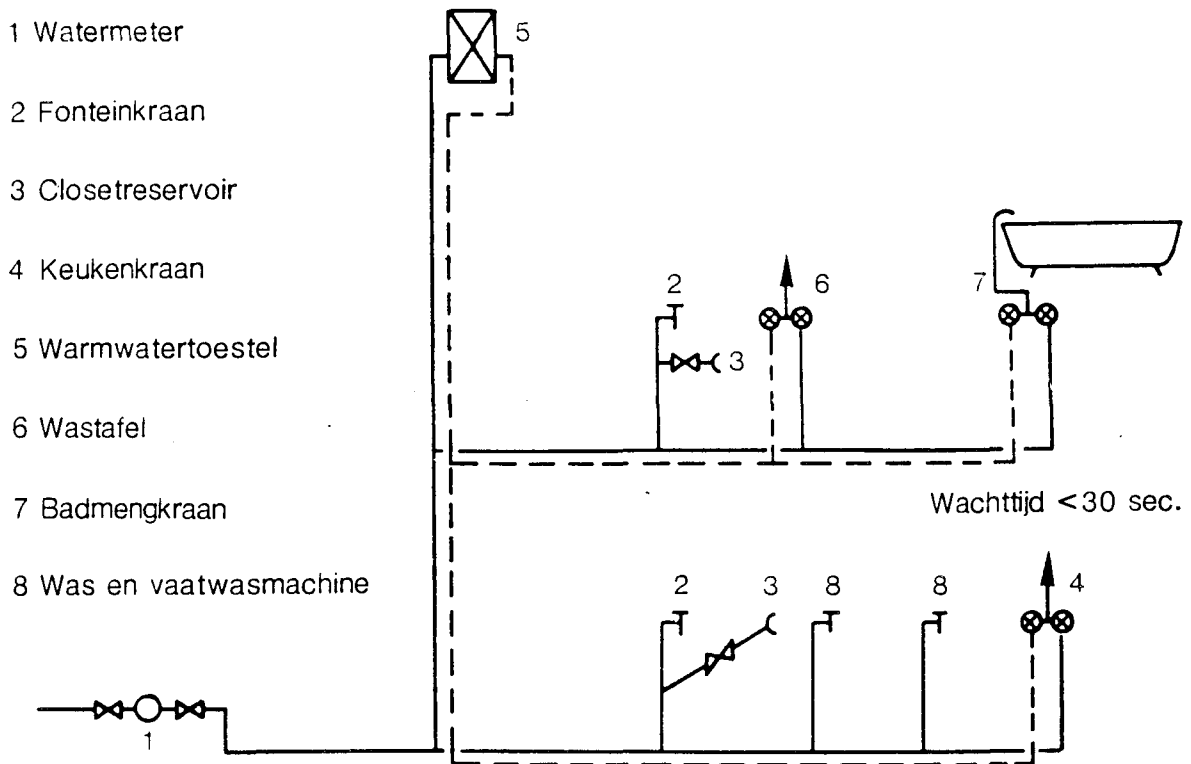
Comfortklasse 2a

Kenmerken: (zie figuur 5) Verschillende tappunten, waarvan twee gelijktijdig worden gebruikt, namelijk keukenkraan en douche.

Maximum volumestroom gebaseerd op een keukengeiser ten behoeve van een keukenkraan (± 180 l/h met een mengtemperatuur van 55°C) en een douchemkraan (± 270 l/h met een mengtemperatuur van 40°C).

Algemeen: er is sprake van een comfortbeperking, door economische grenzen bepaald, doch die nochtans een redelijke comfortervaring tot gevolg heeft.

Comfortklasse 2b



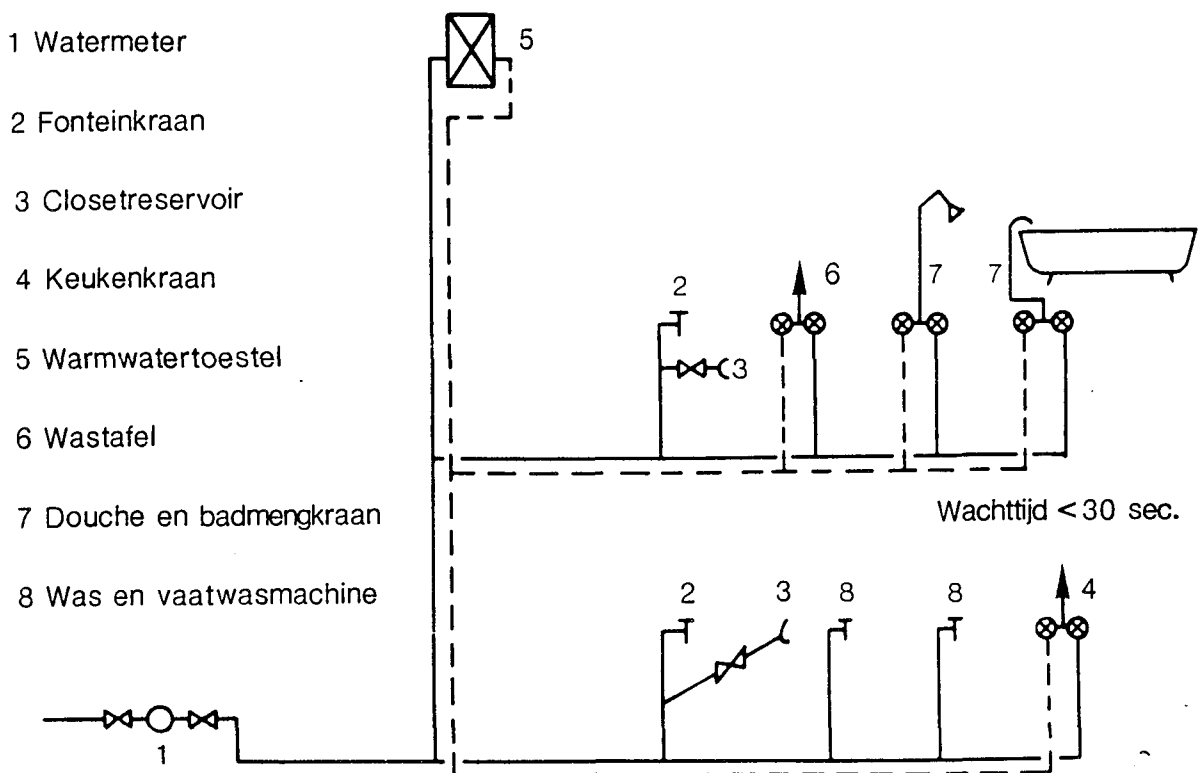
Figuur 6 - Schema installatie volgens comfortklasse 2b

Kenmerken (zie figuur 6) Verschillende tappunten, waarvan er twee gelijktijdig worden gebruikt.

Maximum volumestroom gebaseerd op een apparaat ten behoeve van de keukenkraan (± 180 l/h met een mengtemperatuur van 55°C) en bijvoorbeeld apart een tweede apparaat, ten behoeve van de badkraan (± 500 l/h met een mengtemperatuur van 40°C).

Algemeen: er is sprake van een comfortbeperking, door economische grenzen bepaald, doch die nochtans een redelijke comfortervaring tot gevolg heeft.

Comfortklasse 3



Figuur 7 - Schema installatie volgens comfortklasse 3

Kenmerken: (zie figuur 7) Verschillende tappunten, waarvan er drie gelijktijdig worden gebruikt, namelijk keukenkraan, douche en bad.

Maximum volumestroom gebaseerd op een toestel ten behoeve van de keukenkraan (± 180 l/h met een mengtemperatuur van 55°C) en bijvoorbeeld een apparaat ten behoeve van de douchekraan (± 270 l/h met een mengtemperatuur van 40°C) en de badkraan (± 500 l/h met een mengtemperatuur van 40°C) .

Algemeen: er is geen sprake van een comfortbeperking.

Bij gelijktijdigheid van gebruik lijkt een "onbeperkt" aanbod van warm water aanwezig.

4.3 Enquête-resultaten

Teneinde inzicht te verkrijgen in de keuze van de genoemde comfortklassen van de in de woningen aanwezige warmwaterinstallaties heeft de werkgroep in 1983-1984 een enquête gehouden onder medewerkers van een tiental energie- en/of waterleidingbedrijven. In totaal werden ca. 1000 enquête-formulieren verwerkt. Op het enquête-formulier werden gegevens gevraagd omtrent ouderdom van de woning, leeftijd en aantal bewoners, soort woning en eigenaar van de woning. De belangrijkste vragen gingen vanzelfsprekend over de aanwezige warmwatertoestellen en warmwatertappunten, terwijl tot slot een algemeen oordeel van de verbruiker over zijn warmwaterinstallatie werd gevraagd. Hierbij was de mogelijkheid aanwezig om klachten of opmerkingen over de warmwaterinstallatie te vermelden.

De hierna opgesomde conclusies hebben uitsluitend betrekking op de resultaten van de enquête. Het is een globaal overzicht en men mag er dus geen definitieve conclusies aan verbinden ten aanzien van landelijke tendensen.

4.3.1 Comfortklasse-indeling

Uit de enquête kwam naar voren dat de door de werkgroep gekozen indeling de praktijk goed benaderde (tabel 2).

Tabel 2 - De verdeling van de aangetroffen warmwaterinstallaties in comfortklassen

Klasse	1	2a	2b	3
Aanwezig	23,7%	26,5%	33,8%	16,0%

4.3.2 Woning-kenmerken

Voor een onderscheid in de ouderdom is het jaar 1965 gekozen omdat toen de "Model Bouwverordening" werd gepubliceerd, welke nogal afweek van de tot dan geldende bouwvoorschriften. Aangenomen mag worden dat na 1965 gebouwde woningen volgens andere eisen gerealiseerd zijn dan vóór 1965.

Uit de enquête bleek dat van de deelnemers aan de enquête 42,6% in een woning van vóór 1965 woont en 57,4% in een woning van na 1965. Voor 84,7% van de deelnemers was die woning een eengezinswoning en voor 15,3% een flatwoning; 66,6% was zelf eigenaar en 33,4% was huurder.

Verder bleek dat klasse 1 (beperkt comfort) het meest voorkwam in woningen van vóór 1965 en eveneens in flatwoningen die gehuurd werden.

4.3.3 Toestelkenmerken

Het comfort van een warmwaterinstallatie wordt behalve door de aanwezige warmwatertappunten vooral bepaald door de aanwezige warmwatertoestellen (tabel 3). Een warmwaterinstallatie welke behalve een douche- ook een badvoorziening heeft, maar gevoed wordt

door een enkel toestel dat slechts een douche-capaciteit kan opbrengen, valt in comfortklasse 3, maar levert slechts een comfort van klasse 2a.

De werkgroep heeft daarom ook gevraagd naar een inventarisatie van de aanwezige warmwatertoestellen.

a. Aanwezige toestellen

Er werd slechts onderscheid gemaakt tussen toestellen geschikt voor douchegebruik en toestellen geschikt voor badgebruik.

Op 1078 adressen blijken in totaal 1209 toestellen voor te komen; dit komt overeen met 1,12 toestel per adres. Vanzelfsprekend stijgt het aantal toestellen per adres met de comfortklasse: klasse 3 scoort hier het hoogst. In totaal blijkt meer dan de helft van de aanwezige toestellen geschikt te zijn voor badtoepassing.

Tabel 3 - Inventarisatie aanwezige toestellen

	Adres- sen	Toestellen ge- schikt voor douchegebruik	Toestel ge- schikt voor badgebruik	Gemiddeld aantal toestellen per klasse
Klasse 1	256	256 st. 21,2%	- st. -%	1
Klasse 2a	285	108 st. 8,9%	221 st. 18,3%	1,15
Klasse 2b	364	106 st. 8,8%	310 st. 25,6%	1,14
Klasse 3	173	55 st. 4,5%	153 st. 12,7%	1,20
Totaal	1.078	525 st. 43,4%	684 st. 56,6%	1,12

b. Relatie toestel-comfortklasse van de installatie

Uit de enquête bleek dat het regelmatig voorkomt dat er geen overeenstemming bestaat tussen de comfortklasse van de installatie en het (de) aanwezige warmwatertoestel(len). Het komt zowel voor dat het toestel te groot is (badtoestel bij klasse 2a) als

te klein (douche-toestel bij klasse 2b en 3). De enquête gaf een uitslag zoals die in tabel 4 is weergegeven.

Tabel 4 - Relatie tussen toestel en comfortklasse

	Toestel voldoet aan comfortklasse installatie	Toestel voldoet niet aan comfortklasse installatie
Klasse 1	21,2%	-
Klasse 2a	8,9%	18,3% (te groot!)
Klasse 2a	29,6%	4,9% (te klein!)
Klasse 3	11,5%	5,6% (te klein!)
Totaal	71,2%	28,8%

Het blijkt dat in circa 10% van de gevallen het warmwatertoestel het comfort van de installatie nadelig beïnvloedt. De in klasse 2a voorkomende te grote toestellen hebben geen nadelige invloed op het comfort; een dergelijke toepassing is echter uit oogpunt van doelmatig energieverbruik niet aan te bevelen.

4.3.4 Beoordeling van de installatie

Hoewel 67,4% van de ondervraagden de eigen warmwaterinstallatie als goed kwalificeerden, 29,4% als matig en 3,2% als slecht bleek bij navraag naar de klachten over de installatie dat ruim de helft van de ondervraagden toch de nodige aanmerkingen heeft (tabel 5).

Tabel 5 - Aantal en aard van de klachten

Aard van de klachten	aantal	%
1. Te lange wachttijd	161	29,9
2. Niet goed regelbaar	64	11,9
3. Beïnvloeding andere tappunten	66	12,3
4. Verbruik te groot	96	17,8
5. Onvoldoende warm water	127	23,6
6. Warmwaterleidingen te klein	3	0,6
7. Beïnvloeding C.V.-installatie	15	2,8
8. Geluidshinder	6	1,1
Totaal	538	100,0

Te lange wachttijden en onvoldoende warm water (1 en 5) zijn opmerkingen die meer dan de helft van het totale aantal omvatten. Regelbaarheid, beïnvloeding andere tappunten en te groot verbruik (2, 3 en 4) vormen vrijwel de rest van de opgesomde klachten.

Een verdeling van de klachten over de comfortklassen geeft een beeld als weergegeven in tabel 6 en meer gespecificeerd in tabel 7.

Tabel 6 - Verdeling van de klachten over de comfortklassen

Klasse	1	2a	2b	3
Klachtenverdeling	20,9%	29,8%	31,3%	19,1%

Tabel 7 - Meer gedetailleerde verdeling van de klachten

Soort klacht	1	2a	2b	3
1. Te lange wachttijd	11,4%	34,9%	33,6%	35,9%
2. Niet goed regelbaar	11,0%	13,8%	11,5%	11,6%
3. Beïnvloedbaar andere tappunten	16,2%	9,1%	13,4%	11,6%
4. Verbruik te groot	5,2%	21,8%	21,4%	19,4%
5. Onvoldoende warm water	52,2%	13,8%	17,6%	16,0%
6. Warmwaterleidingen te klein	1,0%	-	0,6%	1,1%
7. Beïnvloeding C.V.- installatie	1,0%	6,0%	1,3%	2,2%
8. Geluidshinder	2,0%	0,6%	0,6%	2,2%
Totaal	100,0	100,0%	100,0%	100,0%

In klasse 1 wordt het geringe volume of de volumestroom warm water welke ter beschikking staat als nadelig ervaren. Meer dan de helft van het aantal klachten in klasse 1 had hier betrekking op.

In de meer comfort biedende klassen 2a, 2b en 3 zijn te lange wachttijden en te groot verbruik belangrijke klachtenbronnen.

Er valt een zekere relatie te constateren tussen deze beide klachten. Daarna komt hier pas het volume of de volumestroom warm water ter sprake.

In hogere comfortklassen is ten aanzien van de klachten een tendens naar echte comfortklachten (wachttijden en het gelijktijdig kunnen gebruiken van verschillende tappunten) te bespeuren, terwijl bij klasse 1 het volume of de volumestroom warm water de hoofdzaak van de klachten vormt.

4.4 Conclusies

- Uit de resultaten van de enquête kan geconcludeerd worden dat de door de werkgroep Warm Water voorgestelde indeling in de comfortklassen 1, 2a, 2b en 3 goed bij de dagelijkse praktijk aansluit.

Installaties, maar daarnaast ook toestellen, zullen in deze klassen kunnen worden ingedeeld, zodat de gebruiker weet wat hem te wachten staat of een gerichte keuze kan maken.

