

Onderzoek naar optredende maximale momentane waterverbruiken in woongebouwen

Samenvatting

De werkgroep Momentane Verbruiken van de KIWA-commissie Distributie heeft, voor het bepalen van een relatie tussen het maximale momentane waterverbruik in woongebouwen en een aantal eenvoudig te bepalen variabelen een meetprogramma opgesteld. Hierbij is in de centrale koudwaterleiding van 28 objecten, gedurende 14 dagen het optredende waterverbruik gemeten.

Aan de hand van deze metingen kon het maximaal momentane waterverbruik per



I.R. L. J. ZWIERSTRA
NV Waterleiding Friesland

object en per etmaal worden bepaald.

De meetgegevens zijn volgens de stapsgewijze regressietechniek bewerkt, waarbij bleek dat voor het bepalen van het maximale momentane waterverbruik als meest geschikte variabelen in aanmerking komen: een functie van de tapeenheden, de bezettingsgraad volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek en de wijze van bemeteren. Deze relatie is minder eenvoudig dan de, in de praktijk toegepaste relatie $Q_{\max} = 0,3 \sqrt{n}$, n = aantal tapeenheden. De nieuwe relatie geeft echter een betere benadering van het optredende maximale momentane verbruik.

Op grond van het onderzoek heeft de werkgroep ontwerprichtlijnen opgesteld voor:

- de bepaling van Q_{\max} momentaan voor leidingen naar woningen bijv. woonstraten;
- de bepaling van Q_{\max} momentaan voor leidingen en installaties naar/van percelen met meer dan 150 tapeenheden;
- de bepaling van Q_{\max} momentaan voor toevoerleidingen naar percelen met niet meer dan 150 tapeenheden en voor leidingen in woningen.

Het rapport over de metingen en berekeningen betreffende maximale momentane waterverbruiken in woongebouwen, zal binnenkort als KIWA-mededeling verschijnen.

Doel van de metingen

Het doel van de metingen is geweest het maximum momentane waterverbruik te meten in bestaande woongebouwen met de daarin gebruikelijk aanwezige waterleidinginstallatie en dit verbruik te relateren aan

Werkprogramma

De Commissie Distributie van het KIWA heeft medio 1972, de Werkgroep Momentane Verbruiken ingesteld.

Het werkprogramma voor de werkgroep werd als volgt omschreven.

1. Het bepalen, aan de hand van metingen, van de maximale momentverbruiken van diverse categorieën waterverbruikers.
2. Trachten een verband vast te leggen tussen het maximale momentverbruik en het aantal woningen. Hieraan werd toegevoegd dat het interessant zou zijn, naast het onderzoek aan woningen en woningcomplexen, onderzoek te doen naar momentane gebruiken bij veel voorkomende opstellingen, bijv. douchestraat bij sportvelden, toiletsets bij schouwburg etc.
3. Het samenstellen van een aanbeveling voor de ontwerpgegevens teneinde een drinkwaterinstallatie te kunnen berekenen.

De werkgroep heeft zich in eerste instantie beperkt tot het onderzoek aan woongebouwen. Het volgende heeft betrekking op dit onderzoek.

In bewerking zijn thans de meetresultaten bij kantoorgebouwen, bejaarden- en verpleegtehuizen.

Samenstelling Werkgroep

De werkgroep bestaat thans uit:
ing. P. v. d. Berg, Drinkwaterleiding der gemeente Rotterdam;
ir. P. L. M. de Coo, Waterleidingbedrijf Midden-Nederland;
ing. W. Kleine, Duinwaterleiding van 's-Gravenhage;
ing. J. P. Muller, Provinciaal Waterleidingbedrijf van Noord-Holland;
L. G. D. de Zee, NV Waterleiding Friesland;
ir. L. J. Zwierstra, NV Waterleiding Friesland (voorzitter).

Voor de statistische bewerking van de meetgegevens is contact opgenomen met dr. J. A. J. Faber.

een aantal (lieft zo weinig mogelijk) verklarende, gemakkelijk meetbare variabelen.

Op grond hiervan kan dan het maximum momentane verbruik bij een nieuw te bouwen wooncomplex (flat) worden voorspeld en kan de drinkwaterinstallatie daarop worden gedimensioneerd.

