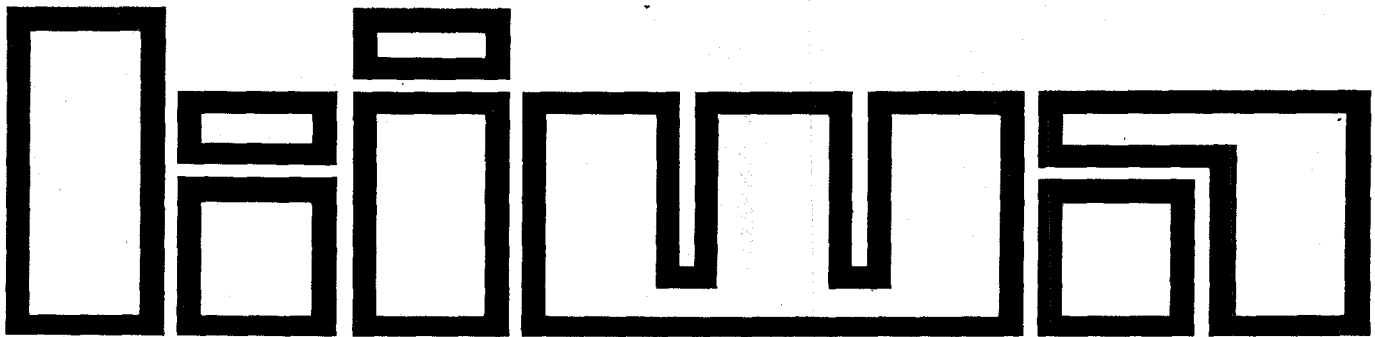


mededeling  
nr. 35

drukkzones  
in  
stedelijke  
gebieden



keurings  
instituut  
voor  
waterleiding  
artikelen  
kiwa nv

DRUKZONES IN  
STEDELIJKE GEBIEDEN

Mededeling nr. 35 van het KIWA

Rapport van de  
werkgroep drukzones  
van de  
commissie distributie

Rijswijk (Z.H.), december 1974

Door de Commissie Distributie is o.a. een Werkgroep Drukkzones ingesteld.

De leden van de Werkgroep Drukkzones zijn:

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| - ir. C. Wielenga       | - Gem. Drinkwaterleiding Rotterdam (voorzitter)              |
| - ing. J. van Beckhoven | - N.V. Waterleiding Maatschappij Gelderland                  |
| - ir. R.W. Goyen        | - Gemeentewaterleidingen Amsterdam                           |
| - ir. J. Jager          | - N.V. Waterleiding Maatschappij voor de provincie Groningen |
| - ir. G. Verbrugh       | - Duinwaterleiding van 's-Gravenhage.                        |

Tijdelijk zijn aan de werkgroep toegevoegd geweest:

- |                      |   |
|----------------------|---|
| - ir. J. Haijkens    | - Gem. Drinkwaterleiding Rotterdam                            |
| - ing. A. Wedemeijer | - idem  |
| - G. Hoogeboom       | - N.V. Waterleiding Maatschappij voor de provincie Groningen. |

De taak van de Werkgroep Drukkzones omvat in hoofdzaak:

- het mogelijk opstellen van richtlijnen ten aanzien van de volgende vragen:
  - a. wanneer moet een distributienet in verschillende drukkzones worden ingedeeld, zowel in een stedelijk gebied als op het platteland;
  - b. welke drukken moeten in de drukkzones worden aangehouden;
  - c. welke consequenties vloeien hieruit voort.

## INHOUD

	<u>blz.</u>
1. Inleiding	5
1.1 Piekfactor en benodigde pompcapaciteit	6
1.2 Prijs van de drukverhogingsinstallatie	8
1.3 Leidingkosten	9
1.4 Energiekosten	10
2. Wanneer drukverhoging voor gebouwen als geheel en wanneer alleen voor de hoogste etages?	12
2.1 Eén drukverhogingsinstallatie per flatgebouw	12
2.2 Eén centrale drukverhogingsinstallatie voor een aantal flatgebouwen	22
3. Drukverhogingsinstallatie per flatgebouw of één centrale drukverhogingsinstallatie?	27
3.1 Combinatie van een aantal identieke gebouwen	28
3.2 Combinatie van gebouwen met verschillende opvoerhoogten. Extra leiding.	31
4. Centraal pompstation met een apart gebouw. Combinatie van een hele wijk	41
5. Conclusies	49
6. Slotoverwegingen	51
Summary	54

### Bijlagen:

- Figuur 1 - piekfactor bij aantal woningen
- Figuur 2 - pompcapaciteit bij aantal woningen
- Figuur 3 - prijzen ketelloze drukverhogingsinstallaties

- Figuur 4 - prijzen van pompen
- Figuur 5 - verlieskosten:  $e^1 \times k$  woningen
- Tabel 1 - leidingprijzen
- tabel 2 - kosten straatwerk
- Tabel 3 - berekening leidingkostenverschil
- Overzicht 1 - betekenis van de symbolen
- Overzicht 2 - bebouwing in Ommoord
- Overzicht 3 - kostenvergelijking extra hoofd-  
leidingnet  
- situatie de wijk Ommoord in  
Rotterdam
- Tekening A - bestaand leidingnet in Ommoord
- Tekening B - leidingnet met centraal pompstation

## ASPECTEN VAN DRUKVERHOOGING IN HOOGBOUWWIJKEN

### 1. INLEIDING

De hoogte van de wooncomplexen in hoogbouwwijken is vaak dusdanig, dat de stadsdruk te laag is om voldoende waterlevering tot op de hoogste verdieping mogelijk te maken. Het water moet daarom voor deze gebouwen of voor de hoogste verdiepingen van deze gebouwen onder een hogere druk worden opgepompt.

Momenteel vindt deze drukverhoging plaats met één hydrofoor of ketelloze drukverhogingsinstallatie per gebouw. Deze installaties bestaan uit 2 of 3 pompen met gelijke capaciteit, waarvan er één als reserve dienst doet. Omdat bij een hydrofoor één of meer ketels aanwezig zijn en bij een ketelloze drukverhogingsinstallatie alleen een klein schakelvat, neemt de laatstgenoemde minder ruimte in beslag. Door het langer doorlopen van de pompen is het rendement evenwel lager, doch deze extra energiekosten wegen veelal niet op tegen de extra investerings- en ruimtekosten van de hydrofoor. In nieuwe flats vindt daarom steeds meer toepassing van ketelloze drukverhogingsinstallaties plaats.