- Daarnaast werd door de resultaten van de enquête duidelijk richting gegeven aan de werkzaamheden van de werkgroep: het comfort van een warmwaterinstallatie wordt vooral bepaald door wachttijd, gelijktijdigheid, regelbaarheid en totaal verbruik.
- Wat uit de enquête ook naar voren kwam, is dat de beoordeling van een warmwaterinstallatie een erg subjectieve zaak is. Het kwam veelvuldig voor dat installatie en toestel niet op elkaar waren afgestemd, terwijl als beoordeling van de warmwaterinstallatie de kwalificatie goed werd vermeld.

Ook kwam het regelmatig voor dat naast de eigen kwalificatie goed, toch de klacht "onvoldoende warm water" of "te lange wachttijden" vermeld werd. Klaarblijkelijk went men op den duur aan een gering comfort of is het een zaak van "niet beter weten" dan wel niet kunnen/willen investeren. De werkgroep Warm Water is met de resultaten van de enquête meer doelgericht te werk gegaan, zodat uiteindelijk meer comfortabele warmwaterinstallaties kunnen ontstaan.

- Publikaties betreffende de verschillende comfortklassen en de resultaten uit de enquête in diverse vakbladen hebben reeds tot verschillende reacties geleid. De installatiewereld begint gewend te raken aan de verschillende comfortklassen, terwijl in de voorlichting van de energiebedrijven reeds met de indeling wordt gewerkt.
- Uit de omschrijving van de vier comfortklassen valt bovendien af te leiden dat met het stijgen van de comfortwensen, het steeds moeilijker wordt om de warmwaterinstallatie vanuit één warmwater-toestel te voeden. Hogere eisen, welke gesteld worden aan wachttijden en/of gelijktijdigheid, resulteren veelal in het plaatsen van meer dan een warmwatertoestel.

Bij de verbruikers valt te constateren dat men in het algemeen bereid is voor een hoger comfort ook meer te betalen, waarbij de daling van de energieprijzen in de laatste jaren zeker een factor van betekenis is geweest.

5 DE METINGEN

5.1 Meetopzet

Om een onderbouwing te geven van de technische voorwaarden voor het ontwerpen van warmwaterinstallaties, zijn in 4 woningen gedurende een week alle tappingsen gemeten.

In de 4 woningen waren de volgende toepassingsmogelijkheden voor warm water aanwezig:

woning A : keuken, douche/lavet
woning B : keuken, douche en wastafel
woning C : keuken, douche/lavet en wastafels
woning D : keuken, douche, wastafel en bad

In bijlage 4 zijn de specifieke gegevens van de installaties en de gezinssamenstelling van de bewoners vermeld.

De situaties in de woningen A, B, C en D kunnen worden vergeleken met respectievelijk de comfortklassen 1, 2a, 2b en 3 zodat deze aanduiding in het hiernavolgende zal worden overgenomen.

De metingen vonden gespreid in de tijd plaats, te weten:

klasse 1 : april 1989
klasse 2a : oktober 1986
klasse 2b : december 1987
klasse 3 : oktober 1988

Van elke tapping zijn de volgende aspecten gemeten:

- * het tijdstip
- * de duur
- * de tijd sinds de voorgaande tapping
- * de volumestroom
- * het volume
- * de temperatuur van het gemengde water

5.2 Meetresultaten

Van elke woning zijn alle tappingen in de keuken, de douche, de wastafels en het bad gedurende de meetperiode geteld. Verder zijn de gemiddelde volumestromen, de temperaturen van het getapte water, de duur van de tappingen en de volumes getapt water bepaald. Bij het keukentappunt is vastgesteld bij hoeveel tappingen de tijd sinds de voorgaande tapping kleiner dan een minuut en bij hoeveel kleiner dan 5 minuten was.

Tabel 8 toont aan dat een grote mate van spreiding optreedt tussen de verschillende woningen. Bij vrijwel alle gemeten aspecten van de tappingen zijn er forse verschillen tussen de comfortklassen; een verschijnsel, dat het opstellen van een standaardtapprogramma niet vergemakkelijkt. Het is overigens de vraag of een op te stellen standaardtapprogramma gebaseerd moet zijn op een gemiddeld tapprogramma aangezien in de praktijk het gebruik van de warmwaterinstallaties zeer verschillend is.

5.2.1 Aantal tappingen

Gedurende de weken, waarin de vraag naar warm water in de vier woningen nauwkeurig werd geobserveerd, vonden in totaal niet minder dan 1685 tappingen plaats.

Opvallend was dat het aantal tappingen niet gelijkelijk over de woningen verdeeld was.

In de woningen met comfortklasse 1 en 2a werden gedurende de week circa 310 tappingen geregistreerd, terwijl dit aantal in de klasse 2b en 3 met circa 530 beduidend hoger lag.

Ruim 70 % van alle verrichte warmwatertappingen vond plaats met behulp van de keukenmengkraan.

De wastafelmengkraan bleek vervolgens met ongeveer 20 % van het totaal goede tweede in de reeks van geobserveerde tappunten.

De keukenmengkraan blijkt met een gemiddeld aantal tappingen van circa 300 per week het meest gebruikte tappunt te zijn. In de

bemeten woningen kon dit aantal oplopen tot 55 tappingsen per dag, veelal met een omvang van circa 1 liter per tapping.

5.2.2 Volumestroom

Zoals mocht worden verwacht is de volumestroom het grootst tijdens het douchen en het voorbereiden van een bad. Het openen van de warmwaterkraan in de keuken of van een wastafel leidt gemiddeld tot een volumestroom van circa 0,055 l/s (200 liter/uur). Verschillen in de volumestroom zijn het grootst bij de wastafel.

5.2.3 Temperatuur

Gemeten is de temperatuur van het water dat uit de mengkraan komt (dus het gemengd koud en warm water).

Gemiddeld over de gehele linie gaat de temperatuur van het benodigde warme water die van het menselijk lichaam niet te boven.

De hoogste temperatuur wordt verlangd in de keuken, waar in de woning met comfortklasse 2b niet alleen het grootste aantal tappingsen plaatsvond doch tevens de hoogste temperaturen van het gevraagde water werden waargenomen. Duidelijk lager lag het temperatuurniveau van via de wastafelmengkraan getapt water.

5.2.4 Duur van de tappingsen

Zeer grote verschillen tekenen zich af als het gaat om de duur van de tapping.

De mengkraan, die per tapping het langst geopend blijft, is die van de douche. Over alle klassen gemiddeld duurt een tapping daar ca. 5 minuten; tappingsen tijdens het douchen van ruim een kwartier komen echter voor.

Opvallend is overigens het verschil in duur van een tapping voor warm douchewater tussen enerzijds de woningen met comfortklasse 1 en 2a en anderzijds de woningen met klasse 2b of 3.

Van een geheel andere orde-grootte zijn de tappingsduren in de keuken. In het algemeen blijven deze beperkt tot een kwart minuut; uitzonderingen oplopend tot 40 seconden zijn evenwel mogelijk.

5.2.5 Volume

Gemeten is het volume van het warme water dat door het warmwater-toestel is geleverd (dus het getapte warme water verminderd met het bijgemengde koude water).

Frappant is de overeenkomst tussen het volume geleverd warm water in de verschillende keukens. Men kan stellen dat met een tapping in de keuken gemiddeld 1 liter water gemoeid is.

De spreiding bij de volumes gebruikt douchewater is daarentegen groot. Weliswaar blijft het niveau met 11 liter per tapping aan de acceptabele kant, doch uitschieters oplopend tot 100 liter per tapping komen eveneens voor.

5.2.6 Tijd tussen de tappings

Waargenomen is welke tijdsintervallen zich voordoen tussen opeenvolgende tappings. De meest gebruikte keukenmengkraan blijkt weliswaar zeer vaak benut te worden (zie ook 5.2.1) maar uit de geregistreeerde intervallen blijkt dat relatief veel tappings in de keuken zeer kort na elkaar plaatsvinden. Een en ander is weergegeven in de tabellen 9 en 10 en in figuur 8.

5.2.7 Conclusie

1. Het aantal geregistreeerde tappings in de keuken (gemiddeld ruim 40 per dag) ligt vrij hoog in vergelijking met het tot nu toe, in verband met het vaststellen van de leidingverliezen, vrij algemeen gehanteerde gemiddelde van 15 tappings per dag. Het aantal voor het vaststellen van de leidingverliezen relevante tappings (het totaal aantal tappings verminderd met de tappings met een tijdsinterval ten opzichte van de vorige tapping van minder dan 5 minuten) wijkt echter niet significant af van het tot nu toe gehanteerde gemiddelde.
2. Omdat enerzijds de temperatuur van het gemengde water is gemeten, en anderzijds het volume van het door het toestel geleverde warme water is het moeilijk de gemeten gegevens te verwerken.

Wil men bruikbare conclusies trekken dan is het nodig om elke tapping afzonderlijk te beoordelen aan de hand van alle relevante aspecten.

In de tabel in bijlage 4 (meetgegevens gerangschikt per tapping) zijn van één woning de tappings die gedurende één dag zijn gemeten weergegeven.

3. Ook door het geringe aantal meetobjecten (4) is het niet mogelijk om een reële schatting te maken van het gemiddelde tappatroon in een woonhuis

5.3 Samenvatting

1. Resumerend kan gesteld worden dat het ontlenen van een standaardtappatroon aan de hier besproken uitkomsten moeilijk uitvoerbaar lijkt.
 - onevenwichtigheid in de gevonden uitkomsten per meetpunt;
 - het feit dat de metingen per object niet-simultaan werden uitgevoerd;
 - het geringe aantal meetobjecten en
 - het gebrek aan tijd om de verworven gegevens op de juiste wijze te bewerken mogen als argumenten gelden om in deze vooralsnog terughoudend te werk te gaan.
2. Een uitzondering vormt wellicht de keukenmengkraan, waarvan over een aantal van in totaal ongeveer 1200 tappings de verschillende comfort-aspecten zijn gevolgd en gekwantificeerd.

Voor de keukenmengkraan kan voor het vaststellen van het aantal voor het bepalen van de leidingverliezen relevante tappings worden uitgegaan van 15 tappings per dag.
3. Overigens dient men zich te realiseren dat de metingen in de 4 woningen oorspronkelijk niet bedoeld waren om definitieve conclusies uit te trekken maar om een definitieve meetopzet vast te stellen (zie ook de verantwoording)

Tabel 8 - Warmwater-tappatronen van mengkranen in 4 comfortklassen

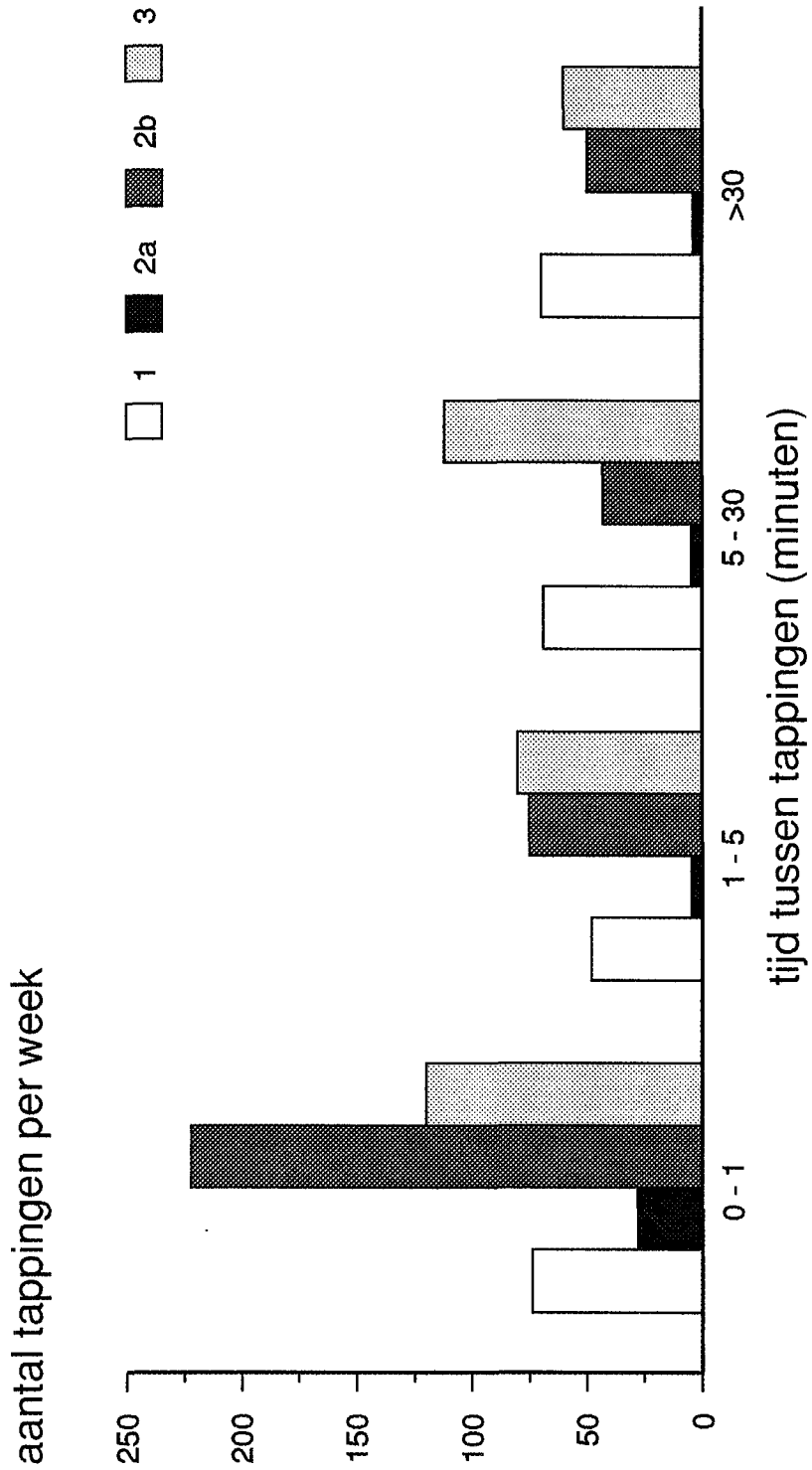
KEUKEN						
comfort- klasse	volumestroom		tempera- tuur (grC)	duur (s)	hoeveel- heid (l)	aantal tappingen (week)
	(l/s)	(l/h)				
1	0.013611	49	22.2	21.8	0.9	261
2a	0.104166	375	39.8	10.7	1.0	182
2b	0.035277	127	49.1	15.3	1.1	390
3	0.087222	314	34.0	12.6	1.1	372
mediaan	0.06125	220	37.0	14.0	1.0	
spreading	0-0.1111	0-400	10-70	0-40	0-4	
DOUCHE						
1	0.034722	125	37.5	444.0	16.6	10
2a	0.104166	375	40.0	450.0	7.5	7
2b	0.077222	278	29.0	137.3	9.5	33
3	0.096666	348	31.5	106.8	12.7	48
mediaan	0.086111	310	35.0	291.0	11.0	
spreading	0-0.1667	0-600	10-55	0-1000	0-100	
WASTAFEL						
1	-	-	-	-	-	0
2a	0.055	198	23.0	21.5	0.9	119
2b	0.043333	156	26.1	51.0	2.8	96
3	0.075833	273	28.3	19.8	1.5	112
mediaan	0.055555	200	25.0	22.0	2.0	
spreading	0-0.2777	0-1000	0-55	0-300	0-20	
LAVET/BAD						
1	0.009166	33	14.6	9.6	0.5	50
2a	-	-	-	-	-	0
2b	0.1225	441	38.6	207.8	24.5	19
3	-	-	-	-	-	0
mediaan			niet bepaald			
spreading			niet bepaald			

Tabel 9 - Tijd tussen tappings
(tapfrequentie in de 4 comfortklassen, tijd in min.)

weekbeeld		tapfrequentie van de keuken- en douchemengkraan in de 4 comfortklassen met oplopende tijdsintervallen							
		k e u k e n				d o u c h e			
mengkraan comfortklasse	tijdsinterval	1	2a	2b	3	1	2a	2b	3
	0 - 0,1	13	84	40	36			2	6
	0,1- 0,2	10	42	50	20			1	14
	0,2- 0,3	4		39	13			1	2
	0,3- 0,5	18		43	20				3
	0,5- 1,0	29		50	31			3	1
	1 - 5	48	7	75	80			10	2
	5 - 10	25	7	19	58			2	
	10 - 15	23	7	10	23			3	1
	15 - 30	21	7	14	31			2	
	30 - 60	33	7	12	28	1		2	1
	60 -180	22	7	19	22	1		2	1
	180-450	13	14	15	8	4		3	5
	450-900	2		4	2	8	7	4	10
TOTAAL TAPPINGEN		261	182	390	372	14	7	35	46

Tabel 10 - Tijd tussen tappings (samenvatting tapfrequenties in de
4 comfortklassen)

weekbeeld		tapfrequentie van de keuken- en douchemengkraan in de 4 comfortklassen met oplopende tijdsintervallen							
		k e u k e n				d o u c h e			
mengkraan en comfortklasse	tijdsinterval min	1	2a	2b	3	1	2a	2b	3
	0 - 5	122	133	297	200			7	26
	> 5	139	49	93	172			10	2
						14	7	7	1
								11	17
TOTAAL		261	182	390	372	14	7	35	46



Figuur 8 - Tijd tussen tappingen; keukenmengkraan (4 comfortklassen)

6 CONCLUSIES

6.1 Comfortklassen

De indeling in comfortklassen geeft een uitstekend kader met randvoorwaarden waaraan het ontwerp van een warmwaterinstallatie moet voldoen. Indien het gebruik van comfortklassen in bestekken van woningen gemeengoed wordt, heeft de ontwerper en/of de installateur in de toekomst te maken met concrete eisen waaraan de installatie moet voldoen.