Maximum momentverbruik

Onder het maximum momentverbruik wordt verstaan, de hoeveelheid water, die gedurende een bepaalde looptijd door een leiding stroomt.

Uit de metingen blijkt dat het momentaan verbruik groter wordt naarmate de looptijd kleiner wordt.

Het is dus van belang een uitspraak te doen over de aan te nemen looptijd.

Maximum momentverbruik en aan te houden looptijd

Uit de metingen is gebleken dat zich geen wijzigingen in het maximaal momentaan verbruik voordoen, bij een wijziging van de ingestelde looptijd van 1 seconde naar 0,1 seconde.

De redenen hiervoor zijn:

— De huishoudelijke tappunten zijn langzaam openend en sluitend. Bij kleinere looptijden dan 1 seconde zijn daardoor geen grote toe- of afnamen van het optredende debiet te verwachten.

— Door de massatraagheid van het water worden de, in kleinere looptijden dan 1 seconde, optredende wijzigingen in de onttekening niet geopenbaard.

— Door de traagheid van de toegepaste meetapparatuur worden mogelijk de, zich binnen een looptijd van 1 seconde voordoeende, wijzigingen niet geregistreerd.

Bij het goed functioneren van drinkwaterinstallaties mogen er door de onttrekkingen geen hinderlijke drukschommelingen optreden.

In woongebouwen is de meest voorkomende hinder de door drukschommelingen veroorzaakte variërende uitstroomtemperaturen bij douchen.

De werkgroep heeft gemeend dat, indien deze drukschommelingen zich binnen 1 seconde voordoen, de voornoemde hinder niet aanwezig zal zijn.

Om die reden is de basis looptijd voor de bepaling van het momentane waterverbruik op 1 seconde aangehouden.

Opzet van het meetprogramma

De werkgroep heeft het onderzoek in eerste instantie gericht op de categorie woningen en dan met name op de flatwoningen (woongebouwen).