Naast de beide genoemde mogelijkheden van drukverhogingsinstallaties kunnen nog voorkomen pompen met een hooggelegen reservoir aan de ene zijde en pompen met wisselend toerental of continu lopende pompen aan de andere zijde.

Voor de eenvoud van de behandeling van het onderwerp zal in het vervolg alleen gerekend worden met ketelloze drukverhogingsinstallaties.

Een alternatieve oplossing voor het plaatsen van een drukverhogingsinstallatie per gebouw is het plaatsen van één centrale installatie voor een aantal gebouwen. Zowel de bestaande als de genoemde alternatieve oplossing bieden nog de keuzemogelijkheid van drukverhoging voor een geheel gebouw of drukverhoging voor alleen een aantal hoogste verdiepingen. Enkele factoren, die van invloed kunnen zijn bij een keuze van het juiste alternatief zullen eerst nader worden bekeken. Daarna zullen enkele alternatieven van één of meer drukzônes tegen elkaar worden afgewogen. De afweging zal hoofdzakelijk plaatsvinden in het economische vlak, terwijl voorbijgegaan wordt aan andere mogelijke aspecten, die zeer wel een beslissing in deze kunnen beïnvloeden, b.v. ten aanzien van beleid, bedrijfszekerheid of warmwatervoorziening. De in dit rapport gehanteerde prijzen zijn volgens het prijspeil 1973.

#### 1.1 Piekfactor en benodigde pompcapaciteit

Onder piekfactor wordt in de navolgende beschouwing verstaan: de verhouding van het optredende maximale momentverbruik (uitgedrukt in  $m^3$  per uur) tot het gemiddelde uurverbruik over het gehele jaar.

Deze piekfactor is sterk afhankelijk van het aantal aangesloten woningen en daalt naarmate het woningaantal stijgt. De minimale waarde van circa 2,8 wordt bij meer dan 2000 woningen bereikt. De grafiek, welke het verband tussen de piekfactor en woningaantal weergeeft, overgenomen uit een publicatie van ir. Wijntjes, is getekend in figuur 1. Wanneer een aantal woningen op een drukverhogingsinstallatie wordt aangesloten, dient de benodigde pompcapaciteit te worden berekend op de maximale

vraag. Omdat de maximale vraag gelijk is aan de gemiddelde vraag vermenigvuldigd met de piekfactor vinden we:

totaal benodigde pompcapaciteit ( $m^3/h$ ) x 24 =  
gemiddeld dagverbruik per woning ( $m^3/dag$ ) x piekfactor x aantal woningen

waarin: gemiddeld dagverbruik per woning ( $m^3/dag$ ) =  
jaarverbruik per woning ( $m^3/jaar$ ) : 365 (dagen).

Deze berekening werd uitgevoerd voor een groot aantal woningaantallen, waarbij het gemiddelde dagverbruik per woning over het gehele jaar gelijk werd gesteld aan 1 eenheid. Het resultaat is weergegeven in figuur 2. Uit de grafiek is direct de benodigde totale pompcapaciteit in  $m^3/uur$  voor een willekeurig aantal woningen, met een gemiddeld dagverbruik van  $Q$  ( $m^3/dag$  per woning) te bepalen. We vermenigvuldigen daartoe de voor het woningaantal in de grafiek gevonden pompcapaciteit met  $Q$ .

Bij bovengenoemde bepaling van de benodigde pompcapaciteit is uiteraard geen rekening gehouden met de plaatsing van een reservepomp. Bovendien geldt de via figuur 2 gevonden capaciteit alleen ingeval geen voorraad onder verhoogde druk (zoals bij een hydrofoorinstallatie) aanwezig is en voor woningen zonder bijzondere waterverbruikende toestellen (zoals drukspoelers, afvalvernietigers, tuinsproeiers).

Ook wanneer een deel van een woonwijk in beschouwing wordt genomen, moet rekening worden gehouden met de aard van de bebouwing (eengezinswoningen, bejaardentehuizen) en brandweereisen.



## 1.2 Prijs van de drukverhogingsinstallatie

De prijs van de drukverhogingsinstallaties is afhankelijk van de gevraagde capaciteit. Het is echter niet zo, dat een installatie, die 2 maal zoveel levert ook 2 maal zo duur is. Na informatie naar een aantal prijzen van complete ketelloze drukverhogingsinstallaties kan een benaderd lineair verband worden gevonden tussen het leveringsvermogen van de installatie en de prijs. De opvoerhoogte heeft slechts een geringe invloed op de prijs. De opgegeven prijzen en het benaderd verband met de capaciteit (voor 4 ato) zijn weergegeven in figuur 3. Het verband kan in formulevorm worden weergegeven door:

$$\text{installatieprijs} = f6.500,-- + \text{leveringsvermogen} \\ (\text{m}^3/\text{h}) \times f125,--.$$

Door het beperkte aantal pompen zijn in werkelijkheid slechts een aantal punten van de lijn van belang.

Voor een eerste benadering van de installatieprijs kan de grafiek echter wel worden gebruikt.

De genoemde installaties bestaan uit 3 pompen, welke elk een capaciteit hebben gelijk aan de helft van de maximale vraag. De maximale capaciteit van deze ketelloze drukverhogingsinstallaties ligt ongeveer bij  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ , zodat een benodigde grotere drukverhogingsinstallatie per geval moet worden samengesteld uit het normale pompenprogramma.

Ook van de laatstgenoemde pompen zijn een aantal prijzen opgevraagd en ook hier werd een benaderd lineair verband gevonden. Dit verband is getekend in figuur 4. De genoemde prijzen zijn inclusief de

electromotor voor de aandrijving van de pomp.  
Wanneer we met deze pompen een complete drukverhogingsinstallatie willen bouwen moet ook nog gerekend worden op een elektrische installatie (aansluiting en schakeling).