6.2 Standaardtapprogramma

In verband met de grote spreiding tussen de verschillende tapprogramma's in de praktijk is een exacte bepaling van het gemiddelde tapprogramma niet zinvol. Het is echter toch gewenst om aan de hand van de beschikbare gegevens (hoewel het aantal meetobjecten (4) zeer gering is) een standaardtapprogramma op te stellen dat zo mogelijk door alle betrokken partijen kan worden gehanteerd.

Aan de hand van de metingen kan worden geconcludeerd dat het, met het oog op de bepaling van de leidingverliezen, tot nu toe gehanteerde aantal tappingsen per dag (15) aan het keukentappunt een goede benadering van de werkelijkheid is.

6.3 Samenhang

De volgende samenhangende factoren bepalen de kwaliteit van de warmwaterinstallaties:

- beschikbare volume (volumestroom) warm water,
- leveringskarakteristiek van het warmwatertoestel,
- figuratie van het leidingnet,
- wachttijden,
- onderlinge beïnvloeding van tappunten,
- regelbaarheid van mengkranen en/of begrenzing van volumestromen
en
- capaciteit van mengkranen en douchekoppen.

De samenhang van de verschillende factoren is in figuur 9 schematisch weergegeven. Zoals deze figuur aangeeft zijn er in de warmwaterinstallatie drie hoofdelementen te onderscheiden namelijk:

1. het warmwatertoestel
2. leidingconfiguratie van het warmtapwaternet
3. de mengkranen en de douchekop

Om een goede onderlinge afstemming van de drie hoofdelementen van de warmwaterinstallatie te verkrijgen zal een apart onderzoekprogramma noodzakelijk zijn waarin in elk geval de onderstaande elementen moeten worden onderzocht.

6.3.1 Warmwatertoestellen

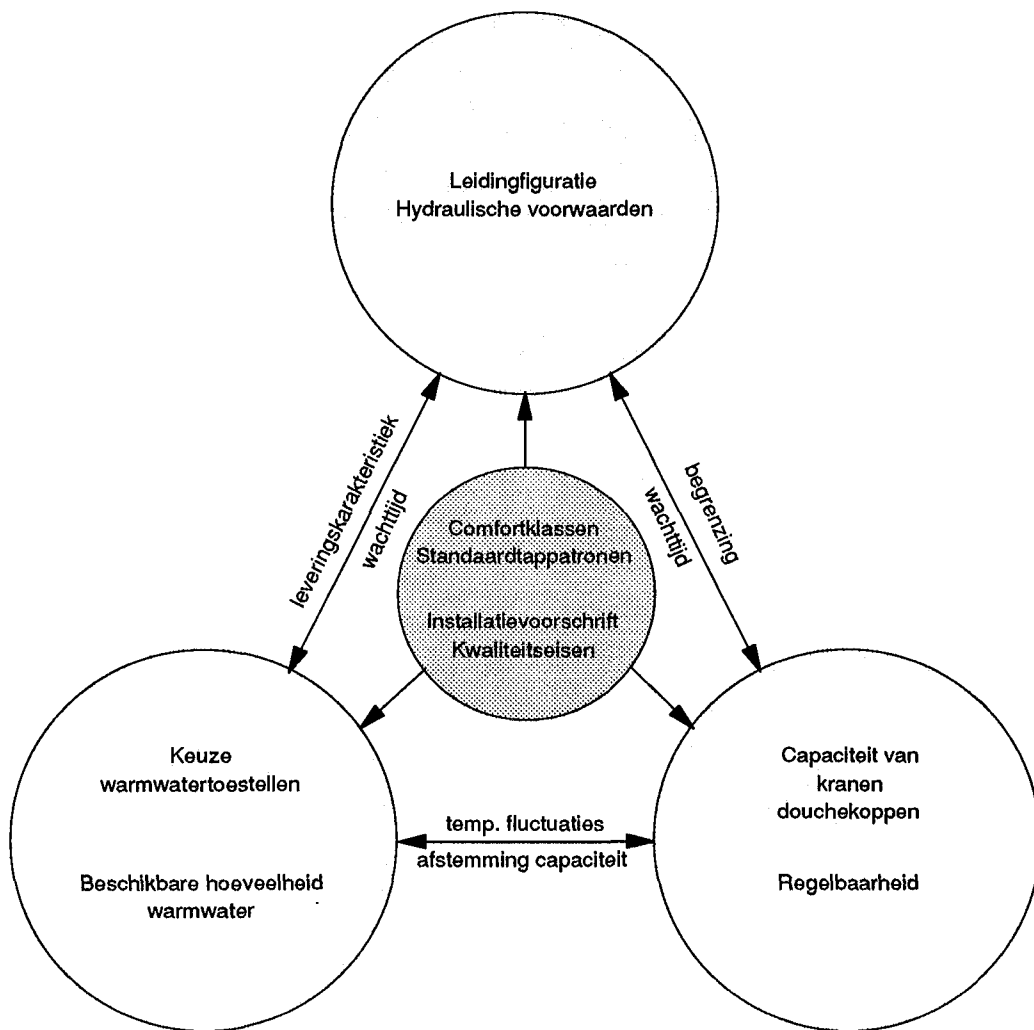
Warmwatertoestellen moeten aan de eisen, die vanuit de comfortklassen worden gesteld, kunnen voldoen. Nader onderzoek naar de leveringskarakteristiek en wachttijd van de toestellen zal nodig zijn.

6.3.2 Leidingconfiguratie

Bij een eis van gelijktijdig gebruik van tappunten moeten fluctuaties van temperatuur en volumestroom veroorzaakt door het bij- of afschakelen van tappunten binnen nauwe grenzen liggen. Met behulp van laboratorium-onderzoek aan een modelleidingnet en een dynamisch computermodel kunnen installatievoorschriften worden geformuleerd.

6.3.3 Mengkranen, douchekoppen

Om een juiste instelling en verbruik binnen de warmwaterinstallatie te kunnen verkrijgen zullen aan mengkranen, douchekoppen, etc. nadere eisen ten aanzien van regelbaarheid en capaciteit moeten worden gesteld. Deze eisen kunnen vastgelegd worden in kwaliteitseisen en attesten.



Figuur 9 - Samenhang van de verschillende factoren

7 BRAAKLIGGEND ONDERZOEKSTERREIN

7.1 Comfortklassen

Nagegaan kan worden aan welke eisen de verschillende onderdelen van de installatie moeten voldoen om gezamenlijk aan de geformuleerde comfortklassen te kunnen voldoen

7.2 Standaardprogramma

Aan de hand van de meetgegevens kunnen verdere stappen worden gezet op de weg naar een algemeen aanvaard standaardprogramma.

7.3 Warmwatertoestellen

Om vast te stellen wat de specifiek eigenschappen van warmwatertoestellen zijn is het nuttig om van alle op de markt zijnde toestellen de volgende aspecten te meten:

- vermogen
- volumestroom
- benodigde voordruk
- tapkarakteristiek
- inhoud
- wachttijden
- opwarmtijden
- temperatuur
- stilstandsverlies
- rendement

7.4 Leidingconfiguratie

Nagegaan kan worden in hoeverre de leidingconfiguratie van invloed is op de fluctuaties van temperatuur en volumestroom bij gelijktijdig gebruik van tappunten.

7.5 Mengkranen en douchekoppen

Nagegaan kan worden in hoeverre de regelbaarheid en capaciteit van mengkranen en douchekoppen van invloed zijn op het comfort van de warmwaterinstallatie. Met name kan worden gekeken naar de mogelijkheden om meer comfort te realiseren door het toepassen van thermostatisch geregelde mengkranen

7.6 De invloed van drukvariaties op het temperatuurverloop bij mengkranen

Ten gevolge van drukvariaties in de drinkwaterinstallatie kunnen tijdens het gebruik van mengkranen hinderlijke temperatuurvariaties optreden. Met name bij centrale warmwatervoorzieningen in grote flatgebouwen en in hotels, maar ook in stadsverwarmingssystemen komt dit in bijzondere mate tot uiting.

Ook bij modulerende geisers, waarbij op meerdere tappunten gelijktijdig warm water wordt onttrokken, zal bij het open- of dichtdraaien van een tappunt de temperatuur plotseling enkele graden stijgen of dalen. Immers de volumestroom door het toestel wijzigt en als gevolg daarvan ook de weerstand.

Het is in principe mogelijk met behulp van een meetprogramma langs empirische weg het genoemde temperatuurverloop te bepalen.

7.7 Zonne-energie ten behoeve van de warmwatervoorziening

Hoewel warmwatertoestellen verwarmd door zonne-energie op dit moment nog niet rendabel zijn, neemt de penetratie, dankzij het subsidiebeleid van de rijksoverheid, langzaam toe. Dit is onder andere te danken aan de activiteiten van enkele energiebedrijven. Nagegaan kan worden in hoeverre het mogelijk is om de voorlichting over genoemde toestellen te integreren in de huidige voorlichting.

7.8 Warmwatervoorziening in de toekomst

Op verschillende plaatsen wordt nagedacht over de installatietechnische infrastructuur van de woningen in de toekomst. De

verwachting is dat ook de woning van de toekomst beschikt over een warmwaterinstallatie. Het is wellicht zinvol om na te denken over geheel nieuwe methoden van warmwatervoorziening en over de mogelijkheden van de huidige toestellen en appendages voor de toekomst.

7.9 Collectieve voorzieningen

In deze rapportage is vrijwel alleen aandacht besteed aan warmwaterinstallaties voor woonhuizen. Wellicht is het zinnig om ook onderzoek te doen aan collectieve en bedrijfsmatige voorzieningen, zoals ziekenhuizen, bejaardentehuizen, hotels, maar ook kapsalons en veehouderijen.

7.9.1 Circulatieleidingen

Bij collectieve voorzieningen kan ook de keuze voor het al of niet toepassen van circulatieleidingen anders uitvallen. Een nadere studie naar de voor- en nadelen van een dergelijk systeem is wellicht nuttig.

7.9.2 Toestelinhoud

Er bestaan voor zo ver ons bekend nog nauwelijks kengetallen voor de benodigde toestelinhoud voor grotere installaties, zoals hotels, kapsalons. Ook hier zou onderzoek naar kunnen worden verricht.

8 AANBEVELINGEN

8.1 Comfortklassen

Er dienen maatregelen te worden genomen waardoor het hanteren van comfortklassen door architecten, ontwerpers van installaties, installateurs, woningbouwcorporaties, energie- en waterbedrijven, fabrikanten van en handelaren in toestellen en natuurlijk gebruikers een voor de hand liggende zaak wordt.

8.2 Standaardtapprogramma

Aan de hand van de meetgegevens dienen stappen te worden gezet op de weg naar een algemeen aanvaard standaard tapprogramma.

8.3 Vervolgonderzoeken

Nagegaan moet worden welke onderdelen van het braakliggend onderzoeksterrein het eerst moeten worden uitgevoerd.

8.4 Installatievoorschriften

Aan de hand van de resultaten van dit onderzoek, zo mogelijk aangevuld met resultaten van vervolgonderzoek, dienen installatievoorschriften te worden geformuleerd.

9 LITERATUUR

1. Basisonderzoek Aardgas Kleinverbruik 1988 (BAK 1988), GAS nr.4, april 1989.
2. Warmwaterinstallaties in Holendrecht-West. GDV/THA J.C. Spits, 24 februari 1981, ter inzage bij KIWA, Nieuwegein
3. Interim-rapport Werkgroep Warm Water van de KIWA-commissie Distributie, SWE 449, Nieuwegein, december 1982
4. KIWA-criteria nr. 29 + wijzigingsblad; Warmwatertoestellen met indirecte verwarming bedoeld voor huishoudelijk gebruik in individuele woningen
5. VESTIN supplement-specificatie bij KIWA-criteria nr. 29 voor warmwatertoestellen in gebruik bij stadsverwarming
6. Energiekostenberekening warm tapwater; uitgave VEEN, VEGIN
7. Installaties voor individuele warmwatervoorzieningen in woningen. Voorlichtingsrapport VEG-GASINSTITUUT (herziene versie 1990)
8. Nullastverliezen en stilstandsverliezen bij elektrische voorraadtoestellen; vdLa/0617a/CMS 87-04-24, ter inzage bij KIWA, Nieuwegein

Normbladen

- NEN 1006; Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties (AVWI-1981)
- NEN 1010; Veiligheidsbepalingen voor laagspanningsinstallaties (4e druk, juli 1988)
- NEN 1078; Voorschriften voor aardgasinstallaties GAVO-1987 (4e druk, mei 1987)

- NEN 7110; Inlaatcombinaties voor gesloten warmwatertoestellen

Kwaliteitseisen

- KIWA-kwaliteitseisen nr. 50; Fittingen, koppelingen en onderdelen voor soldeer- en schroefverbindingen
- KIWA-kwaliteitseisen nr. 57; Koperen pijpen
- KIWA-kwaliteitseisen nr. 67; Knelfittingen voor verbindingen voor koperen pijpen
- KIWA-kwaliteitseisen nr. 85; Inwendige emailbekleding van stalen warmwatervoorraadvaten

Bijlage 1 - Schema van onderwerpen met betrekking tot warmwater-voorzieningen

Onderwerp	Aspect	
HET TE VERWARMEN WATER	Temperatuur	- i.v.m. Gebruiksdoel - i.v.m. Technische eisen (hardheid, energieverlies)
	Volume en Volumestroom	- Aantal apparaten - Tappatroon per categorie verbruikers
	Wachttijd	- i.v.m. toestel en leid.lengte
HET WARMWATER TOESTEL	Plaats	- Opstelling van het toestel
	Vermogen	- Inhoud - Opwarmtijd - Volumestroom
	Soort	- Doorstroomtoestel - Voorraadtoestel - Combinatie
	Beveiliging en regeling	- Temperatuur - Druk
	Onderhoud	- Ontkalking - Centrale ontharding - Controle beveiligings-apparatuur - Preventief/periodiek onderhoud
	Energie	- Indirect (CV-systeem, stadsverwarming)
DE INSTALLATIE	Materiaal	- Temp. bestandheid - Corrosiebestandheid
	Isolatie	- Energieverliezen
	Leidingen	- Lengte - Middellijn - Toelaatbare snelheid
	Systeem	- Centraal - Enkelvoudig - Circulatie
	Geluidshinder	
	Kranen	- Tapt toestellen - Mengtoestellen
	Andere aansluitingen	- Gootsteenkransen - Badkransen - Douchekransen - Wasmachinekransen
KOSTEN	Vaste kosten	- Rente- en afschrijving leidingen en toestellen
	Variabele kosten	- Energieverbruik - Waterverbruik - Onderhoud

Bijlage 2 - Relatie wachttijd en energieverlies

De energieverliezen van warmwaterleidingen zijn te onderscheiden in:

- energieverlies door afkoeling tijdens stilstand van het water in de leiding (rendement η_1). Dit verlies is afhankelijk van het aantal tappings en de tijdsinterval tussen de tappings;
- energieverlies door afkoeling ten gevolge van straling en convection tijdens stroming van het water door de leiding (rendement η_2). Dit verlies is onder andere afhankelijk van de volumestroom tijdens het tappen en de duur van de tappings.

Beide rendementen zijn dus afhankelijk van verschillende grootheden en moeilijk in één tabel of grafiek onder te brengen. η_2 is echter zeer hoog ten opzichte van η_1 zodat $\eta_{\text{totaal}} (= \eta_1 * \eta_2)$ niet veel zal afwijken van η_1 . In figuur 10 is η_1 afleesbaar voor koperen warmwaterleidingen met de middellijnen 8/10, 10/12, 13/15, (16/18) en 19,8/22 mm. Als vuistregel kan worden aangehouden $\eta_2 = 0,99$. De tijd tussen het openen van de kraan en het tappen van warm water, dat de eindtemperatuur benadert, wordt veroorzaakt door: de verdrijftijd van het koude water en de opwarmtijd van het leidingmateriaal.