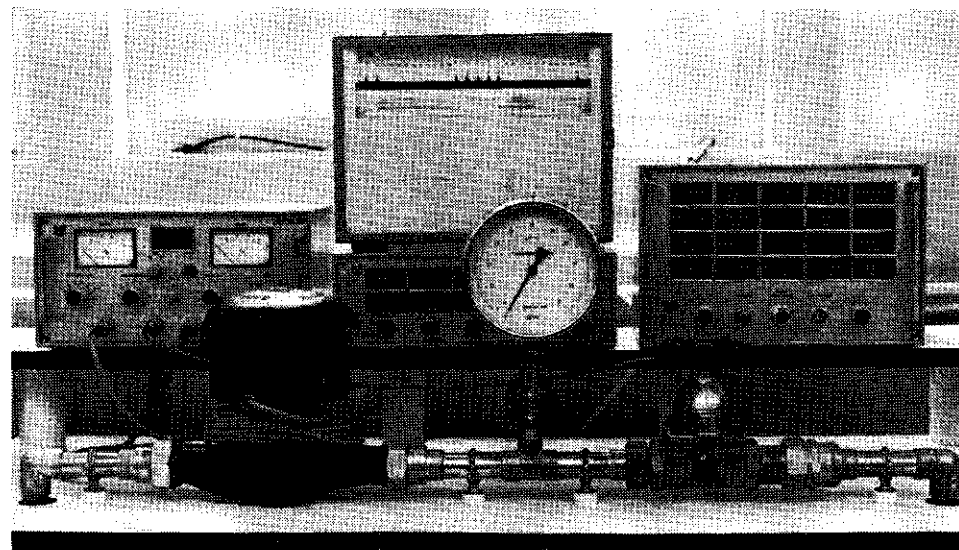
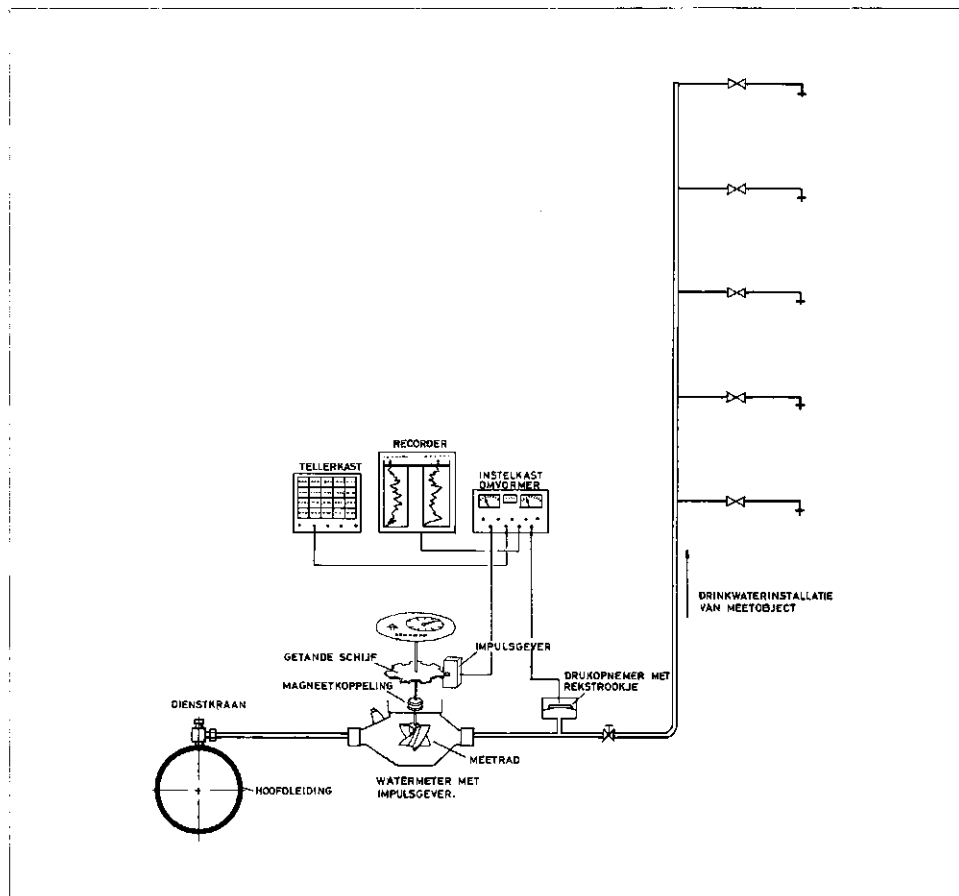
Daarbij is uitgegaan van de gedachte dat voldoende bekend is over het optredende waterverbruik van eengezinswoningen. Er is bij de opzet van het meetprogramma onderscheid gemaakt in objecten van verschillende omvang, op grond van het produkt: tapeenheden x totale bezetting.

De keus is gebaseerd op resultaten van eerder uitgevoerde metingen waarbij als variabelen voor de relatie flatgrootte en maximaal momentaan waterverbruik, het produkt van tapeenheden maal totale bezetting volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek, werd gevonden.

TABEL I - Uitgevoerde metingen.

Bedrijf	Aantal metingen in de klasse tapeenheden x tot. bezetting					Totaal
	0— 10.000	10.000— 100.000	100.000— 200.000	200.000— 400.000	meer dan 400.000	
Den Haag	1	4	2	3	2	12
Friesland	2	3	3			8
Rotterdam		1	1		2	4
PWN		1		1		2
Midden Ned.					2	2
Totaal	3	9	6	4	6	28

Afb. 1 - Schema opstelling en werking van de meetapparatuur.



Aantal meetobjecten

Bij de opzet van het meetprogramma is ervan uitgegaan, dat het beter is, meer objecten te meten gedurende een korte periode dan enkele objecten gedurende een lange periode.

Hoe meer objecten gemeten worden, des te beter kan een indruk worden verkregen over de variabiliteit van object tot object. Om de eventuele regionale invloed in de metingen te verdisconteren zijn de metingen verspreid over het land uitgevoerd.

Het aantal metingen per klasse op grond van het produkt: tapeenheid x bezettingsgraad, is bepaald naar rato van 'het gebied' van de meest voorkomende en te verwachten objecten.