Wordt met behulp van de pompen uit figuur 4 een drukverhogingsinstallatie met een capaciteit van  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  gebouwd, dan dient deze te bestaan uit b.v. 3 pompen van  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  (waarvan er één als reservepomp dienst doet).

De kosten van deze installatie zijn dan ongeveer:

3 x f4.500,-- à f5.000,-- =	f13.500,-- à f15.000,--
electrische installatie ca.	<u>f4.000,--</u>
totale kosten ca.	f18.000,--.

De kosten van een complete ketelloze drukverhogingsinstallatie met dezelfde capaciteit ( $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) is ca. f14.000,-- en dus goedkoper dan de samengestelde installatie. Wanneer de mogelijkheden technisch aanwezig zijn (benodigde totale capaciteit kleiner dan  $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ) zal men dus uit economische overwegingen voor de ketelloze drukverhogingsinstallatie kiezen.

### 1.3 Leidingkosten

De hoofdleidingen, welke door het waterleidingbedrijf worden gelegd, kunnen veelal een werkdruk hebben van 6 ato, zodat in de meeste gevallen geen toepassing van buizen met een hogere drukklasse noodzakelijk is, wanneer de druk in de leidingen wordt opgevoerd.

In tabel 1 zijn voor de gebruikelijke p.v.c.-buizen de kosten per strekkende meter weergegeven in de eerste kolom. De genoemde kosten zijn inclusief leggen en hulpstukken. De kosten van eventueel

straatwerk zijn gegeven in tabel 2.

In de tweede kolom zijn de jaarlijkse kosten per strekkende meter vermeld. Voor de berekening hiervan is uitgegaan van een afschrijvingstermijn van 40 jaar op annuïteitenbasis met 8% rente per jaar. Met deze cijfers kunnen direct de jaarlijkse kosten van een willekeurige leidinglengte worden bepaald. In tabel 1 zijn ook twee, zij het globale schattingen gegeven van de kosten van koperen binnenleiding. Ook deze kosten zijn inclusief arbeidsloon en hulpstukken. De kosten zijn geschat door een installateur.

Bij het vergelijken van de kosten van verschillende alternatieven is het niet nodig de kosten van een compleet leidingnet te berekenen. Slechts het verschil van de leidingkosten wordt in de beschouwing betrokken.

#### 1.4 Energiekosten

De energie die nodig is om  $1 \text{ m}^3$  water 1 meter omhoog te pompen is 1000 kgfm.

We kunnen deze vorm omrekenen tot kWh door:

$$1000 \text{ kgfm} = g \cdot 1000 \text{ Nm} \approx 10000 \text{ Nm} = 10000 \text{ Ws}$$

$$10000 \text{ Ws} = \frac{10000}{3600} \text{ Wh} = \frac{1}{360} \text{ kWh.}$$

Er is hierbij verondersteld, dat er geen rendementverliezen waren. Is het rendement echter  $\eta$ , dan is de energie, die nodig is om  $1 \text{ m}^3$  water 1 meter op te pompen:

$$\frac{1}{360 \times \eta} \text{ kWh.}$$

De benodigde energie om  $Q \text{ m}^3$  water  $h$  mwk omhoog te pompen is dus gelijk aan:

$$\frac{Q \times h}{360 \times \eta} \text{ kWh.}$$

De hieraan verbonden kosten zijn:  $\frac{Q \times h}{360 \times \eta} \times$  kosten per kWh.

Evenals bij de leidingkosten behoeft bij vergelijking van twee alternatieven slechts het verschil in energiekosten tussen beiden te worden bekeken.

### 1.5 Reduceren van druk

Stel de maximaal toegestane druk op een tappunt is 50 mwk. Wanneer door het onder verhoogde druk brengen van water de druk te hoog zou worden op een aantal tappunten, dan moet de druk voor deze tappunten worden verlaagd met een reduceerventiel. De kosten van een reduceerventiel voor een 2" leiding bedragen (inclusief 2 manometers en montage-loon) circa f430,--. Bij een afschrijvingstermijn van 15 jaar op annuïteitenbasis en 8% rente is dit circa f50,-- per jaar. Opgemerkt moet worden dat reduceertoestellen zeer gevoelig zijn (kalkaanslag, roestdeeltjes). Op belangrijke punten in de binneninstallaties worden daarom ook wel twee reduceertoestellen parallel geplaatst.

Een en ander betekent dan hogere aanschaffings- en onderhoudskosten.

Wanneer op een tappunt de druk lager is dan 50 mwk doch hoger dan noodzakelijk (b.v. boven 25 mwk) kan het voordelig zijn verschillende tappunten van smoorplaatjes te voorzien om een verhoogd waterverbruik t.g.v. een hoge druk tegen te gaan.\*

\* Noot: De werkgroep "Invloed van druk op het verbruik" doet nog onderzoek naar de juistheid hiervan.

Hierbij moet worden aangetekend, dat de diameter van de boring in de plaatjes zeer kritisch is en eigenlijk voor elk geval ter plaatse empirisch zou moeten worden bepaald om een goed resultaat te bereiken.

Het nadeel is, dat smoorplaatjes kunnen "verdwijnen", hetzij bij vervanging van het taptoestel dan wel bij eigenhandige verwijdering om een forsere straal te krijgen b.v. bij gevelkranen (auto's wassen, tuin sproeien).

Anderszins zal het bezwaar van spatten bij een te sterke straal het te wijd openen van de kraan in de praktijk beletten.

Het toepassen van een nauwere leiding als aanvoer naar een tappunt heeft niet de genoemde bezwaren.

## 2. WANNEER DRUKVERHOOGING VOOR GEBOUWEN ALS GEHEEL EN WANNEER ALLEEN VOOR DE HOOGSTE ETAGES?

Voor de beantwoording van deze vraag onderscheiden we de volgende gevallen:

1. Eén drukverhogingsinstallatie per flatgebouw (z.g. ketelloos).
2. Een centrale drukverhogingsinstallatie voor een aantal flatgebouwen.