Met gebruikmaking van in het verleden gedane metingen zijn verdrijftijd en opwarmtijd te samen als "leidingwachttijd" afleesbaar in figuur 2.

Empirisch is vastgesteld, dat het volume warm water, dat benodigd is voor de opwarming van het leidingmateriaal ongeveer 66% bedraagt van de te verdringen leidinginhoud.

Voorbeeld:

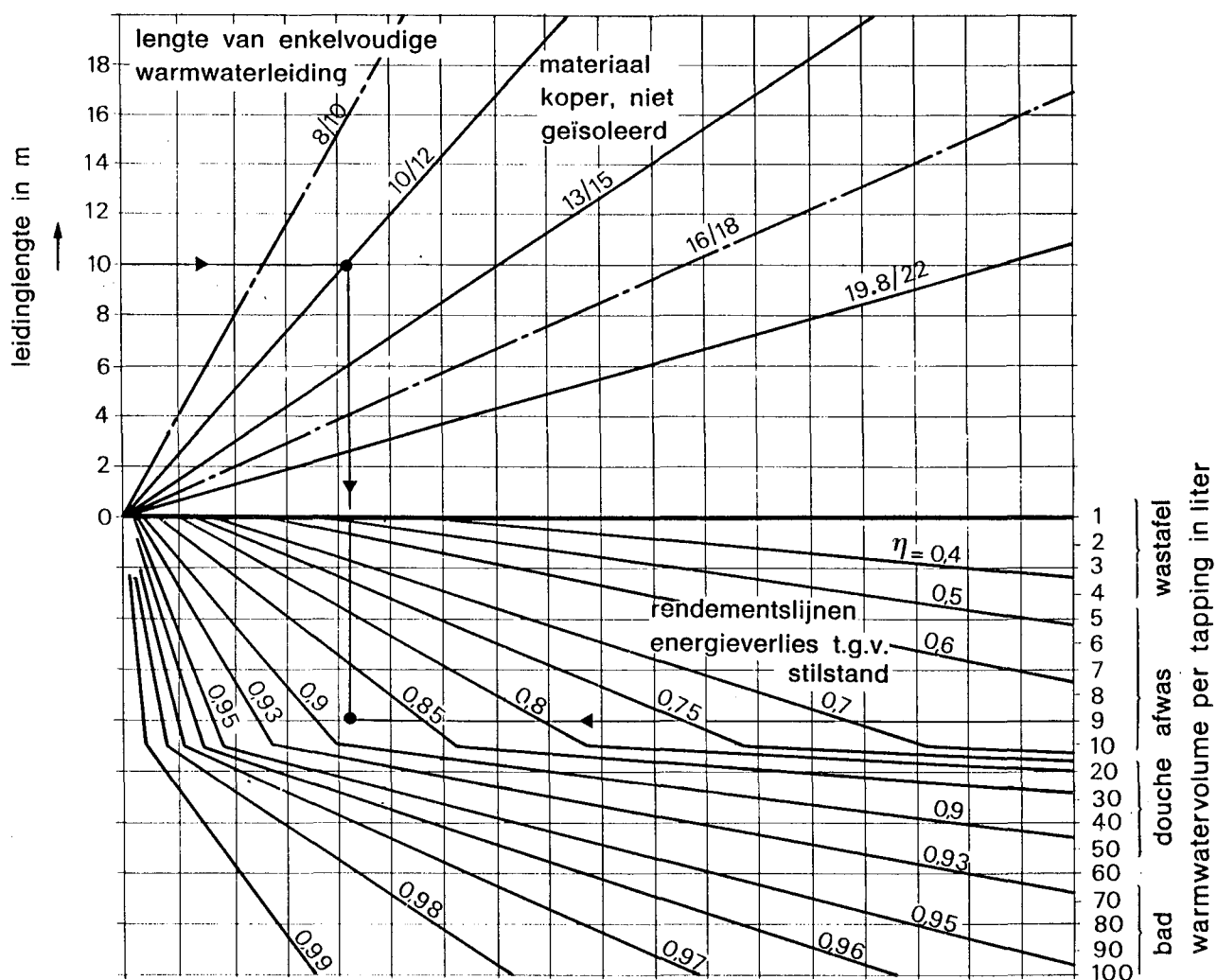
Leiding naar de keuken 10 m, 12 mm uitwendig. $\eta_1 = 0,88$ bij 9 liter afname.

Uit de metingen is voorts gebleken, dat de wachttijd zoals gedefinieerd, niet meetbaar wordt beïnvloed door het al dan niet aanwezig zijn van isolatiemateriaal. Omdat de stilstandsverliezen evenredig zijn met de wachttijden zal dus η_1 van een geïsoleerde leiding

ongeveer gelijk zijn aan die van een niet geïsoleerde leiding als van dezelfde omstandigheden wordt uitgegaan.

De wachttijd wordt ongeveer 5% groter als een leiding, ook al is deze voorzien van een mantelbuis, wordt ingestort in beton.

Voor leidingen ingestort in beton is het rendement dus $0,95 \times \eta_1$ zoals deze in figuur 10 is af te lezen.



Figuur 10 - Energieverlies door afkoeling tijdens stilstand van het water in de leiding (rendement η_1)

Wat betreft het verlies door afkoeling tijdens stroming kan worden gesteld dat dit voor een geïsoleerde leiding ongeveer 10% bedraagt van het verlies van een niet geïsoleerde leiding.

Voor geïsoleerde leidingen kan derhalve als rendement $\eta_2 = 0,90$ worden aangehouden.

Indien, in verband met het verkorten van de wachttijd, een circulatieleiding is aangebracht zal η_2 zo klein zijn dat het verstandig is om de leiding te isoleren. Overigens zullen de leidingverliezen van een circulatieleiding ook bij een geïsoleerde leiding veel groter zijn dan bij een leiding waarin het water na de tapping afkoelt. In het algemeen is het toepassen van een circulatieleiding dan ook niet aan te raden.

Raming van de leidingverliezen

Gezien de geringe gebruiksfrequentie van de bad- en wastafelmengkranen ten opzichte van de gebruiksfrequentie van de keukenkraan, kan voor het inschatten van de leidingverliezen worden volstaan met een nadere beschouwing van de leiding tussen het warmwatertoestel en de keukenkraan.

Het dagelijks optredende verlies is afhankelijk van de lengte en middellijn(en) van de koperen leiding en het aantal keren per dag dat in de keuken warm water wordt gebruikt. Voor dit laatste wordt in Nederland doorgaans aangenomen dat er vijftien maal per dag getapt wordt waarbij een volledig (wachttijd) verlies optreedt. Het verlies per meter leidinglengte kan bij benadering bepaald worden door

1. de verdringing van koud door warm water te bepalen en dit volume te vermeerderen met
2. de energie die nodig is om de leiding op temperatuur te brengen. (Het energieverlies door afkoeling ten gevolge van straling en convectie tijdens stroming van het water door de leiding is niet in de berekening meegenomen.)

ad 1:

Verlies per dag bij een 10/12 mm leiding ten gevolge van verdringing over één meter lengte:

$$\frac{\pi}{4} (0,01)^2 \times 1 \times 15 = 0,00118 \text{ m}^3 = 1,18 \text{ liter}$$

waarin:

0,01 = binnenmiddellijn leiding in m
1 = lengte van de leiding in m
15 = aantal tappingen per dag

ad 2:

Indien 15 maal per dag de leiding van 20 tot 65 °C wordt opgewarmd is hiervoor per dag aan warmte nodig:

$$\frac{\pi}{4} (0,012^2 - 0,01^2) \times 1 \times 8900 \times 0,385 \times 45 \times 15 = 80 \text{ kJ}$$

waarin:

0,012 = buitenmiddellijn leiding in m
0,01 = binnenmiddellijn leiding in m
1 = lengte van de leiding in m
8900 = dichtheid van koper in kg/m³
0,385 = soortelijke warmte van koper in kJ/(kg.K)
45 = temperatuurverschil van de opgewarmde leiding (65 °C) en omgeving (20 °C)
15 = aantal tappingen per dag

Voor de opwarming van de 10/12 mm leiding is theoretisch per dag aan warm water van 65 °C nodig:

$$\frac{80}{1 \times 10^3 \times 4,1868 \times 55} = 0,00035 \text{ m}^3 = 0,35 \text{ liter}$$

waarin:

1 x 10³ = dichtheid van water in kg/m³
4,1868 = soortelijke warmte van water in KJ/(kg.K)
55 = temperatuurverschil tussen warm water (65 °C) koud water (10 °C).

Zoals hiervoor reeds vermeld, is empirisch vastgesteld, dat de voor het opwarmen van de leiding benodigde volume warm water aanzienlijk groter is dan het op bovenbeschreven wijze berekende volume. Dit komt voort uit het feit, dat niet alle met het water meegevoerde energie nuttig wordt gebruikt om de leiding op temperatuur te brengen: een deel ervan zal tijdens de opwarmfase van de leiding met het water wegstromen en moet derhalve als verlies worden beschouwd.

Indien wordt uitgegaan van een voor de opwarming van de leiding benodigde volume warm water ter grootte van 66% van het te verdringen volume water, vinden we voor de 10/12 mm-leiding een totaal warmwaterverlies per dag per meter lengte.

$$1,18 + 0,66 * 1,18 = 1,96 \text{ liter}$$

Voor een 13/15 mm-leiding is het dagelijks warmwaterverlies

$$1,99 + 0,66 * 1,99 = 3,30 \text{ liter per meter lengte.}$$

Bijlage 3 - Afkoeltijd water in koperen buizen

Het verband tussen de temperatuurdaling van een al of niet geïsoleerde leiding, gevuld met warm water en de omgevingstemperatuur is aangegeven in figuur 11.

Gedurende de tijd dt wordt een hoeveelheid warmte dQ aan de omgeving afgestaan volgens de formule:

$$dQ = k.A(T_t - T_o).dt \quad [1]$$

In deze formule is:

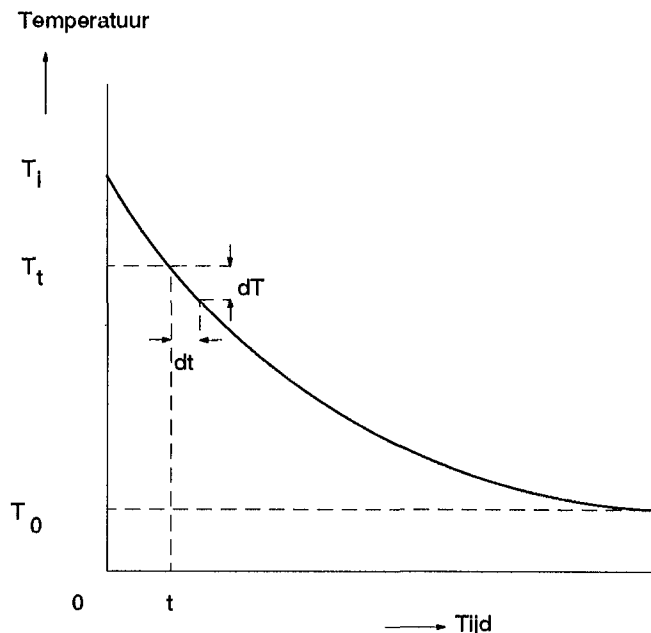
k = warmtedoorgangscoefficiënt $W/(m^2.K)$

A = uitwendig oppervlak van het betreffende leidingstelsel in m^2

Tengevolge van deze energie-afgifte daalt de temperatuur dT .

Indien de warmte-inhoud van het leidingstelsel y is dan geldt

$$dQ = y.dt \quad [2]$$



Figuur 11 - Temperatuurdaling van een gevulde leiding in de tijd.

T_o = omgevingstemperatuur in K.,

T_i = uitgangstemperatuur van het leidingstelsel in K.

T_t = temperatuur op tijdstip t van het leidingstelsel.

De voorgaande formules [1] en [2] gecombineerd geeft

$$y \cdot dT = k \cdot A \cdot (T_t - T_o) \cdot dt \text{ of wel}$$

$$\frac{dT}{T_t - T_o} = \frac{k \cdot A}{y} \cdot dt$$

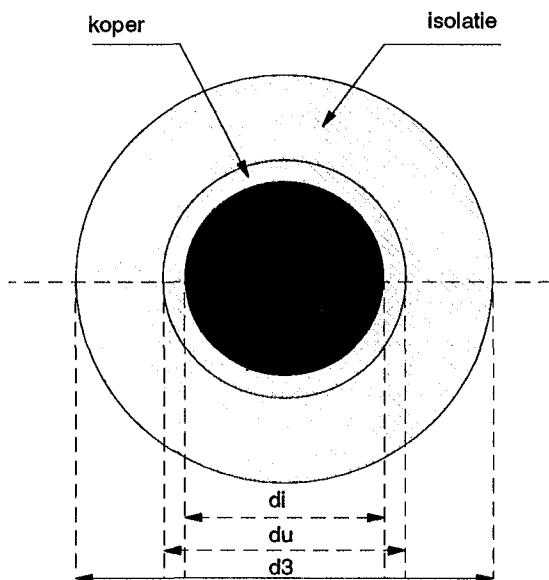
Geïntegreerd geeft dat:

$$\int \frac{dT}{T_t - T_o} = \int \frac{k \cdot A}{y} \cdot dt$$

Uitgewerkt betekent dit:

$$t = \frac{\ln \frac{T_t - T_o}{T_i - T_o}}{\frac{-k \cdot A}{y}} = \frac{\ln \frac{T_t - T_o}{T_i - T_o}}{C}$$

De factor $C = -\frac{k \cdot A}{y}$ dient voor elk leidingstelsel afzonderlijk te worden berekend. Dit gaat als volgt (zie ook figuur 12).



Figuur 12 - Geïsoleerde koperen leiding

$$k \cdot A = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot g_1} \ln \frac{d_u}{d_i} + \frac{1}{1g_2} \ln \frac{d_3}{d_u} + \frac{1}{\alpha_3 \cdot d_3}}$$

waarin α_1 = overgangscoefficiënt water-koper bij stilstand =
300 W/(m².K)

α_3 = overgangscoefficiënt isolatie met lucht = 10,7 W/(m².K)

g_1 = warmtegeleidingscoefficient koper = 385 W/(m.K)

g_2 = warmtegeleidingscoefficient isolatie = ca 0,035 W/(m.K)

Indien de leiding niet geïsoleerd is dan is

$\alpha_3 = \alpha_4$ = overgangscoefficiënt koper-lucht = ca. 12 W/(m².K)

Bovendien is dan uiteraard $d_3 = d_u$.

De gemiddelde waarde van de factor C kan voor een aantal situaties worden vastgesteld. Voor niet geïsoleerde leidingen is dit aangegeven in tabel 11 en voor geïsoleerde leidingen in tabel 12.

Tabel 11 - Factor C voor niet geïsoleerde koperen leidingen

Middellijn	C
10/12 mm	ca. -3,50 h ⁻¹
13/15 mm	ca. -2,75 h ⁻¹
19,8/22 mm	ca. -1,90 h ⁻¹
25,6/28 mm	ca. -1,50 h ⁻¹

Tabel 12 - Factor C voor geïsoleerde (ca. 2 cm) koperen leidingen

Middellijn	C
10/12 mm	ca. -0,80 h ⁻¹
13/15 mm	ca. -0,70 h ⁻¹
19,8/22 mm	ca. -0,40 h ⁻¹
25,6/28 mm	ca. -0,30 h ⁻¹

In de grafiek van figuur 13 is de afkoeltijd van water in koperen leidingen met en zonder isolatiemateriaal direct afleesbaar weergegeven.

Voorbeeld:

De temperatuur van een niet geïsoleerde koperen leiding 13/15 mm gevuld met water van 80°C daalt tot 45°C.

De omgevingstemperatuur is 20°C.