Op deze wijze worden de resultaten van het onderzoek juist in deze klassen het meest nauwkeurig.

Dit heeft geresulteerd in een aantal metingen als weergegeven in tabel I.

Meetapparatuur (afb. 1)

De gebruikte meetapparatuur bestaat uit een in de waterleiding in te bouwen watermeter met impulsgever en een drukopnemer met rekstrookje.

De daarvan afkomstige elektrische signalen worden met behulp van een kabel overgebracht naar de debiet- of omvormkast en van daaruit naar een recorder en een tellerkast.

De debiet- of omvormkast dient om enerzijds de wisselende stroomafname van de watermeter en anderzijds de met de druk wisselende spanning van de drukopnemer om te zetten in een veranderlijke gelijkstroom.

De recorder ontvangt zijn signaal vanaf de debietkast.

Bij de metingen is de recorderstrook over het algemeen voor het volgende gebruikt:

1. Perceel zonder centrale warmwatervoorziening.

Het totaal debiet koud water en de optredende drukken werden gemeten en zo nodig werd het in- en uitschakelen van de pompen geregistreerd.

2. Perceel met centrale warmwatervoorziening.

Het totaal debiet warm en koud water en het debiet van het warme water werden geregistreerd.

De tellerkast ontvangt ook zijn signaal vanaf de debietkast.

Deze wordt gebruikt om de tijdsduur, in seconden, van de verschillende optredende debieten te totaliseren.

Wijze van meten

Voor het vaststellen van de grootte van het maximale momentane verbruik is de ge-

durende één seconde optredende waarde aangehouden. De verbruiken zijn gemeten in de centrale koudwatertoevoerleiding naar het te meten object. Als meetduur per object is een periode van 14 dagen aangehouden. Dagelijks zijn de meetgegevens verzameld en op dagstaten weergegeven. Voor het verkrijgen van vergelijkbare waarden is de dagstaat zoveel mogelijk op een vaste tijd ingevuld.

Voor het verzamelen van de voor het meetrapport benodigde gegevens is aan iedere hoofdbewoner van het meetobject een kaart gestuurd voor het invullen van de algemene gegevens van het object.

Van het leidingverloop en de betreffende installatie alsmede de meetopstelling werd een schets gemaakt.

Met het inbouwen, inregelen, meten en verwijderen van de apparatuur was ongeveer 3 weken gemooid.

Uitwerking van de meetgegevens

Het uitwerken van de verzamelde meetgegevens bestond uit twee delen:

- a. het rubriceren van door de waterleidingbedrijven aan de hand van de meetgegevens ingevulde formulieren met schets van de meetopstelling;
- b. het statistisch verwerken van de meetgegevens.

ad a. Het betrof hier enerzijds de algemene gegevens van het gemeten object en anderzijds de informatie over het aantal pieken in het verbruik dat per etmaal was opgetreden naar grootte en looptijd.

ad b. Zoals onder 'Doel van de metingen' is gesteld, was de opzet van het onderzoek een relatie te vinden tussen het optredende maximum momentane waterverbruik en een aantal verklarende, gemakkelijk meetbare variabelen. Op grond van eerder uitgevoerde metingen werd in eerste instantie voor de variabelen gekozen: tapeenheden x totale bezetting volgens het Centraal Bureau voor de Statistiek.

De meetgegevens zijn verwerkt met behulp van lineaire regressie, waarbij onder andere gebruik is gemaakt van een techniek welke bekend staat als stapsgewijze regressie. Hierbij is het de bedoeling het maximum momentane verbruik te schrijven als lineaire functie van een aantal verklarende variabelen.

Als y_i het maximum momentane verbruik is van het i_{de} gemeten object en $x_{1i} \dots, x_{ji} \dots, x_{ki}$ zijn de waarden van de k verklarende variabelen als tapeenheden, enz. van het i_{de} object, dan wordt in de eerste stap die variabele x_j in het model gekozen welke het beste met y correleert. In de tweede stap wordt die variabele x_j in het model

opgenomen welke dan nog het beste correleert nadat de y - en x -waarden zijn aangepast aan de eerste stap.