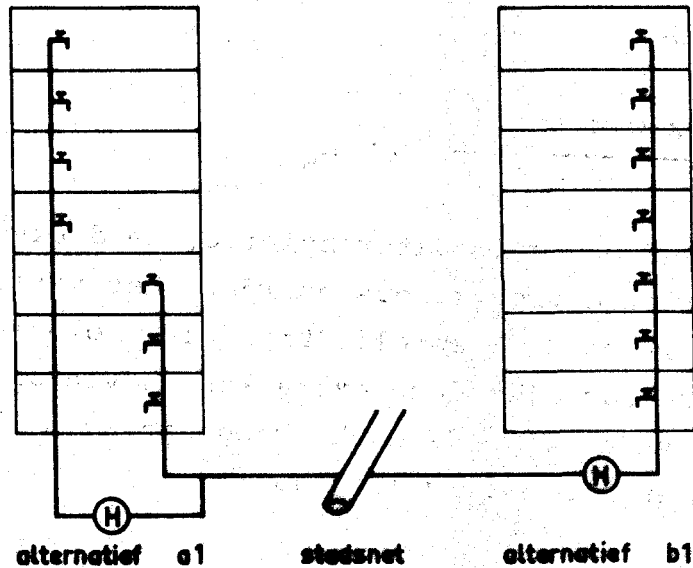
De factoren welke van belang zijn voor de keuze tussen geval 1 en geval 2 worden in paragraaf 3 besproken.

### 2.1 Eén drukverhogingsinstallatie per flatgebouw

We bekijken alternatieven  $a_1$  en  $b_1$  (zie tekening).

In alternatief  $a_1$  hebben we te maken met een dubbel leidingnet voor de laagste verdiepingen en in alternatief  $b_1$  zijn alle etages van verhoogde druk voorzien.

Schematische voorstelling van de alternatieven  $a_1$  en  $b_1$ . H is de drukverhogingsinstallatie.



We hebben in alternatief  $a_1$  aangenomen, dat alle stijgleidingen in de kelder per kolom worden uitgesplitst. Een alternatief hierop zou zijn: eerst het water naar het dak brengen en het daar uitsplitsen over de kolommen. In dat geval hebben we één extra leiding van kelder naar dak.

In veel gevallen is het echter niet mogelijk op het dak de uitsplitsing te maken. Daar bovendien de berekening identiek is, beschouwen we alleen het onder  $a_1$  genoemde alternatief.

In alternatief  $a_1$  is meer leidinglengte nodig dan in alternatief  $b_1$ , zowel in horizontale als in verticale richting. Per kolom en per jaar zijn de kosten hiervan:

$$(l_1 + e^1 \times l_2) \times K_L \quad (\text{voor betekenis der symbolen zie bijlage 1})$$

In alternatief  $b_1$  worden de laagste ( $e^1$ ) verdiepingen onnodig van water met verhoogde druk voorzien. De

kosten van deze extra energie bedragen per kolom en per jaar:

$$\frac{e^1 \times Q \times (h_1 - h_s)}{360 \times \eta} \times K_E$$

Bovendien is in alternatief  $b_1$  de drukverhogingsinstallatie groter, dus duurder. Het verschil in kosten is op  $K_{VH}$  gesteld. Zijn er  $k$  kolommen naast elkaar, dan zijn deze extra kosten van alternatief  $b_1$  t.o.v.  $a_1$  voor de drukverhogingsinstallatie per kolom en per jaar gelijk aan:

$$\frac{K_{VH}}{k}$$

We prefereren alternatief  $b_1$  boven  $a_1$  wanneer:

$$\begin{array}{ccc} \text{extra kosten alternatief } b_1 < \text{extra kosten alternatief } a_1 \\ \text{(t.o.v. } a_1) & & \text{(t.o.v. } b_1) \end{array}$$

per kolom:

$$\frac{e^1 \times Q \times (h_1 - h_s)}{\eta \times 360} \times K_E + \frac{K_{VH}}{k} < (e^1 \times l_2 + l_1) \times K_L$$

of:

$$\frac{Q \times (h_1 - h_s)}{\eta \times 360} \times K_E + \frac{K_{VH}}{e^1 \times k} < l_2 \times K_L + \frac{l_1}{e^1} \times K_L \quad (1)$$

De aanschafkosten van een ketelloze drukverhogingsinstallatie bleken bij benadering (zie 1.2):

aanschafkosten = f6.500,-- + f125,-- x leveringsvermogen ( $m^3/h$ ).

In alternatief  $b_1$  is dit f6.500 + f125,-- x totaal

aantal woningen  $\times q_b$ .

In alternatief  $a_1$  is dit  $f6.500,-- + f125,-- \times$  (totaal aantal woningen  $- e^1 \times k) \times q_a$

waarin  $e^1 \times k$  het aantal woningen is dat in alternatief  $a_1$  van stadsdruk is voorzien en waarin  $q_b$  het leveringsvermogen van de pompinstallatie per woning in  $m^3/h$  in alternatief  $b_1$  is en  $q_a$  hetzelfde in alternatief  $a_1$ .

$$q = \frac{\text{aantal woningen} \times \text{gem. verbruik/h per woning}}{\text{aantal woningen}}$$

$$\frac{\text{x piekfactor}}{\text{aantal woningen}} = \frac{\text{pompcapaciteit (m}^3\text{/h)}}{\text{aantal woningen}}$$

De factor  $q$  is alleen afhankelijk van de piekfactor. Deze factor zal dus in alternatief  $b_1$  kleiner zijn dan in alternatief  $a_1$  ( $q_b < q_a$ ).

Omdat echter de piekfactor niet sterk zal variëren kunnen we  $q_b = q_a = q$  aannemen.

Het verschil in aanschafkosten van de ketelloze drukverhogingsinstallatie in alternatief  $b_1$  en alternatief  $a_1$  kan nu worden bepaald: meerkosten alternatief  $b_1$  t.o.v.  $a_1$  voor wat betreft de genoemde installatie:  $q \times e^1 \times k \times f125,--$ .

Bij een afschrijvingstermijn van 15 jaar op annuïteitenbasis en 8% rente per jaar zijn deze meerkosten per jaar  $q \times e^1 \times k \times f14,60 = K_{VH}$ .

De factor  $\frac{K_{VH}}{e^1 \times k}$  kan dus benaderd worden door  $q \times$

$f 14,60$ .