De factor C voor dit geval is volgens tabel 11: -2,75

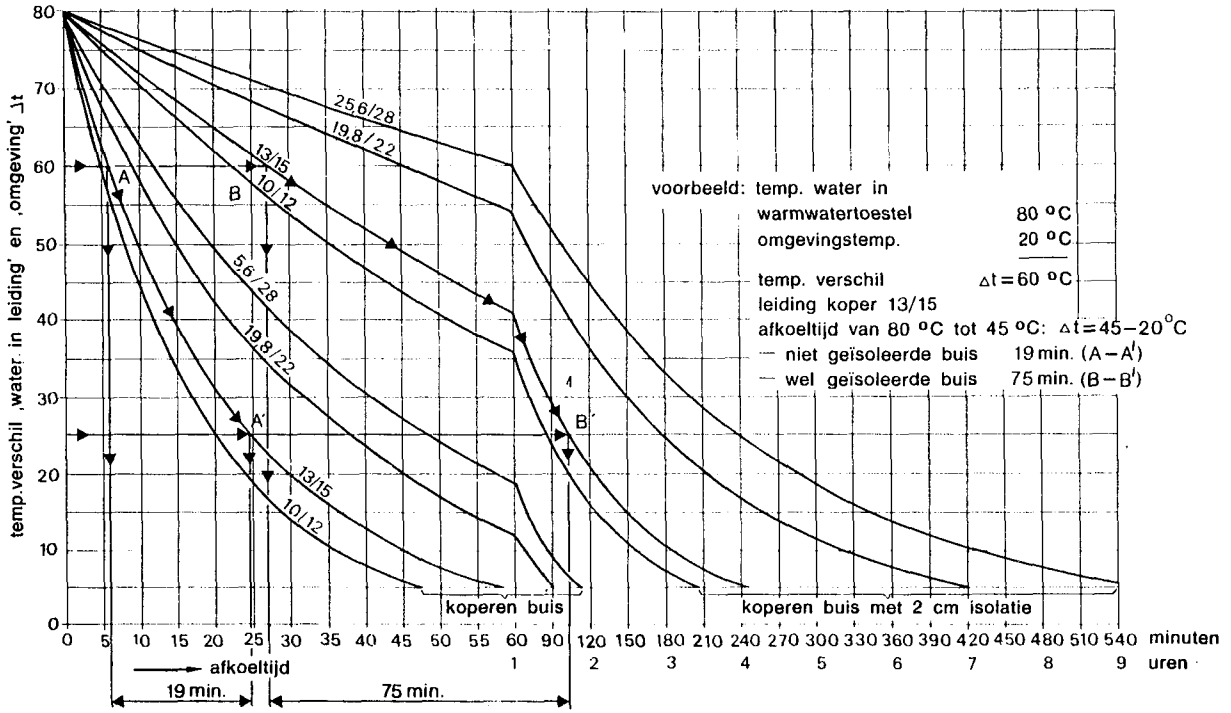
De afkoeltijd t wordt:

$$t = \frac{\ln \frac{45 - 20}{80 - 20}}{-2,75} = 0,318 \text{ h} = 19 \text{ minuut}$$

Indien de leiding wordt geïsoleerd met 2 cm isolatiemateriaal, kan worden gerekend met een factor C van -0,70.

De afkoeltijd t wordt dan:

$$t = \frac{\ln \frac{45 - 20}{80 - 20}}{-0,70} = 1,25 \text{ h} = 75 \text{ minuut}$$



Figuur 13 - Afkoeltijd water in koperen leidingen

Bijlage 4 - Gegevens van de verschillende meetobjecten en meetresultaten

WONING A (KLASSE 1)

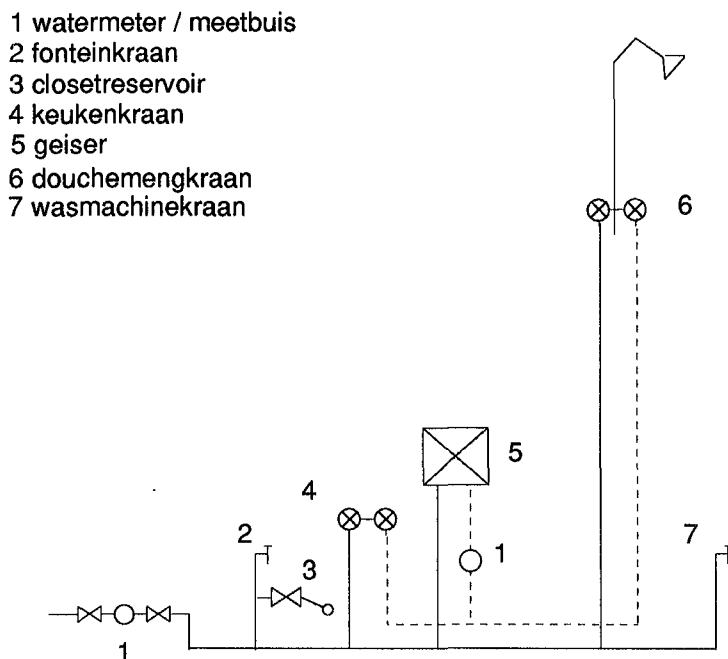
Plaats: Amstelveen

Meetperiode: 22 - 28 april 1989

Gezinssamenstelling: 2 volwassenen en 2 kinderen

Bijzonderheden: er is sprake van één mengkraan voor douche en lavet

Installatieschema:



Figuur 14 - Installatieschema meetlocatie Amstelveen;
comfortklasse 1

WONING B (KLASSE 2A)

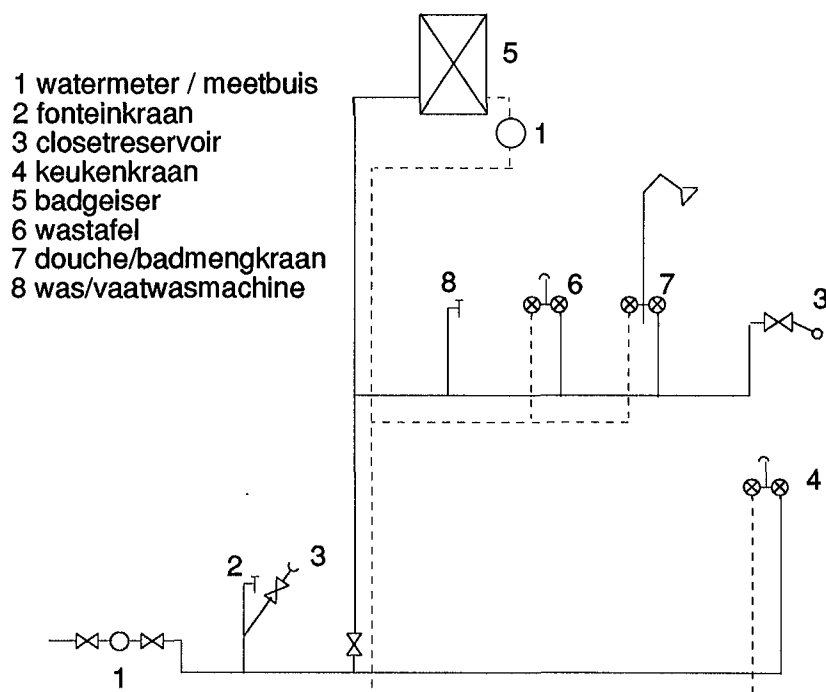
Plaats: Bleiswijk

Meetperiode: 5 - 11 oktober 1986

Gezinssamenstelling: 2 volwassenen en 3 kinderen respectievelijk 7, 9 en 12 jaar oud.

Bijzonderheden: het bad wordt alleen gebruikt om te douchen. De uitkomsten van de metingen zijn aangegeven per dag in plaats van per week. Het aantal tappings is door 7 gedeeld.

Installatieschema:



Figuur 15 - Installatieschema meetlocatie Bleiswijk; comfortklasse 2a

WONING C (KLASSE 2B)

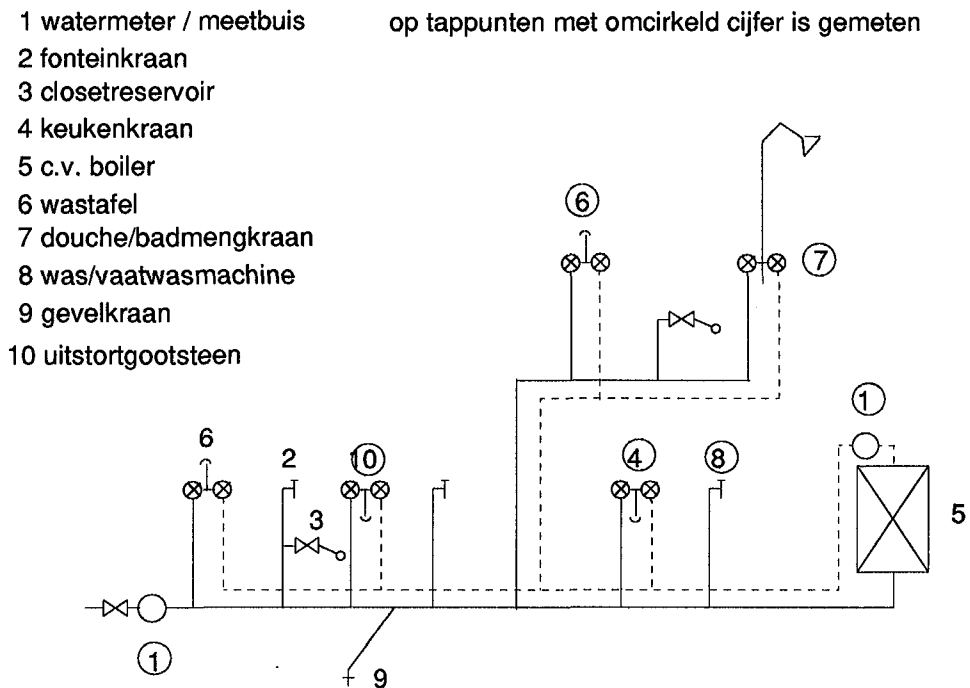
Plaats: Rotterdam

Meetperiode: december 1987

Gezinssamenstelling: 4 volwassenen

Bijzonderheden:

Installatieschema:



Figuur 16 - Installatieschema meetlocatie Rotterdam;
comfortklasse 2b

WONING D (KLASSE 3)

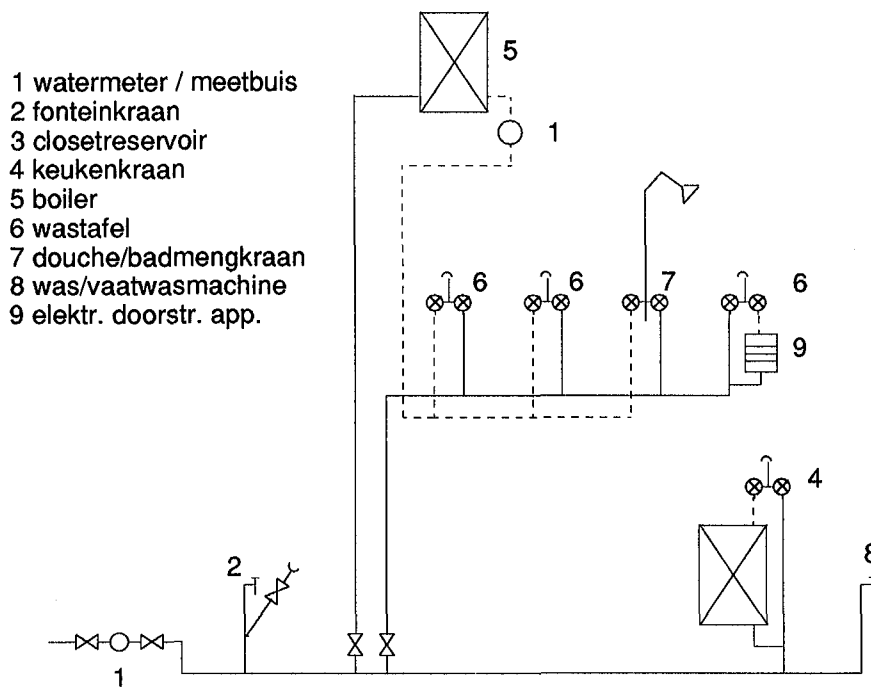
Plaats: Hazerswoude

Meetperiode: 20 - 26 oktober 1988

Gezinssamenstelling: 2 volwassenen en 3 kinderen respectievelijk 13, 18 en 20 jaar oud

Bijzonderheden: 1 kind alleen in het weekend thuis

Installatieschema:

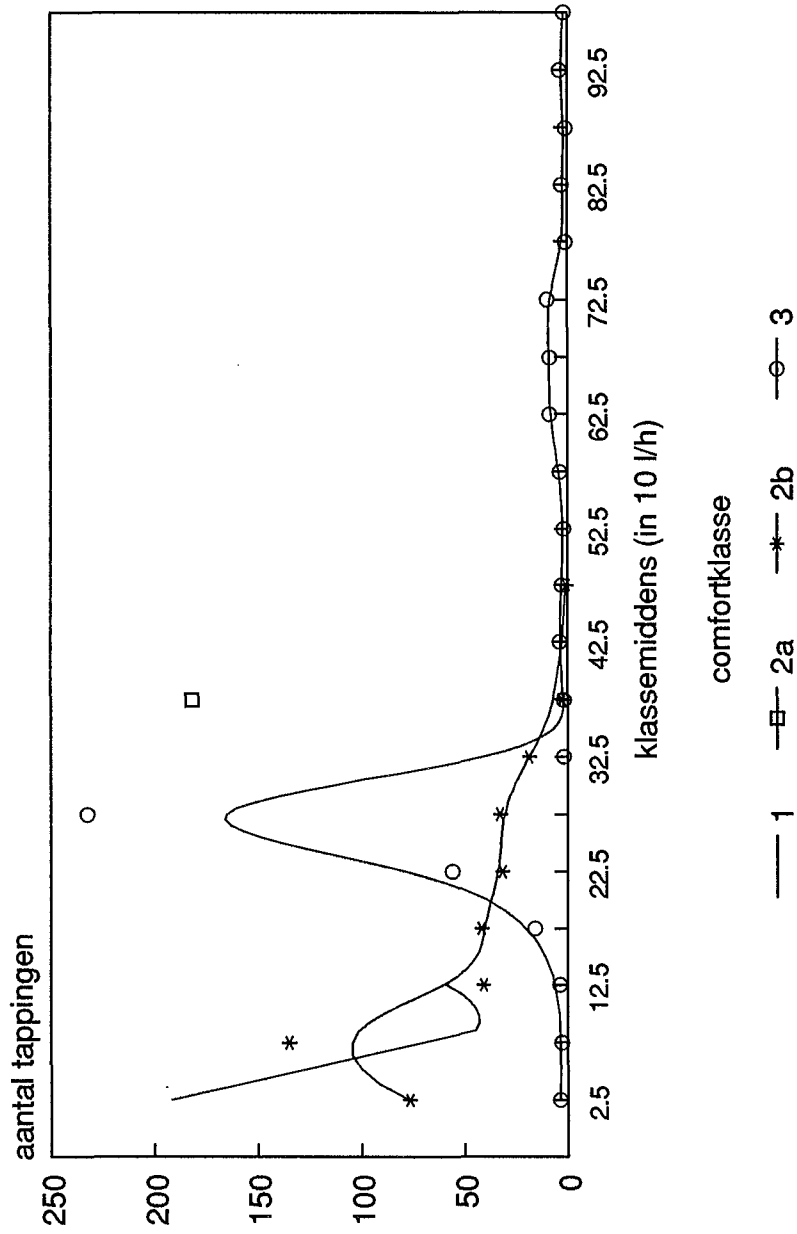


Figuur 17 - Installatieschema meetlocatie Hazerswoude; comfortklasse 3

VOLUMESTROOM [in 10 l/h]																					
aantal warmwater-tappingen m.b.v. mengkranen in 4 comfortklassen gedurende een week																					
meetintervallen		0-5	-15	-25	-35	-45	-55	-65	-75	-85	-95										
(10 l/h)		5-10	15-20	25-30	35-40	45-50	55-60	65-70	75-80	85-90	95-100										
comfort-klasse	tappunt	aantal tappingen																			
1	keuken	192	3	59																	
	douche			10																	
	lavet	46		4																	
2a	keuken																	182			
	wastafel	7	14	14	7	7	7	7	14												
	douche								14												
2b	keuken	77	135	41	42	32	33	19	3									1			
	wastafel	9	20	17	26	12	7	3										2			
	douche	4	3	4	1	3	2	5	3	1		1	3	2					1		
	bad			2	1	3		2	2	1			2	3		1	1		1		
3	keuken	4	3	4	16	56	233	2	2	4	3	2	4	9	9	10	1	3	1	4	2
	wastafel-badk.	6	1	2	2	3	3	1	4	5											
	wastafel-slp.k.1	6	1	3	3	4	3	3	3												
	wastafel-slp.k.2	6				1															
	douche	5				1	1	7	19	6	8										