Bij elke stap wordt er een variabele toegevoegd aan het model. De voortgang van het selectieproces stopt wanneer een drempelwaarde wordt overschreden, hetgeen wil zeggen dat toevoeging van nog een variabele geen noemenswaardige verbetering oplevert in termen van reductie van de variatie in y of in termen van een verhoging van de correlatie. De uiteindelijke relatie is dus van de vorm $y = a + b_1 x_1 + \dots + b_p x_p$, waar p afhankelijk is van het aantal stappen en a, b_1, \dots, b_p geschatte regressiecoëfficiënten zijn. Deze schattingen zijn gebaseerd op de 28 metingen van het meetprogramma. Aangezien 28 van dergelijke, maar wel andere, metingen iets andere uitkomsten zullen geven is het gewenst aan te geven binnen welke grenzen de relatie kan variëren met een bepaalde betrouwbaarheid, bijv. 95 % of 99 %. Op dezelfde basis is het nog meer gewenst een bovengrens aan te geven van het verwachte maximum momentane verbruik voor een te bouwen flatgebouw van een bepaalde grootte: bijv. de bovengrens van het 99 %-tolerantie-interval. De tijdsduur van het maximum momentverbruik is niet expliciet waargenomen maar bedraagt altijd minstens 1 seconde.

Voorts zijn de maximale momentane verbruiken waarmee is gerekend, gemiddelden van het maximale momentane verbruik per dag over een periode van meestal 14 dagen.

Variabelen, die als eventuele voorspellers zijn gebruikt bij de stapsgewijze regressietechniek zijn de volgende:

- $x_1 =$ tapeenheden
- $x_2 =$ aantal woningen
- * $x_3 =$ aantal bewoners
- * $x_4 =$ etmaalverbruik meetperiode
- $x_5 =$ waterleidingbedrijf = regio
- $x_6 =$ seizoen
- $x_7 =$ aantal bewoners volgens CBS
- $x_8 =$ bad of douche
- $x_9 =$ wijze van bemeteren
- $x_{10} = x_1 \cdot x_2 =$ tapeenheden x aantal woningen
- * $x_{11} = x_1 \cdot x_3 =$ tapeenheden x aantal bewoners
- * $x_{12} = x_1 \cdot x_4 =$ tapeenheden x etmaalverbruik meetperiode
- $x_{13} = x_1 \cdot x_7 =$ tapeenheden x aantal bewoners volgens CBS
- * $x_{14} = x_2 \cdot x_3 =$ aantal woningen x aantal bewoners
- * $x_{15} = x_2 \cdot x_4 =$ aantal woningen x etmaalverbruik meetperiode

- $x_{16} = x_2 \cdot x_7 =$ aantal woningen x aantal bewoners volgens CBS
- * $x_{17} = x_3 \cdot x_4 =$ aantal bewoners x etmaalverbruik meetperiode volgens CGS
- * $x_{18} = x_3 \cdot x_7 =$ aantal bewoners x aantal bewoners volgens CBS
- * $x_{19} = x_4 \cdot x_7 =$ etmaalverbruik meetperiode x aantal bewoners volgens CBS
- $x_{20} = \sqrt{x_1} = \sqrt{\text{tapeenheden}}$
- $x_{21} = x_1 = \text{tapeenheden}^2$
- $x_{22} = x_7/x_2 =$ aantal bewoners volgens CBS/aantal woningen = CBS-bezettingsgraad
- $x_{23} = x_1 \cdot x_7/x_2 =$ tapeenheden x CBS-bezettingsgraad
- $x_{24} = \sqrt{x_{13}} = \sqrt{x_1 \cdot x_7} = \sqrt{\text{tapeenheden x aantal bewoners volgens CBS}}$

* = variabelen, waarvan de waarden voor te bouwen flats of woongebouwen niet van tevoren zijn vast te stellen.