Hierdoor kunnen we de eerder gevonden ongelijkheid (1) vereenvoudigen tot:



$$\frac{Q \times (h_1 - h_s)}{\eta \times 360} \times K_E + q \times f14,60 < l_2 \times K_L + \frac{l_1}{e^1} \times K_L \quad (2)$$

Vullen we hier voor  $K_L = f7,30$  (zie tabel 1, 2" koperen binnenleiding) in, dan gaat de ongelijkheid over in

$$\frac{Q \times (h_1 - h_s)}{360 \times \eta} \times K_E < l_2 \times f7,30 + \frac{l_1}{2 e^1} \times f14,60 - q \times$$

f14,60

of:

$$\frac{Q \times (h_1 - h_s)}{360 \times \eta} \times K_E < l_2 \times f7,30 + \frac{l_1}{2 e^1} - q \times f14,60 \quad (3)$$

Wanneer we het gemiddelde dagverbruik op 500 liter/woning (d.i.  $180 \text{ m}^3/\text{woning/jaar}$ ) stellen, dan varieert de factor  $q$  voor 50-200 woningen per flatgebouw tussen:

$$q_{50} = \frac{\text{pompcapaciteit}}{\text{aantal woningen}} = \frac{24 \times 0,5}{50} = 0,24 \text{ en}$$

$$q_{200} = \frac{42 \times 0,5}{200} = 0,105$$

Door deze kleine waarden van  $q$  zal de term  $\frac{l_1}{2 e^1} - q$  daarom in de meeste gevallen positief zijn.

Bezien we bijvoorbeeld de situatie, dat  $l_1 = 6$  meter, dan zal deze term pas negatief worden als:

$$\text{- bij 50 woningen } \frac{6}{2 e^1} < 0,24 \therefore e^1 \geq 13 \text{ dat is 13}$$

etages van 4 woningen

$$\text{- bij 200 woningen } \frac{6}{2 e^1} < 0,105 \therefore e^1 \geq 29 \text{ dat is 29}$$

etages van 7 woningen.

Dit zijn erg onwaarschijnlijke cijfers.

In reële gevallen zal daarom het rechterlid van de ongelijkheid (3) minimaal gelijk zijn aan  $l_2 \times f7,30$  en kunnen we stellen, dat  $b_1$  zeker wordt geaccepteerd wanneer:

$$\frac{Q \times (h_1 - h_s)}{\eta \times 360} \times K_E < l_2 \times f7,30$$

of:

$$\frac{Q \times (h_1 - h_s)}{\eta \times 360} \times K_E < l_2 \times K_L$$

of:

$$Q \times (h_1 - h_s) < \frac{l_2 \times K_L \times \eta \times 360}{K_E} \quad (4)$$

Vullen we hier in:

$$Q = 180 \text{ m}^3/\text{woning/jaar} \quad \eta = (\text{minimaal}) 0,3$$

$$K_E = f0,10 \quad K_L = f7,50 \quad l_2 = 3 \text{ meter}$$

$$\text{dan: } h_1 - h_s < \frac{3 \times 7,50 \times 0,3 \times 360}{180 \times 0,10}$$

$$h_1 - h_s < 135 \text{ mwk}$$

Dit zal in reële situaties altijd het geval zijn. Wanneer de druk op het laagste tappunt boven de 50 mwk uitkomt, zal er altijd een extra leidingnet nodig zijn. In dat geval is het dus goedkoper de laagste verdiepingen op het stadsnet aan te sluiten.

We komen dus tot de conclusie dat het bij één ketellose drukverhogingsinstallatie per flatgebouw voorkeur verdient een zo groot mogelijk aantal woningen van water met verhoogde druk te voorzien. Wanneer de druk op de laagste tappunten boven de 50 mwk uit-

komt, worden deze echter op het stadsnet aangesloten.

Om een indruk te krijgen van de winst, die bovenstaande conclusie kan opleveren, gerelateerd aan de investeringskosten, is de volgende opzet gemaakt.

Voor een flatgebouw met  $e$  verdiepingen en  $k$  kolommen geldt:

Totale leidingkosten per jaar:

alternatief  $a_1 =$

$$[2 \times l_1 + e \times l_2 + e^1 \times l_2] \times k \times K_L \quad (1)$$

alternatief  $b_1 =$

$$[l_1 + e \times l_2] \times k \times K_L$$

het verschil  $K_{VL} =$

$$[l_1 + e^1 \times l_2] \times k \times K_L \quad (2)$$

Totale energiekosten per jaar:

alternatief  $a_1 =$

$$[e^1 \times h_s + (e - e^1) \times h_1] \times k \times \frac{Q \times K_E}{360 \times \eta}$$
$$= [e^1 \times h_s + e \times h_1 - e^1 \times h_1] \times k \times \frac{Q \times K_E}{360 \times \eta} \quad (3)$$

alternatief  $b_1 =$

$$[e \times h_1] \times k \times \frac{Q \times K_E}{360 \times \eta}$$

het verschil  $K_{VE} =$

$$[e^1 \times (h_s - h_1)] \times k \times \frac{Q \times K_E}{360 \times \eta} \quad (4)$$

Totale aanschaffingskosten drukverhogingsinstallatie

$$\begin{aligned} \text{alternatief } a_1 &= f6.500,-- + f125,-- \times (e - e^1) \times k \times q_a \\ \text{alternatief } b_1 &= f6.500,-- + f125,-- \times e \times k \times q_b \\ \text{het verschil} &= - f125,-- \times e^1 \times k \times q. \end{aligned}$$

Volgens het gestelde op blz. 15 is  $q_a \approx q_b = q$  en rekenen we bovenstaande kosten om naar jaarlast, dan wordt gevonden:

$$\begin{aligned} \text{alternatief } a_1 &= f760,-- + f14,60 \times (e - e^1) \times k \times q \quad (5) \\ \text{alternatief } b_1 &= f760,-- + f14,60 \times e \times k \times q \\ \text{het verschil } K_{VH} &= - f14,60 \times e^1 \times k \times q \quad (6) \end{aligned}$$

Bezien we nu de winst van alternatief  $b_1$  ten opzichte van  $a_1$  in procenten van de totale jaarkosten van  $a_1$ , dan vinden we:

Winst aan leidingkosten:

$$\frac{l_1 + e^1 \times l_2}{2 \times l_1 + (e^1 + e) \times l_2} \times 100\%$$

Winst aan energiekosten:

$$\frac{- e^1 \times (h_1 - h_s)}{e^1 \times h_s + (e - e^1) \times h_1} \times 100\%$$

Winst aan installatiekosten:

$$\frac{- f14,60 \times e^1}{f760,-- + f14,60 \times (e - e^1)} \times 100\%$$

Totaal aan winst per jaar:

de som van de verschillen aan jaarlijkse leidingkosten, energiekosten en aanschaffingskosten drukverhogingsinstallatie gedeeld door de som van de totale jaarlijkse kosten aan leidingen, energie en drukverhogingsinstallatie van alternatief  $a_1$  vermenigvuldigd met 100%

of

$$\frac{\text{formule (2)} + \text{formule (4)} + \text{formule (6)}}{\text{formule (1)} + \text{formule (3)} + \text{formule (5)}} \times 100\%$$

Onderstaand is de totaalwinst per jaar uitgedrukt in procenten uitgerekend van twee praktijkvoorbeelden.

- A. Een Eraflat van 14 verdiepingen en 12 kolommen.
- B. Een Hoekflat van 8 verdiepingen en 21 kolommen.

ad A. - Eraflat - hoog en smal.

Gegeven:  $l_1 = 6$  meter  $h_s = 19$  mwk  
 $l_2 = 3$  meter  $h_l = 57$  mwk  
 $k = 12$  kolommen  
 $e = 14$  woonlagen  $q = 0,12$   
 $e^1 = 3$  woonlagen  $n = 0,5$

$Q = 180 \text{ m}^3/\text{woning/jaar}$   $K_E = f0,10$   $K_L = f7,50$

We vinden dan:

Totale jaarlijkse kosten van alternatief a<sub>1</sub>:

aan leidingen:

$(2 \times 6 + 17 \times 3) \times 12 \times f7,50 = f 5.670,--$

aan energie:

$(3 \times 19 + 11 \times 57) \times 12 \times \frac{180 \times f0,10}{360 \times 0,5} = f 821,--$

aan installatie:

$f760,-- + f14,60 \times 9 \times 12 \times 0,12 = f 950,--$

Totaal  $f 7.441,--$

Totale verschilkosten:

aan leidingen:

$(6 + 3 \times 3) \times 12 \times f7,50 = f 1.350,--$

aan energie:

$- 3 \times 38 \times 12 \times \frac{180 \times f0,10}{360 \times 0,5} = f 1.137,--$

Transport  $f 1.213,--$

	Transport	f 1.213,--
aan installatie:		
- f14,60 x 3 x 12 x 0,12		= <u>f 63,--</u> ÷
	Totaal	f 1.150,--

Winst  $\frac{1.150}{7.441} \times 100\% = 15,5\%$

ad B. - Hoekflat - laag en breed.

Gegeven:  $l_1 = 6$  meter  $h_s = 20$  mwk  
 $l_2 = 3$  meter  $h_1 = 30$  mwk  
 $k = 21$  kolommen  
 $e = 8$  woonlagen  $q = 0,12$   
 $e^1 = 3$  woonlagen  $n = 0,5$

$Q = 180 \text{ m}^3/\text{woning/jaar}$   $K_E = f0,10$   $K_L = f7,50$

We vinden dan:

Totale jaarlijkse kosten van alternatief  $b_1$ :

aan leidingen:

$(2 \times 6 + 11 \times 3) \times 21 \times f7,50 = f 7.088,--$

aan energie:

$(3 \times 20 + 5 \times 30) \times 21 \times \frac{180 \times f0,10}{360 \times 0,5} = f 441,--$

aan installatie:

$f760,-- + f14,60 \times 5 \times 21 \times 0,12 = f 944,--$

Totaal  $f 8.473,--$

Totale verschilkosten:

aan leidingen:

$(6 + 3 \times 3) \times 21 \times f7,50 = f 2.362,--$

aan energie:

$- 3 \times 10 \times 21 \times \frac{180 \times f0,10}{360 \times 0,5} = f 63,-- \div$

Transport  $f 2.299,--$

Transport f 2.299,--

aan installatie:

- f 14,60 x 3 x 21 x 0,12

= f 110,-- ÷

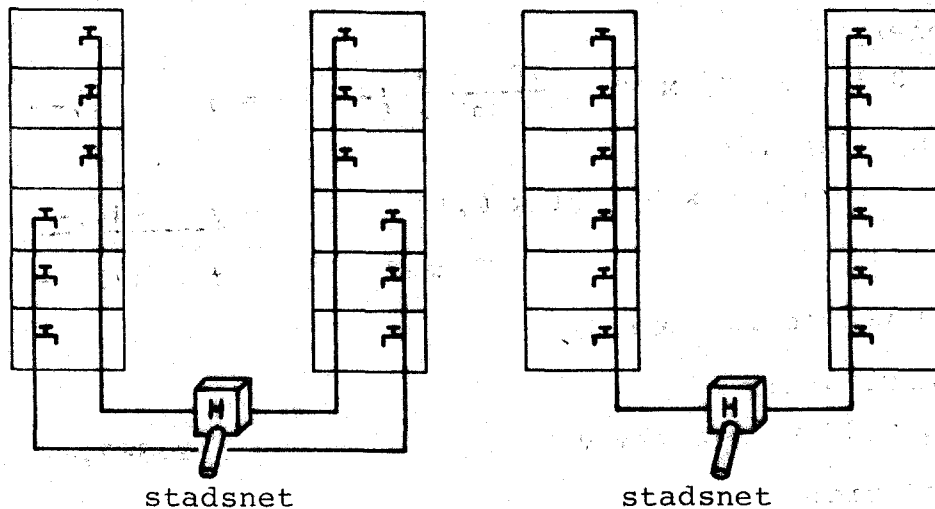
Totaal f 2.189,--

Winst  $\frac{2.189}{8.473} \times 100\% = 25,9\%$

Hoewel geen absolute waarden mogen worden toegekend aan de berekende uitkomsten, kan wel gesteld worden dat, gezien de meest voorkomende flatgebouwen, de percentages als grenswaarden moeten worden aange-merkt.