Tabel 13 - Aantal warmwater-tappingen in relatie tot de volumestroom

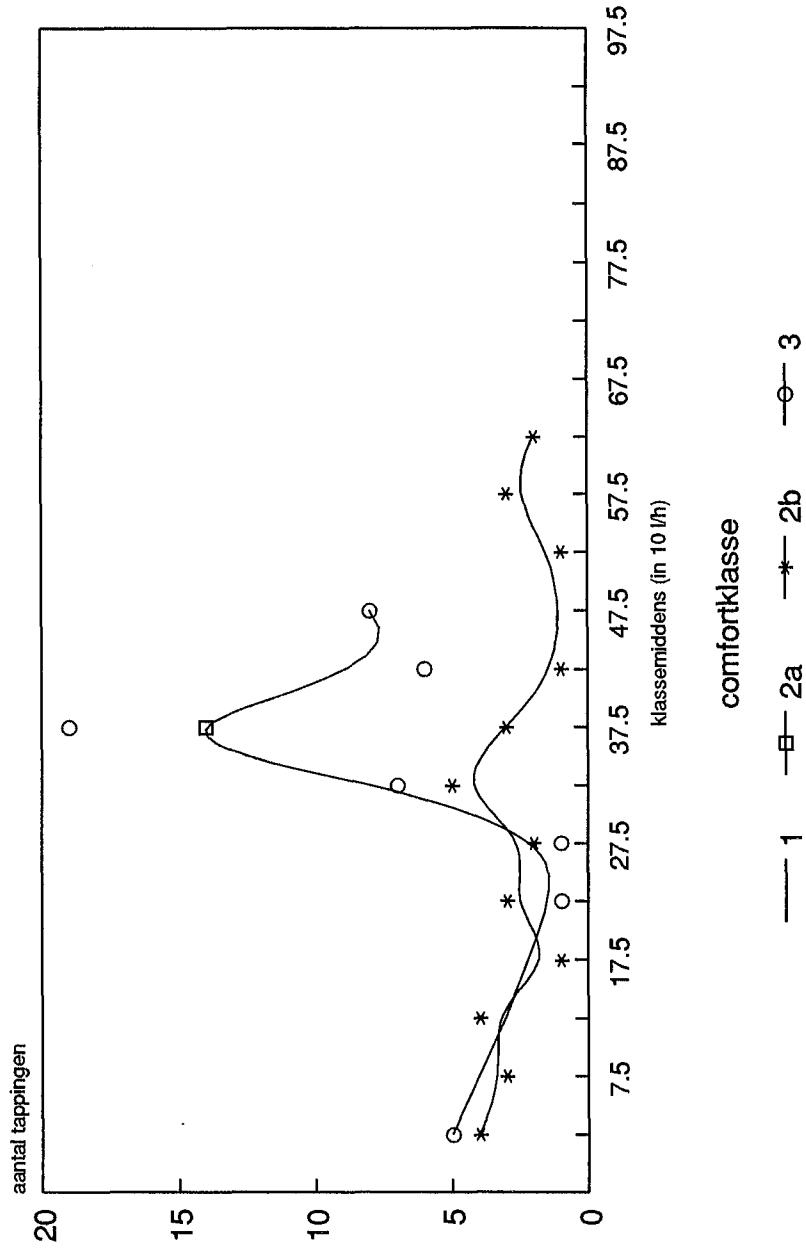
KEUKENMENGKRAAN VOLUMESTROOM warmwater-tappingen



Figuur 18 - Aantal warmwater-tappingen in relatie tot de volumestroom (keukenmengkraan)

DOUCHEMENGKRAAN

VOLUMESTROOM warmwater-tappingen



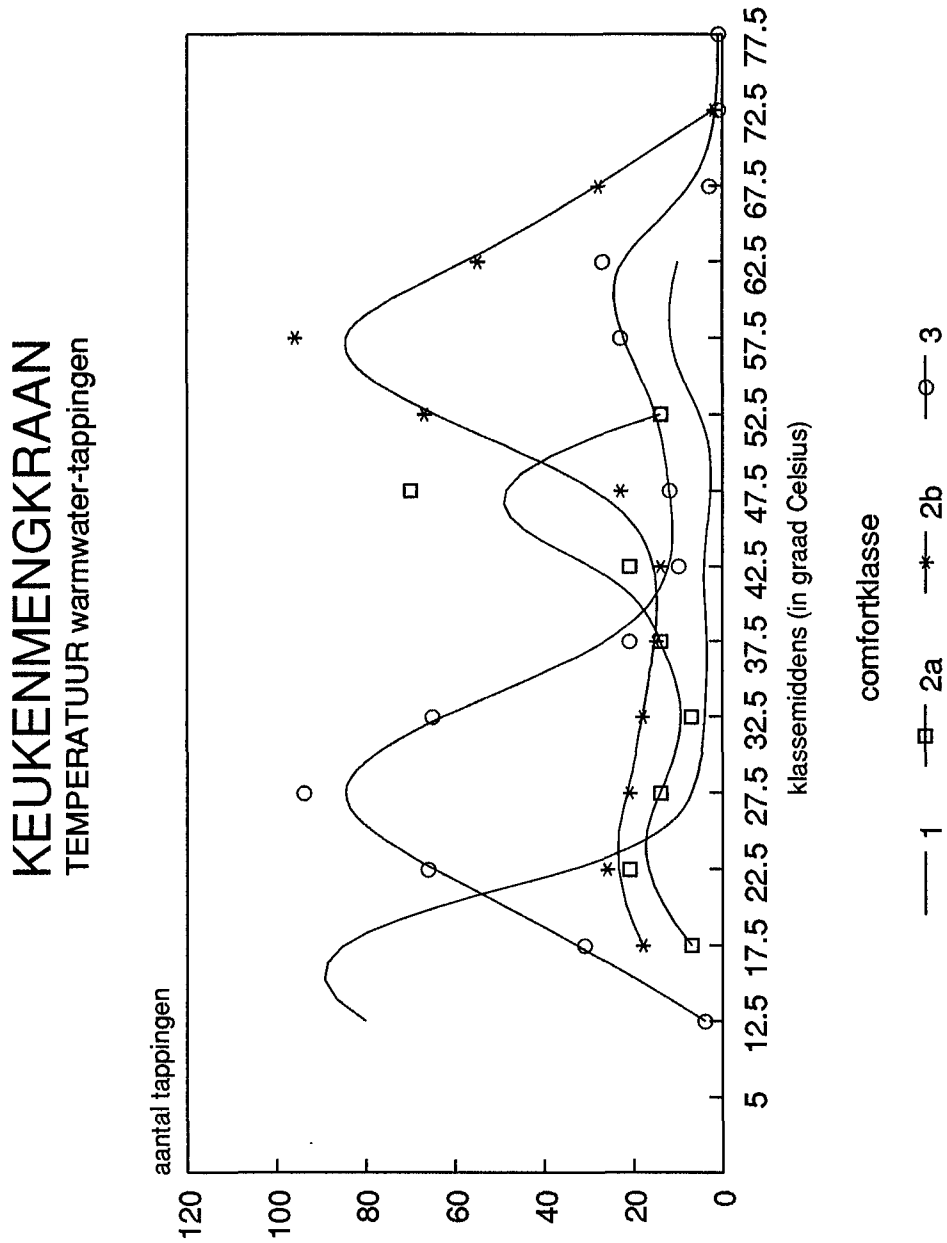
Figuur 19 - Aantal warmwater-tappingen in relatie tot de volumestroom (douchemengkraan)

TEMPERATUUR [In gr.C]

aantal warmwater-tappingen m.b.v. mengkranen in 4 comfortklassen gedurende een week

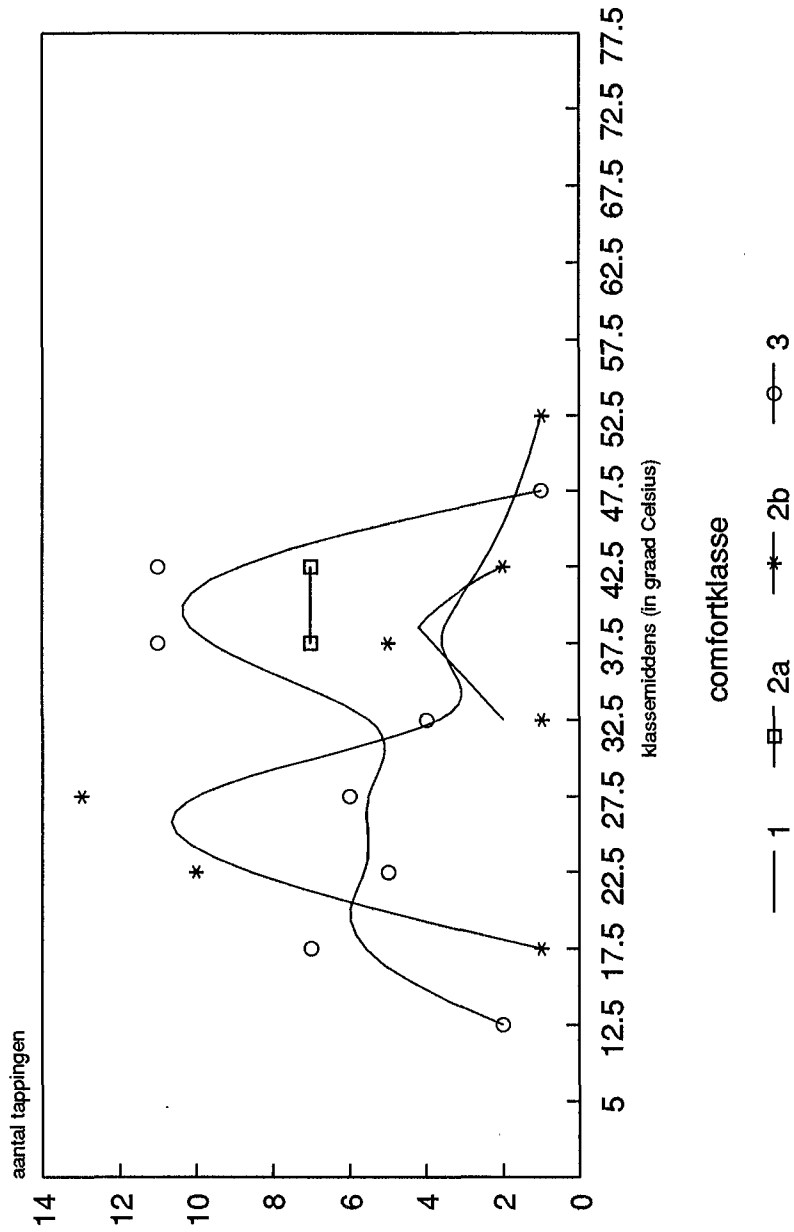
meetintervallen (gr.C)		10-15		0-25		0-35		0-45		0-55		0-65		0-75	
		15-20		25-30		35-40		45-50		55-60		65-70		75-80	
comfort- klasse	tap- punt	a a n t a l t a p p i n g e n													
1	keuken	80	109	18	5	4	3	5	2	3	15	10			
	douche						2	6	2						
	lavet	30	19	1											
2a	keuken		7	21	14	7	14	21	70	14					
	wastafel douche		21	35	7		7	7							
2b	keuken		18	26	21	18	15	14	23	67	96	55	28	2	
	wastafel		9	30	7	12	19	12	4	3					
	douche		1	10	13	1	5	2		1					
	bad		2	3		2	6	2			1	1	2		
3	keuken	4	31	66	94	65	21	10	12	14	23	27	3	1	1
	wastafel-badk.	1	3	8	1	3	11								
	wastafel-slaapk.1	1	4	5	2	3	11								
	wastafel-slaapk.2			7											
	douche	2	7	5	6	4	11	11	1						

Tabel 14 - Aantal warmwater-tappingen in relatie tot de temperatuur



Figuur 20 - Aantal warmwater-tappingen in relatie tot de temperatuur (keukenmengkraan)

DOUCHEMENGKRAAN TEMPERATUUR warmwater-tappingen



Figuur 21 - Aantal warmwater-tappingen in relatie tot de temperatuur (douchemengkraan)

DUUR VAN DE TAPPINGEN [In seconden]

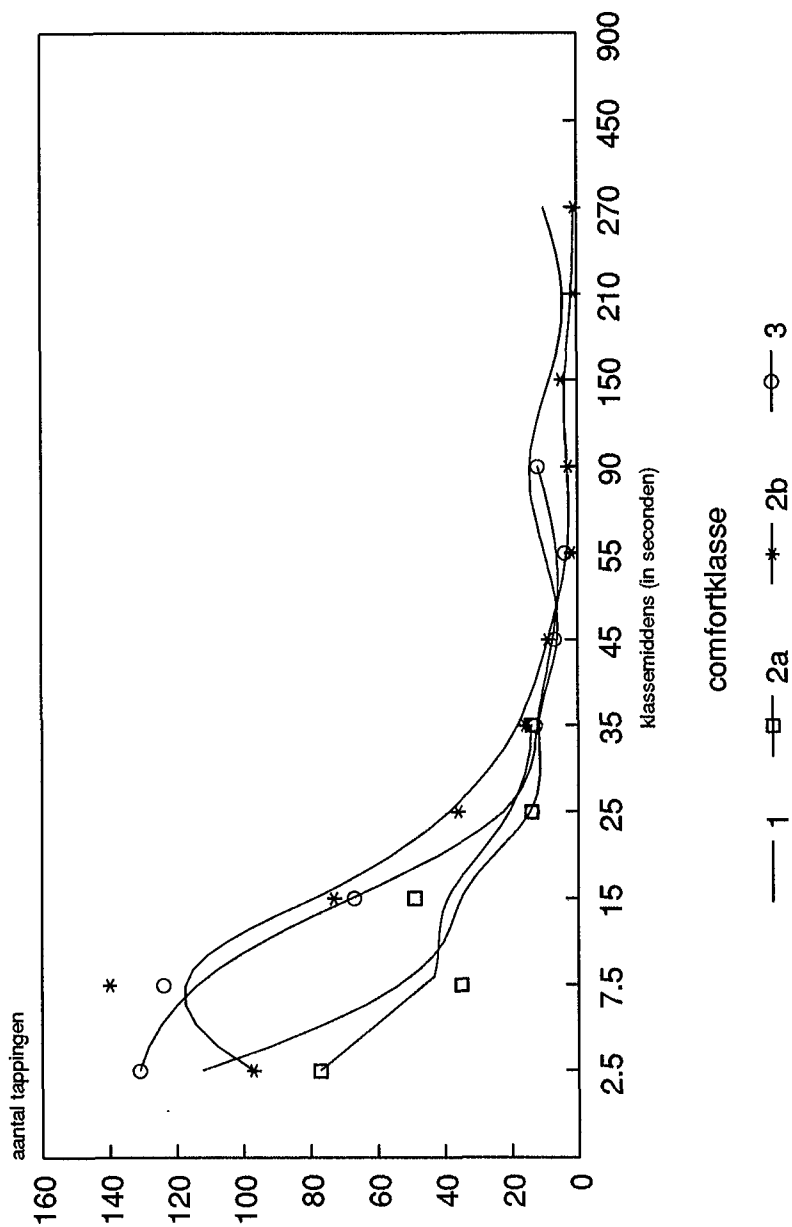
aantal warmwater-tappingen m.b.v. mengkranen in 4 comfortklassen gedurende een week

meetintervallen seconden		0-5	0-20	0-40	0-60	120-180	240-300	600-1200						
		5-10	20-30	40-50	60-120	180-240	300-600							
comfort- klasse	tappunt	aantal tappingen												
1	keuken	112	37	44	7	15	3	10	17	8	1	10		
	douche									1	2	1	4	2
	lavet	30	8	6	1	4			1					
2a	keuken	77	35	49	14	14								
	wastafel douche	14	14	21	7	7		7						
2b	keuken	97	140	73	36	16	9	2	3	5	1	1		
	wastafel	16	27	13	6	5	6	2	7	3	8	2	1	
	douche	2	3	5	3	3	1		6	1		2	4	1
	bad	1	2	1	2				1	1	2	2	5	
3	keuken	131	124	67	14	13	7	4	12					
	wastafel-badk.	7	5	7	1	4	3							
	wastafel-slaapk.1	11	3	2	3	1		2	4					
	wastafel-slaapk.2 douche	4 14	3	7	5	4			3	3	2	5	1	