Op grond van de stapsgewijze regressieprocedure is de keuze van voorspellers voor het maximum momentane verbruik bepaald op: tapeenheden, tapeenheden x bezettingsgraad volgens CBS en wijze van bemeteren, waarbij de relatie als volgt kan worden geschreven:

$$\text{maximaal momentaan verbruik in m}^3/\text{h} = -0,069 + 0,061 \sqrt{\text{tapeenheden}} + 0,0014 \text{ tapeenheden x bezettingsgraad} + 0,477 \cdot \text{wijze van bemetering.}$$

De geldigheid van de relatie is afhankelijk van het interval waarover is gemeten. Dit betreft voor het onderhavige geval: voor tapeenheden: 138 tot 2996; voor bezettingsgraad (vgl. CBS): 1 tot 2,5; voor bemetering: individueel, centraal en onbemeterd; in de berekening gecodeerd als 1, 2 en 3.

In de praktijk wordt voor de bepaling van het maximum momentaan verbruik gehanteerd de relatie:

$$\text{maximum momentaan verbruik} = 0,3 \sqrt{\text{tapeenheden.}}$$

De nu gevonden relatie is enigszins ingewikkelder, maar benadert veel beter de optredende waarden.

Dit is weergegeven in afb. 2. In de KIWA-mededeling: 'Onderzoek naar optredende maximale momentane waterverbruiken in woongebouwen' wordt uitgebreider op dit onderwerp ingegaan.

Ontwerprichtlijnen

Op grond van de verrichte metingen en berekeningen is de werkgroep gekomen tot het opstellen van 3 ontwerprichtlijnen, t.w.:

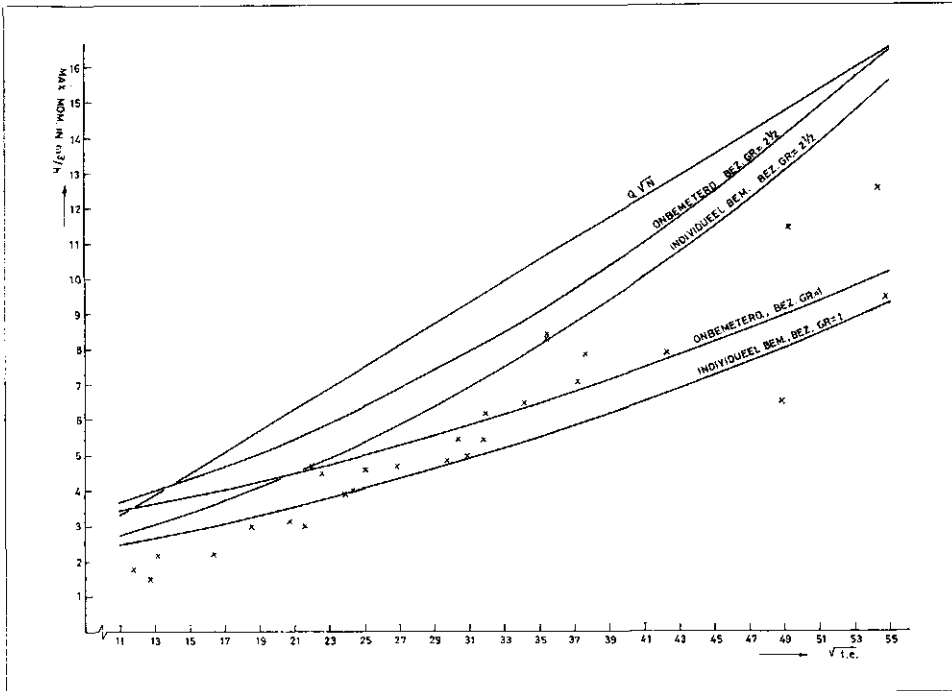
- Richtlijnen voor toevoerleidingen naar woonstraten: WB 1.
- Richtlijnen voor leidingen en gemeenschappelijke installaties naar resp. in woongebouwen met meer dan 150 tapeenheden: WB 2.
- Richtlijnen voor leidingen naar percelen met niet meer dan 150 tapeenheden en

leidingen in woningen: WB 3, de thans gebruikelijke methode.