## 2.2 Eén centrale drukverhogingsinstallatie voor een aantal flatgebouwen

We bezien de alternatieven  $a_2$  en  $b_2$  (zie tekening). In alternatief  $a_2$  hebben we te maken met een dubbel leidingnet, waarvan één op het stadsnet en het ander op de ketelloze drukverhogingsinstallatie is aangesloten. In alternatief  $b_2$  zijn alle woningen van water met verhoogde druk voorzien.



H = centrale drukverhogingsinstallatie

alternatief  $a_2$

alternatief  $b_2$

In deze schematische voorstelling van  $a_2$  en  $b_2$  is H de ketelloze drukverhogingsinstallatie; de plaats hiervan wordt buiten beschouwing gelaten.

We beschouwen weer het verschil in kosten van het ene alternatief t.o.v. het andere.

Per jaar en per kolom zijn de extra energiekosten van alternatief  $b_2$  t.o.v. alternatief  $a_2$ :

$$\text{extra energie } b_2 = \frac{e^1 \times Q \times (h_1 - h_s)}{\eta \times 360} \times K_E \quad (1)$$

Per jaar en per kolom zijn de extra kosten door de grotere installatie van alternatief  $b_2$  t.o.v. alternatief  $a_2$ :

$$\text{extra installatiekosten } b_2 = \frac{K_{VH}}{\Sigma k} \quad (2)$$

( $\Sigma k$  = totaal aantal kolommen van alle flats bij elkaar)

De totale extra leidingkosten van alternatief  $a_2$  t.o.v.  $b_2$  per jaar en per kolom zijn:

$$(e^1 \times l_2 + l_1) \times K_L + K_{VL} \quad (3)$$

We prefereren alternatief  $b_2$  boven alternatief  $a_2$  wanneer:

$$\frac{e^1 \times Q \times (h_1 - h_s)}{\eta \times 360} \times K_E + \frac{K_{VH}}{\Sigma k} < (e^1 \times l_2 + l_1) \times K_L + K_{VL} \quad (4)$$

Stellen we  $\frac{K_{VH}}{\Sigma k \times e^1} = q \times f14,60$  (zie vorig voorbeeld) dan vinden we



$$\frac{Q \times (h_1 - h_s)}{360 \times \eta} \times K_E + f14,60 \times q < (l_2 + \frac{l_1}{e^1})K_L + \frac{K_{VL}}{e^1} \quad (5)$$

$\Sigma k \times e^1$  stelt hierin het aantal woningen voor, dat in alternatief  $a_2$  van stadsdruk zou worden voorzien.

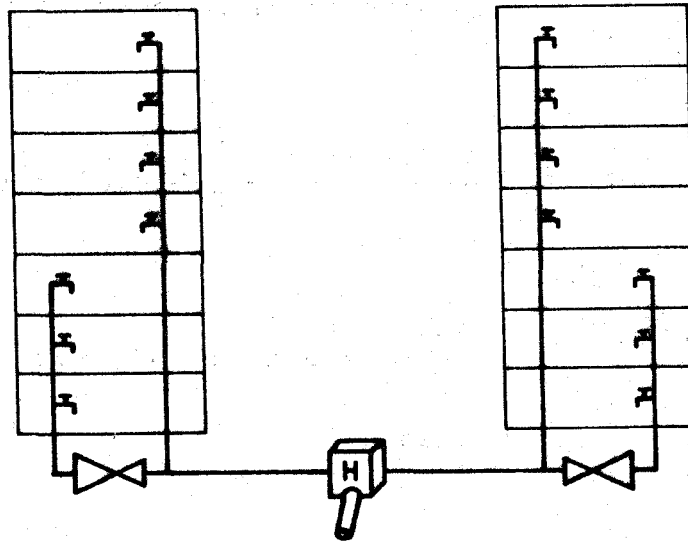
Evenals in 2.1 schatten we, dat  $q \times f14,60$  en  $\frac{l_1}{e^1} \times K_L$  elkaar elimineren, waardoor de vergelijking (5) wordt vereenvoudigd tot:

$$Q \times (h_1 - h_s) < \frac{360 \times \eta}{K_E} \cdot \left[ l_2 \times K_L + \frac{K_{VL}}{e^1} \right] \quad (6)$$

Ten opzichte van de in 2.1 gevonden formule (4) is het rechter lid alleen maar groter geworden en zal alternatief  $b_2$  - mits de druk op de laagste tappunten niet te hoog wordt - altijd de voorkeur verdienen. Wanneer  $h_1 > 50$  mwk kunnen we alternatief  $b_2$  niet meer gebruiken.

In plaats daarvan bezien we alternatief  $b_3$ , waarbij er bij elk flatgebouw een reduceerventiel is geplaatst voor de laagste verdiepingen. In elk flatgebouw is dus een dubbel leidingnet aanwezig.

Schematische voorstelling van alternatief  $b_3$



Het leidinglengteverschil van alternatief  $a_2$  t.o.v. alternatief  $b_3$  bestaat nu alleen nog maar uit de leidinglengte buiten de flatgebouwen. In alternatief  $b_3$  komen de kosten van één reduceerventiel per flatgebouw nog bij het verschil met alternatief  $a_2$ . Of de voorkeur uitgaat naar alternatief  $a_2$  of  $b_3$  kunnen we per flatgebouw bekijken.

Extra kosten alternatief  $b_3$  t.o.v.  $a_2$  per flatgebouw en per jaar zijn:

$$\frac{e^1 \times k \times Q \times (h_1 - h_s)}{n \times 360} \times K_E + K_{VH} + f50,--.$$

Extra kosten alternatief  $a_2$  t.o.v.  $b_3$  per flatgebouw en per jaar zijn alleen de verschilkosten

van de leiding:  $K_{VL}$ .