Tabel 15 - Duur van de tappingen

KEUKENMENGKRAAN

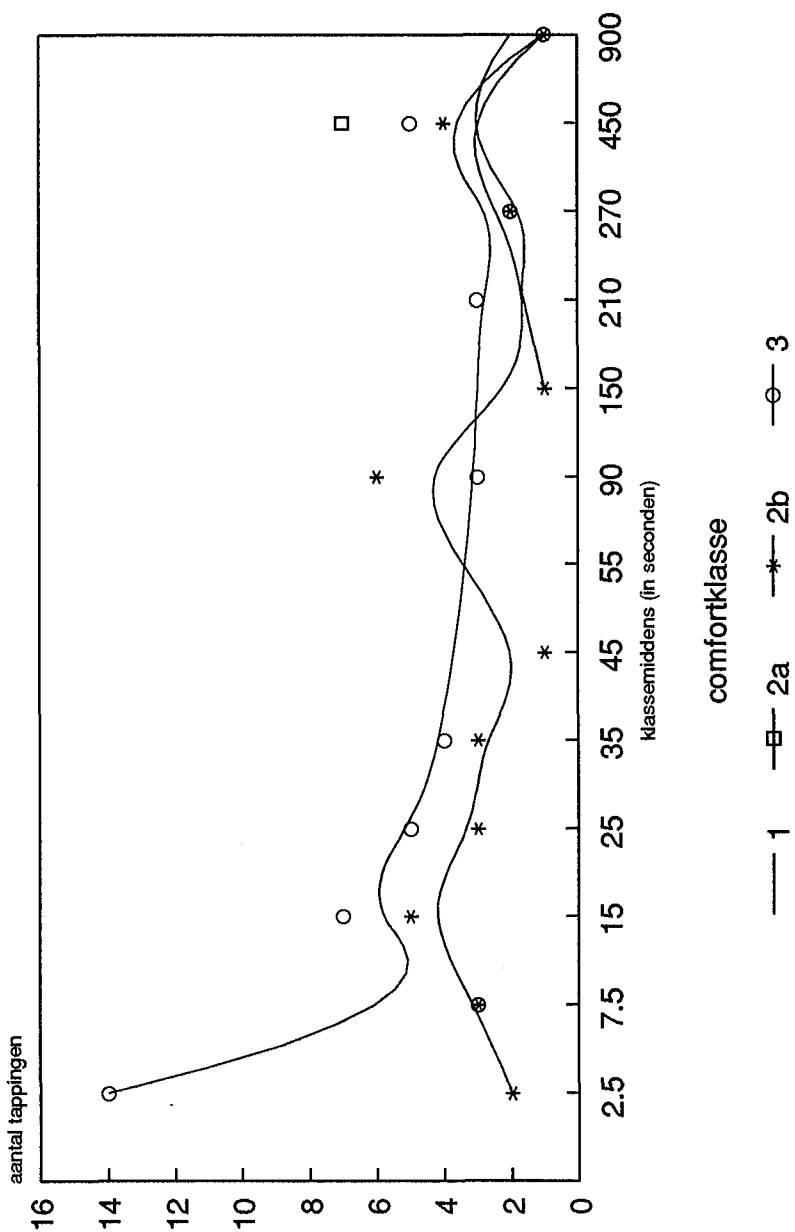
DUUR van de warmwater-tappingen



Figuur 22 - Duur van de tappingen (keukenmengkraan)

DOUCHEMENGKRAAN

DUUR van de warmwater-tappingen



Figuur 23 - Duur van de tappingen (douchemengkraan)

VOLUME [liters]

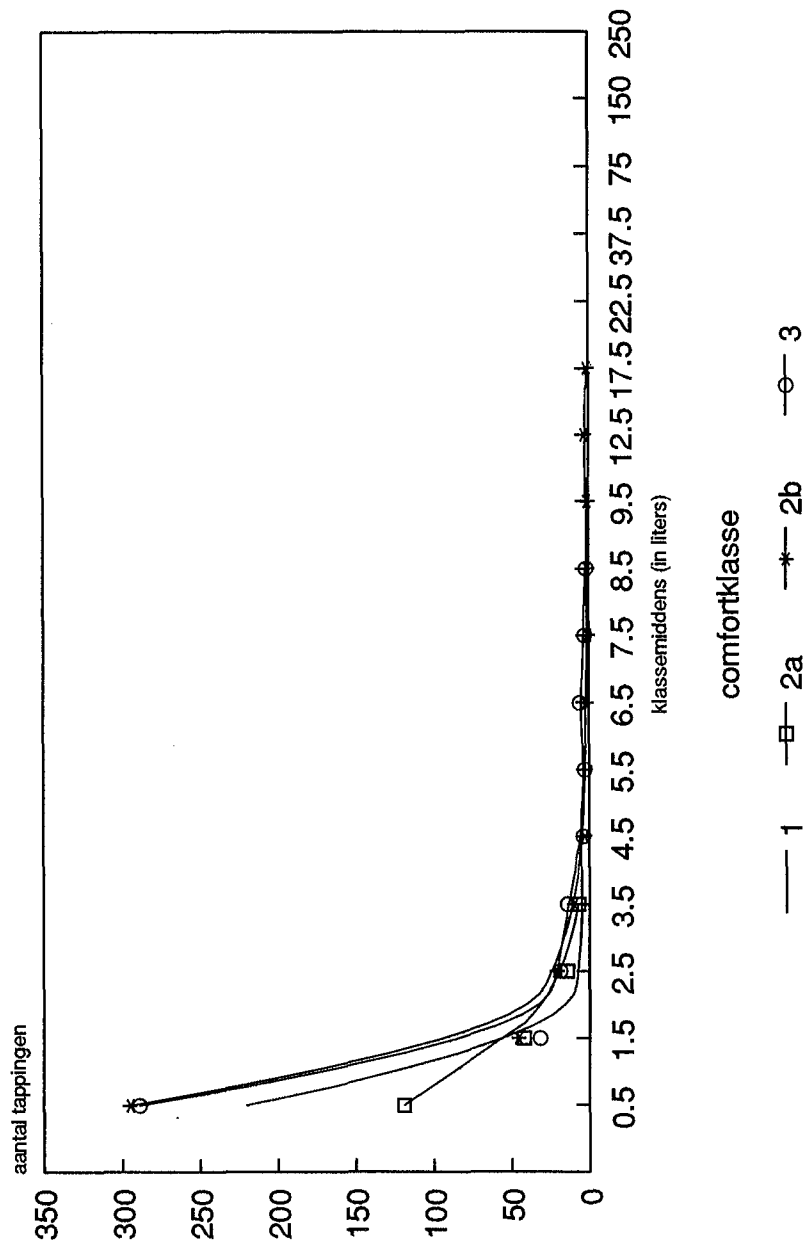
aantal warmwater-tappingen m.b.v. mengkranen in 4 comfortklassen gedurende een week

meetintervallen liters		0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-15	20-25	50-100		
		1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	15-20	25-50	100-200		
comfort- klasse	tappunt	aantal tappingen									
1	keuken	220	13	6	4	6	3	1	1		
	douche						1	1	1		
	lavet	50							4	1	
2a	keuken	119	42	14	7						
	wastafel	49	7		7						
	douche					7					
2b	keuken	295	46	21	10	3	2	1	1	3	1
	wastafel	55	13	6	3	5	2		2	2	3
	douche	10	6	2	1		2	1	1	2	2
	bad	4	2	2				1		2	2
3	keuken	289	32	19	14	4	3	6	3	2	
	wastafel-badk.	18	2		3	3	1				
	wastafel-slaapk.1	18	1		1	3	2	1			
	wastafel-slaapk.2	7									
	douche	17	6	6	4		2		1		8
										3	1

Tabel 16 - Aantal tappingen in relatie tot het volume

KEUKENMENGKRAAN

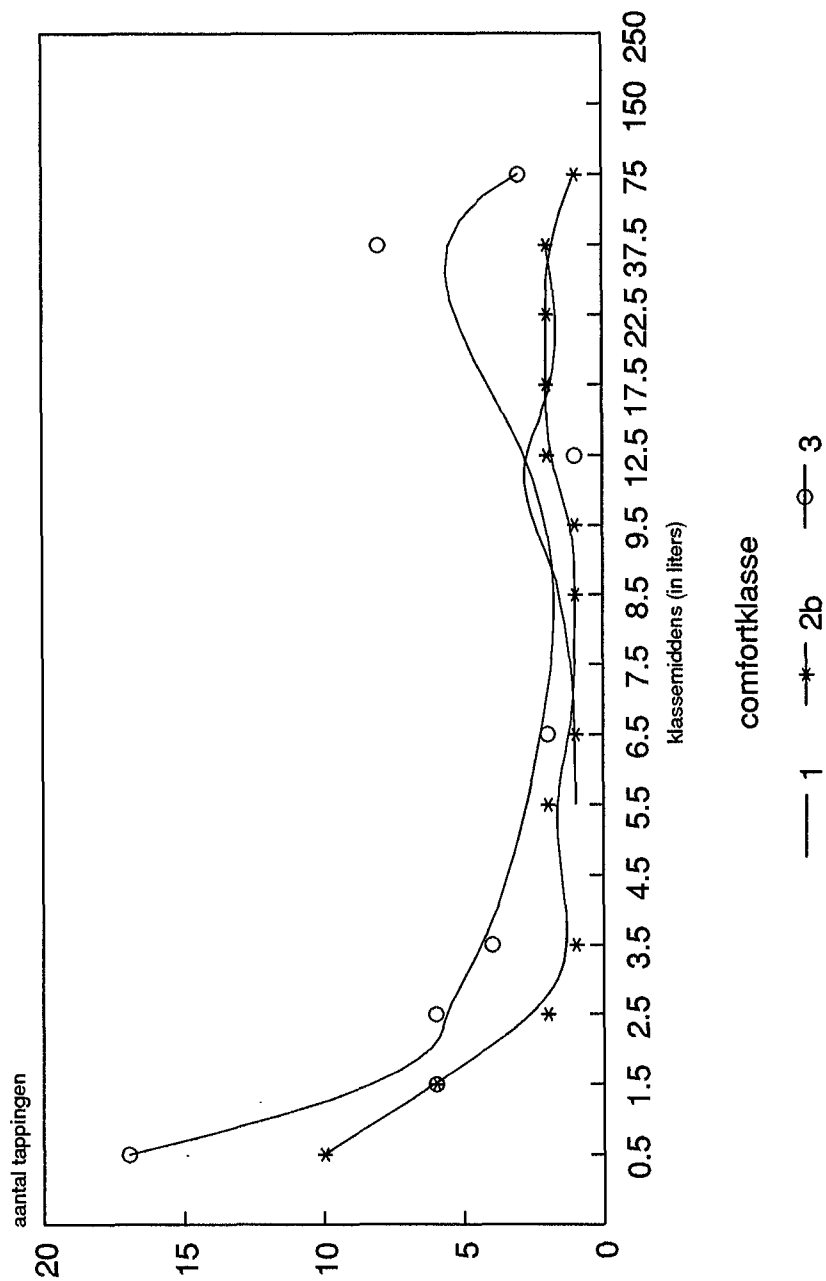
VOLUME (l.) van de warmwater-tappingen



Figuur 24 - Aantal tappingen in relatie tot het volume (keukenmengkraan)

DOUCHEMENGKRAAN

VOLUME (l.) van de warmw.-tappingen



Figuur 25 - Aantal tappingen in relatie tot het volume (douchemengkraan)

T I J D T U S S E N D E T A P P I N G E N [minuten]

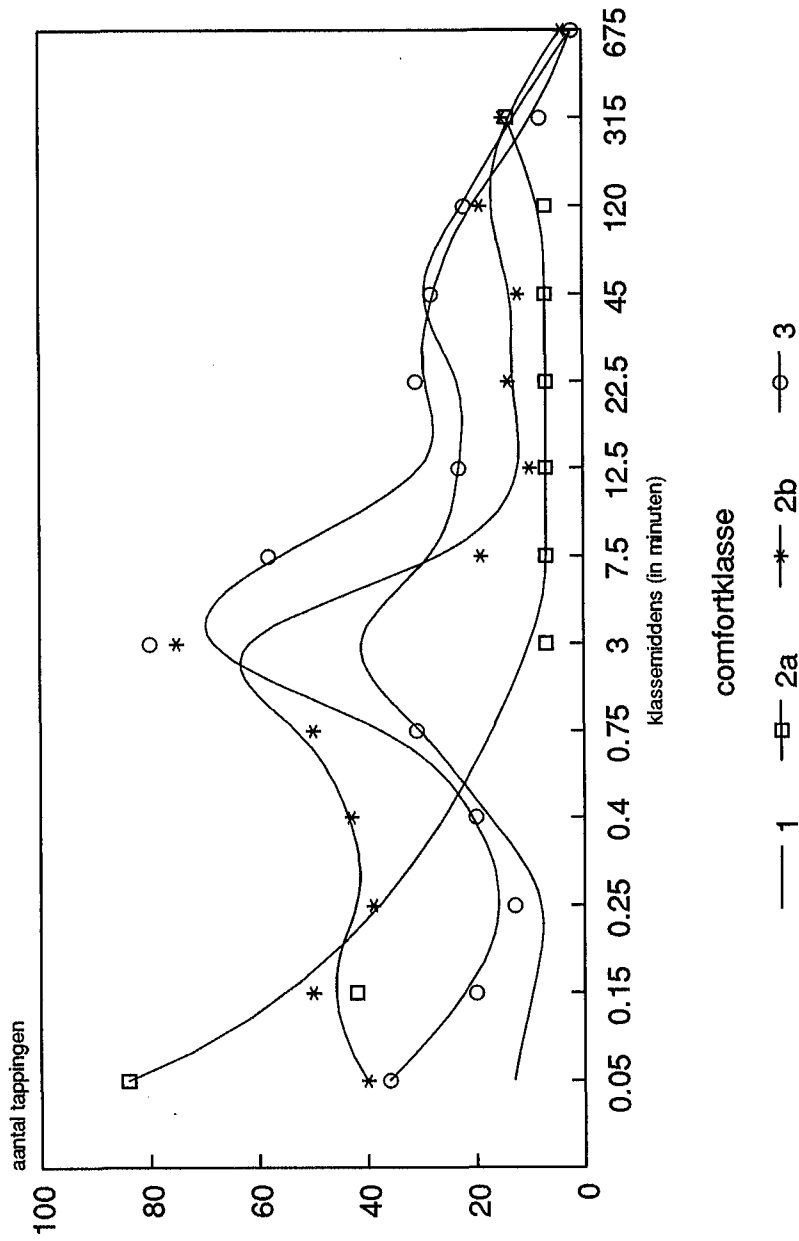
aantal warmwater-tappingen m.b.v. mengkranen in 4 comfortklassen gedurende een week

meetintervallen minuten		0-0,1	2-0,3	0,5-1	5-10	5-30	60-180	450-900						
		0,1-0,2	0,3-0,5	1-5	10-15	30-60	180-450							
comfort- klasse	tappunt	a a n t a l t a p p i n g e n												
1	keuken	13	10	4	18	29	48	25	23	21	33	22	13	2
	douche										1	1	4	8
	lavet	12	7			4	2	3	1	5	3	5	7	5
2a	keuken	84	42			7	7	7	7	7	7	7	14	
	wastafel	7				7	7	7		7	7	14		7
2b	douche													7
	keuken	40	50	39	43	50	75	19	10	14	12	19	15	4
	wastafel	1	3	5	5	10	18	13	9	5	11	4	7	11
	douche	2	1	1		3	10	2	3	2	2	2	3	4
3	bad	1			1		6	1	1		2	2	2	5
	keuken	36	20	13	20	31	80	58	23	31	28	22	8	2
	wastafel-badk.				1		7					2	3	12
	wastafel-slaapk.1	1		1		3		1	2	1	1	2	3	8
	wastafel-slaapk.2													
	douche	6	14	2	3	1	2		1		1	1	5	10

Tabel 17 - Tijd tussen de tappingen

KEUKENMENGKRAAN

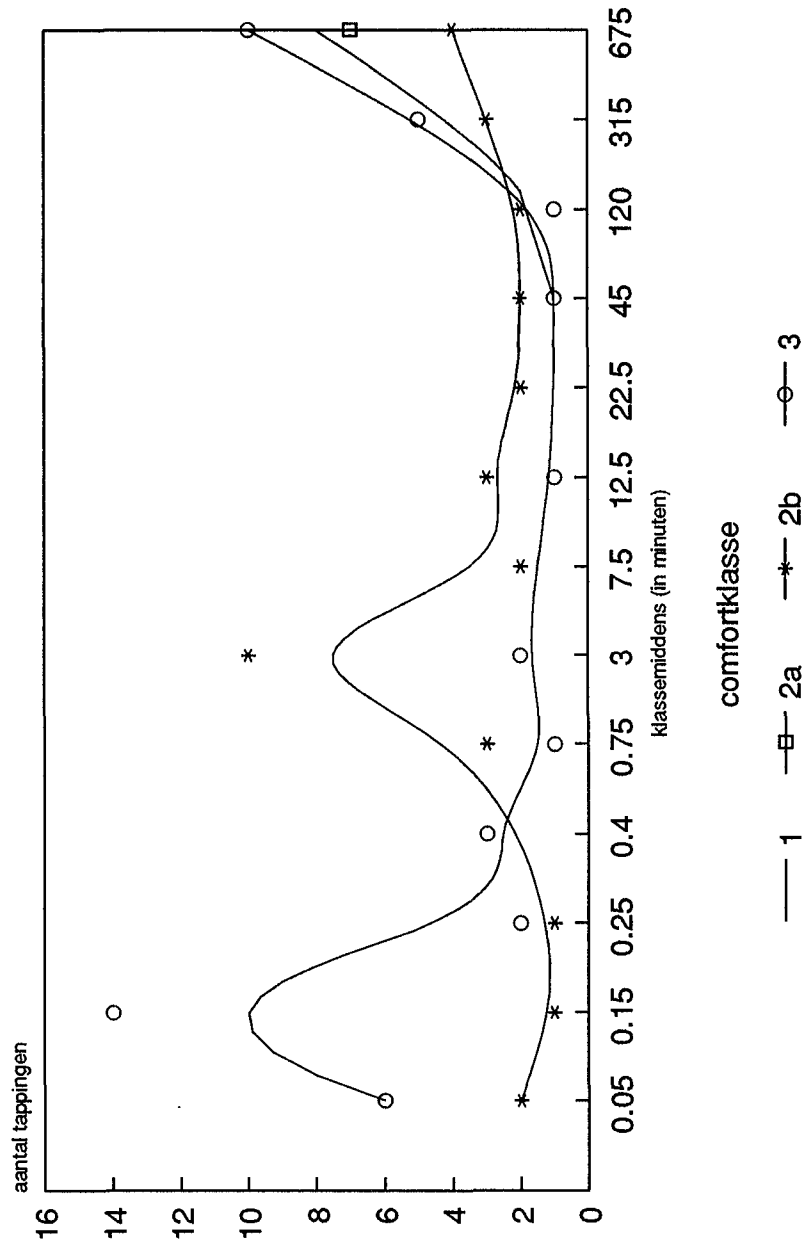
TIJD tussen de warmwater-tappingen



Figuur 26 - Tijd tussen de tappingen (keukenmengkraan)

DOUCHEMENGKRAAN

Tijd tussen de warmw.-tappingen



Figuur 27 - Tijd tussen de tappingen (douchemengkraan)

MEETGEGEVENS GERANGSCHIKT PER TAPPING

In tabel 18 zijn de meetgegevens van één dag (dinsdag 25 oktober 1988) van één woning (D) per tapping verwerkt. Hieruit zijn per tapping de volgende gegevens bepaald:

- het tijdstip van de tapping;
- de duur van de tapping;
- de tijd t.o.v. de voorgaande tapping;
- de gemiddelde temperatuur van het (gemengde) water;
- de volumestroom en
- het volume.