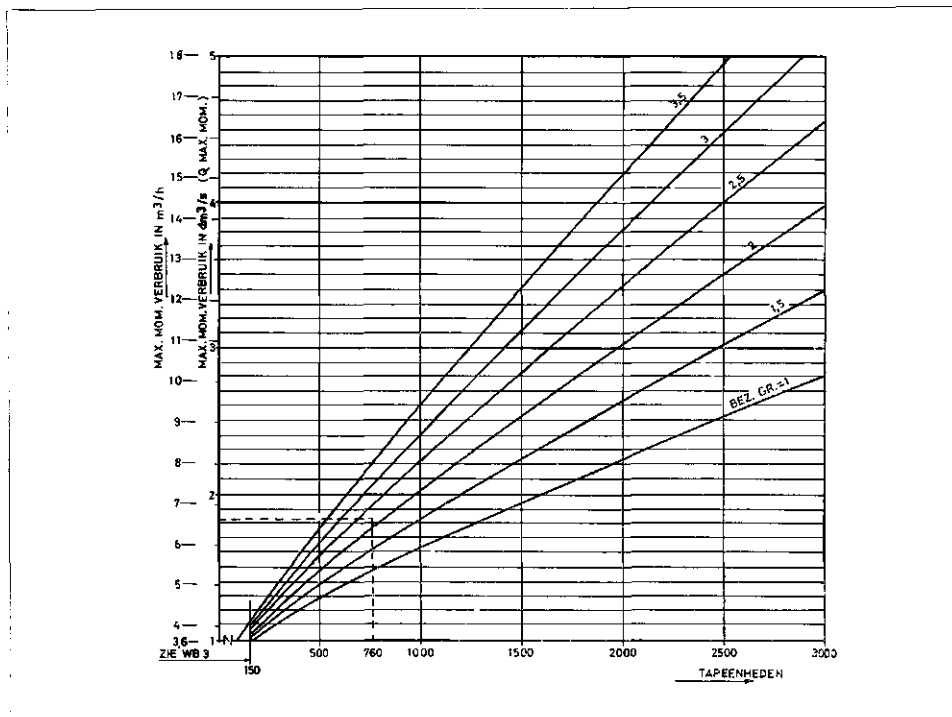
Bovengenoemde richtlijnen zijn opgenomen in de eerder vermelde KIWA-mededeling. Omdat het onderzoek zich heeft toegespitst op drinkwaterinstallaties in grotere woongebouwen, volgt hierna een daarop gerichte

voorbeeld-berekening. Hierbij is gebruik gemaakt van de tabel en grafiek in werkblad WB 2. Opgemerkt wordt dat de lijnen voor een bezettingsgraad van 3 en 3,5 buiten het interval vallen waarover is gemeten en daardoor buiten de geldigheid van de gevonden formule. Desalniettemin wordt gemeend dat deze lijnen met voldoende betrouwbaarheid kunnen worden gehanteerd.

Afb. 2 - Bovengrens max. mom. verbruik, uitgezet tegen $\sqrt{t.e.}$ gegeven de wijze van bemetering en de gemiddelde bezettingsgraad van een woongebouw.



Afb. 3.



Voorbeeld berekening

Gegeven: een flatgebouw bestaat uit 20 4-kamerwoningen en 60 3-kamerwoningen. Het aantal tapeenheden per woning bedraagt bijv. 9,5.
 Gevraagd: Het maximum momentverbruik (Q max. mom.).

Bepaling gemiddelde bezettingsgraad per woning

Met behulp van tabel II wordt de gemiddelde bezettingsgraad per woning van de aangesloten percelen bepaald.

TABEL II.

aantal kamers	1	2	3	4	5	6	7	8	> 9
bezettingsgraad	1	1	2	2½	3	4	4	4	5

In 20 4-kamerwoningen is de bezettinggraad: $20 \times 2\frac{1}{2} = 50$ personen
 In 60 3-kamerwoningen is de bezettingsgraad: $60 \times 2 = 120$ personen

totaal = 170 personen
 De gemiddelde bezettingsgraad bedraagt:
 $\frac{170}{20+60} = 2,125$

Bepaling van het totaal aantal tapeenheden
 Het totaal aantal tapeenheden bedraagt:
 $80 \times 9,5 = 760$ t.e.

Bepaling van het maximum momentverbruik (Q max. mom.)

Uit de grafiek (afb. 3) — zie stippelijntje — wordt een maximum momentverbruik afgelezen van $1,82 \text{ dm}^3/\text{s}$ of $6,7 \text{ m}^3/\text{h}$.