In verband met tijdgebrek was het helaas niet mogelijk om alle gegevens op deze wijze te bewerken.

Tabel 18 - Meetgegevens van één dag van één woning

Woning D (klasse 3)					
Dinsdag 25 oktober 1988, keukentappunt					
Tijd	duur (s)	tijd tussen tappingen (min)	gem. temp (°C)	volumestroom (10 l/h)	volume (l)
6 h 56	16	415.7	20.2	23	1.0
6 h 57	8	0.9	41.1	27	0.6
6 h 57	10	0.1	43.8	27	0.8
7 h 10	4	13.3	37.2	22	0.2
7 h 13	5	2.2	31.5	25	0.3
7 h 18	9	5.7	55.5	26	0.6
7 h 18	9	0.1	60.4	24	0.6
7 h 23	9	4.6	31.2	25	0.6
7 h 47	2	23.7	15.9	29	0.2
7 h 47	2	0.1	32.2	27	0.2
7 h 47	13	0.3	24.6	27	1.0
7 h 48	5	0.9	53.8	27	0.4
7 h 54	11	5.5	27.0	28	0.9
7 h 54	2	0.2	53.4	27	0.2
8 h 1	11	7.0	26.5	28	0.9
8 h 2	2	0.1	27.0	27	0.2
8 h 5	5	3.4	27.5	26	0.4
8 h 42	2	36.9	28.0	27	0.1
8 h 51	4	9.4	32.7	19	0.2
8 h 59	2	7.7	28.2	30	0.2
9 h 49	5	50.2	27.0	27	0.4
9 h 49	17	0.1	20.3	26	1.2
9 h 50	14	0.1	17.5	27	1.0
9 h 50	46	0.1	15.9	27	3.4
9 h 51	14	0.1	17.0	27	1.0
9 h 51	2	0.1	15.6	27	0.1
9 h 51	6	0.1	16.1	27	0.5
10 h 11	2	19.4	25.4	26	0.1
10 h 11	22	0.1	20.8	27	1.7
10 h 11	23	0.4	19.2	27	1.8
10 h 12	22	0.1	15.7	27	1.7

Tijd	duur (s)	tijd tussen tappingen(mini(°C)	gem.temp (°C)	volumestroom (10 l/h)	volume (l)
12 h26	2	133.7	24.9	27	0.2
12 h27	2	1.1	40.2	23	0.1
12 h27	2	0.6	41.5	13	0.1
12 h33	2	5.4	32.9	27	0.2
13 h48	7	74.9	24.6	24	0.5
15 h47	5	119.3	23.5	27	0.4
16 h21	4	33.6	25.5	22	0.2
16 h25	11	4.7	22.7	28	0.9
16 h38	2	12.2	30.8	28	0.2
16 h39	2	0.8	30.6	27	0.2
16 h39	4	0.1	31.3	27	0.3
16 h42	2	3.7	27.0	27	0.1
17 h10	4	27.6	40.4	23	0.3
17 h12	2	1.6	53.1	27	0.1
17 h16	2	4.2	33.9	29	0.2
17 h16	59	0.3	20.6	24	3.9
17 h36	11	19.1	29.5	29	0.9
17 h37	44	0.1	36.1	29	3.5
17 h51	7	13.6	29.6	25	0.5
17 h56	7	5.4	28.1	28	0.5
18 h21	2	24.9	31.6	29	0.2
18 h22	8	0.2	26.2	28	0.6
18 h27	14	5.1	38.4	25	1.0
18 h29	9	1.7	29.9	15	0.4
18 h29	2	0.2	34.7	15	0.1
18 h32	4	3.1	37.3	12	0.1
18 h37	5	5.2	53.6	28	0.4
18 h38	7	0.3	31.0	28	0.5
18 h39	7	1.0	27.0	28	0.6
18 h39	6	0.5	51.0	11	0.2
18 h39	32	0.1	60.7	23	2.1
18 h49	5	9.2	58.3	22	0.3
18 h53	2	3.4	24.1	22	0.1
18 h53	2	0.8	62.2	25	0.1
18 h54	2	0.9	62.5	23	0.1
19 h 4	4	9.9	58.9	26	0.3
19 h14	5	9.6	34.5	29	0.4
19 h14	2	0.1	33.7	29	0.2
19 h30	14	15.9	24.7	28	1.0
20 h14	5	43.9	38.1	29	0.4
20 h20	7	6.0	44.2	27	0.5
20 h23	5	3.3	55.4	26	0.4
20 h25	7	1.1	59.8	27	0.5
20 h30	5	5.3	60.2	25	0.3
20 h42	5	11.7	42.8	24	0.3
20 h51	2	9.0	35.5	18	0.1
20 h53	7	2.2	28.3	26	0.5
20 h54	2	1.0	35.1	28	0.2
21 h59	2	64.9	26.4	21	0.1
Totaal volume					47.4

Tabel 18 (vervolg) - Meetgegevens van één dag van één woning

Bijlage 5 - Overzicht leidinglengten binneninstallaties

Om een indruk te krijgen in hoeverre het beperken van de lengte van warmwaterleidingen in de praktijk om technische en/of financiële redenen haalbaar is, werd van een groot aantal uitgevoerde installaties de lengte van deze leidingen vastgesteld.

Volledigheidshalve werden ook de koudwaterinstallaties opgemeten.

Het resultaat van deze metingen is weergegeven in tabel 19.

Verder is de opbouw van de diverse installaties schematisch weergegeven in de figuren 28a, 28b en 28c.

Conclusie

Uit tabel 19 blijkt dat de gemiddelde lengte van een warmwaterleiding van warmwatertoestel naar keukenkraan circa 11 meter is. In de figuren 28a, 28b en 28c is te zien dat het meestal gaat om een deels gecombineerde leiding naar badkamer en keuken. Uitgegaan zou daarom kunnen worden van uitvoering voor de helft in een middellijn van 15 mm en voor de helft in een middellijn van 12 mm. Wordt voorts de volumestroom tijdens een tapping gesteld op 3 l/min, dan is met behulp van de grafiek vast te stellen dat de gemiddelde wachttijd circa 45 s bedraagt.

Onder 4.3.4 is sprake van een relatief groot aantal gebruikers van warmwaterinstallaties dat klachten heeft over de wachttijd.

In hoofdstuk 2.2.1 wordt gesteld dat een wachttijd van 30 s acceptabel is. Wordt de hierboven vastgestelde gemiddelde wachttijd van 45 s verhoogd met 15 s "toestelwachttijd", dan is de totale wachttijd circa 1 minuut, dus het dubbele van de acceptabel geachte wachttijd van 30 s.

Hoewel de groep ge-enquêteerden niet dezelfde is geweest als die waarvan de leidinglengten van de installaties zijn gemeten, is de conclusie gewettigd dat het grote aantal klachten over de wachttijd is te wijten aan de overschrijding van de normen zoals die in deze rapportage zijn gesteld voor wat betreft de toelaatbare lengte van warmwaterleidingen.

OVERZICHT LEIDINGLENGTEN BINNENINSTALLATIES

Aantal Koudwaterschema		Warmwaterschema								
		keuken	badkamer	warmwaterstoel	keuken	badkamer				
woningen	per woning	per project	per woning	per project	per woning	per project	per woning	per project		
14	4.20	58.80	5.85	81.90	9.40	131.60	13.60	190.40	6.65	93.10
5	6.00	30.00	21.20	0.00	20.00	0.00	0.00	0.00	11.00	55.00
30	9.50	285.00	6.50	195.00	10.20	306.00	0.00	0.00	8.20	246.00
1	6.50	6.50	10.60	10.60	26.20	0.00	4.10	0.00	5.00	5.00
12	12.00	0.00	15.60	0.00	15.90	190.80	15.30	0.00	10.70	128.40
53	9.70	514.10	14.60	773.80	10.40	551.20	11.80	625.40	8.80	466.40
8	2.70	0.00	8.00	64.00	12.10	96.80	0.00	0.00	10.10	80.80
184	5.00	920.00	4.10	0.00	5.00	0.00	5.00	0.00	2.40	0.00
109	5.90	643.10	5.90	643.10	7.60	828.40	7.30	795.70	3.00	0.00
30	7.20	216.00	7.50	225.00	6.80	204.00	11.50	345.00	7.70	231.00
15	11.00	165.00	10.10	151.50	16.40	246.00	10.10	151.50	9.90	148.50
10	4.50	45.00	3.50	0.00	6.50	65.00	8.70	87.00	4.50	45.00
54	9.00	486.00	7.80	421.20	11.30	610.20	14.50	783.00	6.50	351.00
50	12.10	0.00	15.10	755.00	18.30	915.00	0.00	0.00	8.00	400.00
18	8.10	145.80	6.50	117.00	6.60	118.80	12.50	225.00	4.80	86.40
32	4.50	144.00	5.60	0.00	7.40	0.00	9.20	0.00	4.35	0.00
61	4.70	286.70	10.00	610.00	17.80	1085.80	14.50	884.50	11.50	0.00
Totaal		<u>3946.00</u> 616		<u>4048.10</u> 448		<u>5349.60</u> 464		<u>4087.50</u> 364		<u>2336.60</u> 300
Gemiddeld (uitgezonderd extremen)	6.41		9.04		11.53		11.23		7.79	

Tabel 19 - Overzicht leidinglengten binneninstallaties

aantal woningen	leidinglengten gerekend vanaf watermeter	lengte	leidinglengten gerekend vanaf warmwatertoestel	lengte
	koud-waterschema		warm-waterschema	
14		$k=4,20$ $b=5,85$ $ww=9,40$		$k=13,60$ $b=6,65$
5		$k=6,00$ $b1=6,50$ $b2=14,70$ $ww=20,00$		$k=0$ $b1=11,00$ $b2=8,80$
30		$k=9,50$ $b=6,50$ $ww=10,20$		$k=0$ $b=8,20$
3		$k=6,50$ $b=10,60$ $ww1=13,40$ $ww2=12,80$		$k=4,10$ $b=5,00$
12		$k=12,00$ $b=15,60$ $ww=15,90$		$k=15,30$ $b=10,70$
53		$k=9,70$ $b=14,60$ $ww=10,40$		$k=11,80$ $b=8,80$

75006N 12 40

Figuur 28 - Leidingconfiguraties

aantal woningen	leidinglengten gerekend vanaf watermeter	lengte	leidinglengten gerekend vanaf warmwatertoestel	lengte
	koud-waterschema		warm-waterschema	
8	<p>k=2,70 b=8,00 ww=12,10</p>	<p>k=0 b=10,10</p>		
184	<p>k=5,00 b=4,10 ww=5,00</p>	<p>k=5,00 b=2,40</p>		
109	<p>k=5,90 b=5,90 ww=7,60</p>	<p>k=7,30 b=3,0</p>		
80	<p>k=3,20 b=7,50 ww=6,80</p>	<p>k=11,50 b=7,70</p>		
15	<p>k=11,00 b=10,10 ww=16,40</p>	<p>k=10,10 b=9,90</p>		
10	<p>k=4,50 b=3,50 ww=6,50</p>	<p>k=8,70 b=4,50</p>		

7506N 14 40

Figuur 28 (vervolg) - Leidingconfiguraties

aantal woningen	leidinglengten gerekend vanaf watermeter	lengte	leidinglengten gerekend vanaf warmwatertoestel	lengte
	koud-waterschema		warm-waterschema	
54		$k=9,00$ $b=7,80$ $ww=4,30$		$k=-14,50$ $b=6,50$
50		$b=12,10$ $b=15,10$ $ww=18,30$		$k=0$ $b=8,00$
18		$k=8,10$ $b=6,50$ $ww=6,60$		$k=12,50$ $b=4,80$
32		$b=4,50$ $b=5,60$ $ww=7,40$		$k=9,20$ $b=4,35$
61		$b=4,70$ $b=10,00$ $ww=17,80$		$k=14,50$ $b=11,50$

75006N 16 40

Figuur 28 (vervolg) - Leidingconfiguraties

Bijlage 6 - Begrippenlijst

Aanspreekvolumestroom

Minimum vereiste volumestroom die nodig is om het warmwatertoestel in bedrijf te krijgen. Wordt met name toegepast bij doorstroomtoestellen als beveiliging tegen oververhitting.

Collectieve warmwatervoorziening

Warmwatervoorziening ten behoeve van meer dan één wooneenheid.

Combi-toestel

Toestel dat wordt gebruikt voor zowel de verwarming van de woning als voor de bereiding van warm water.

Doorstroomtoestel

Warmtapwatertoestel waarbij het tapwater tijdens het doorstromen van het toestel wordt verwarmd.

Geiser

Doorstroomtoestel, uitgevoerd met een vast thermisch vermogen (niet-modulerend) dan wel met een variërend thermisch vermogen (modulerend).

Grote badgeiser

Gasgestookt doorstroomtoestel met een thermisch vermogen van 20 tot 31 kW.

Individuele warmwatervoorziening

Warmwatervoorziening ten behoeve van één wooneenheid.

Keukengeiser

Doorstroomtoestel (gas- dan wel elektrisch gestookt) met een thermisch vermogen van circa 10 kW.

Keukentoestel

Elektrisch toestel met een relatief geringe warmwatervoorraad, waardoor deze geschikt is voor plaatsing in een keukenkastje.

Kleine badgeiser

Gasgestookt doorstroomtoestel met een thermisch vermogen van 16 tot 20 kW.

Leidingwachttijd

Wachttijd veroorzaakt door de leiding tussen het warmtapwater-toestel en het tappunt (zie wachttijd).

Tapdrempel

Zie aanspreekvolumestroom

Toestelwachttijd

Wachttijd veroorzaakt door het warmwatertoestel (zie wachttijd)

Volumestroom

Volume water per tijd.

Voorraadtoestel

Warmtapwatertoestel waarbij een tevoren verwarmd volume tapwater gereed wordt gehouden.

Wachttijd

Tijd die verloopt tussen het opendraaien van de warmwaterkraan en het bereiken van een temperatuurverschil tussen warm en koud water dat gelijk is aan 90% van het temperatuurverschil dat wordt bereikt bij continu tappen.

Warm water voorraadtoestel

Voorraadtoestel, dat direct (met behulp van gas of elektriciteit) dan wel indirect (met behulp van c.v.-water of zonne-energie) wordt verwarmd.