We prefereren alternatief  $b_3$  boven  $a_2$  wanneer

$$\frac{e^1 \times k \times Q \times (h_1 - h_s)}{n \times 360} \times K_E + K_{VH} + f50,-- < K_{VL}$$

Vullen we voor  $K_{VH} = q \times f14,60 \times e^1 \times k$  (zie 2.1) in, dan vinden we

$$(e^1 \times k) \times \left[ \frac{Q \times (h_1 - h_s)}{n \times 360} \times K_E + q \times f14,60 \right] + f50,-- < K_{VL} \quad (7)$$

In 2.1 vonden we dat  $q$  varieerde voor 50-200 woningen tussen de 0,24 en 0,10. Omdat bij combinatie van gebouwen altijd grotere aantallen woningen werden beschouwd, kunnen we  $q_{\max}$  schatten op 0,12, waardoor  $q \times f14,60$  maximaal  $f2,--$  wordt.

Schatten we ook nog:

$$Q = 180 \text{ m}^3/\text{woning/jaar}$$

$$\eta = 0,3$$

$$K_E = f0,10 \text{ per kWh}$$

dan is het linker lid alleen nog afhankelijk van

$e^1 \times k$  en  $(h_1 - h_s)$ , waarin  $e^1 \times k$  het aantal

woningen voorstelt, dat in beide alternatieven

een lagere druk ontvangt dan de ketelloze drukverhogingsinstallatie.

Vergelijking (7) wordt dan:

$$(e^1 \times k) \times [(h_1 - h_s) \times f0,17 + f2,--] + f50,-- < K_{VL}$$

(8)

In tabel 3 is voor een aantal reële gevallen de term  $K_{VL}$  berekend. Er is hierbij vanuit gegaan dat een leiding gebruikt in alternatief  $b_3$  in alternatief  $a_2$  vervangen zou kunnen worden door 2 leidingen met tenminste een gelijke oppervlakte. De leidingen zijn in deze berekening wel even lang gedacht.

In figuur 5 is de waarde van het linker lid van vergelijking (8) uitgezet tegen de term  $(e^1 \times k)$  voor een aantal discrete waarden van  $(h_1 - h_s)$ .

De waarde van  $(h_1 - h_s)$  zal meestal niet boven de 40 mwk komen. (Voor  $h_1 > 60$  mwk is een zwaarder en dus duurder leidingnet noodzakelijk).

De waarde van  $(e^1 \times k)$  - d.i. het aantal woningen, dat in de flat een lagere druk ontvangt - schatten we tussen de 20 en 100. Het linker lid krijgt hierdoor een maximale waarde van f930,-- en een minimale van f226,--.

De voorkeur gaat dus naar alternatief  $b_3$  uit wanneer geldt:

$K_{VL} > f930,--$  per flatgebouw en per jaar  
en naar alternatief  $a_2$  wanneer:

$K_{VL} < f226,--$  per flatgebouw en per jaar.

Tussenliggende gevallen dienen nauwkeuriger te worden berekend. Bij een minimale waarde van  $K_{VL} = f4,--$  per meter blijven we alternatief  $b_3$  prefereren wanneer:

leidinglengte ketelloze drukverhogingsinstallatie

flatgebouw  $> \frac{f930,--}{f4,--} = 233$  meter.

(We zijn echter in tabel 3 er wel vanuit gegaan dat de lengte van de installatie tot het flatgebouw gelijk is aan de afstand stadsnet-flatgebouw).

We concluderen, dat het in verreweg de meeste gevallen de voorkeur verdient de extra leidinglengte zo kort mogelijk te houden. Slechts wanneer de druk voor de laagste verdiepingen te hoog oploopt en de dubbele leidinglengte klein is, verdient het aanbeveling de laagste verdiepingen op stadsdruk aan te sluiten.

### 3. DRUKVERHOOGINGSINSTALLATIE PER FLATGEBOUW OF EEN CENTRALE DRUKVERHOOGINGSINSTALLATIE?

Het is moeilijk voor de navolgende gevallen algemene formules af te leiden.

De kostenvergelijkingen zijn gemaakt aan de hand van globale voorbeelden.

De volgende gevallen zijn bekeken:

1. Combinatie van flatgebouwen met gelijke hoogten, onderverdeeld in:
  - a. alle etages krijgen dezelfde opgevoerde druk (druk op het laagste tappunt blijft kleiner

dan 50 mwk).

- b. de laagste etages krijgen bij combinatie gereduceerde druk en in de situatie van één drukverhogingsinstallatie per gebouw stadsdruk.

## 2. Combinatie van flatgebouwen met verschillende hoogten.

De voordelen van een centraal pompstation ten opzichte van één drukverhogingsinstallatie per flatgebouw zijn genoemd in punt 4.

### 3.1 Combinatie van een aantal identieke gebouwen.

Wanneer het mogelijk is de drukverhogende installatie in één van de gebouwen te plaatsen, zullen de ruimtekosten van deze grotere installatie minstens gecompenseerd worden door de ruimtewinst, die in de andere gebouwen ontstaat. Een dergelijke combinatie zal dus vaak kostenbesparend werken voor wat betreft de ruimtekosten. Een veel grotere besparing ontstaat door de lagere piekfactor, die bij combinatie wordt gevonden en door de relatief goedkopere pompen, die nodig zijn.

Uit de hierna volgende punten 3.1a en 3.1b. zien we een beduidende winst die per flatgebouw ontstaat bij combinatie van identieke flatgebouwen, zelfs als we voor de laagste verdiepingen de druk reduceren.

In beide voorbeelden is echter aangenomen, dat het leidingnet geen lengteverandering ondergaat. Is dit wel het geval, dan moeten de extra leidingkosten lager zijn dan de winst ontstaan door pompcombinatie.

3.1a. Combinatie van gebouwen met ongeveer gelijke hoogte en op de laagste tappunten een druk onder de 50 mwk.

Zoals we in 2.1 en 2.2 hebben gezien, zal het in de meeste gevallen voordelig zijn om alle etages van water met verhoogde druk te voorzien. Wanneer de combinatie geen extra leidinglengte met zich meebrengt, wordt het verschil in kosten voor wel of niet combineren alleen bepaald door het verschil in pompcapaciteit van de drukverhogingsinstallatie.

In onderstaande tabel zijn de jaarlijkse kosten van de drukverhogingsinstallatie per woning berekend in geval van combinatie van 100 tot 700 woningen. Er is hierbij een gemiddeld verbruik per woning aangenomen van 500 l/dag.

aantal woningen per installatie	factor vlg. fig. 2	gemidd. verbruik woning m <sup>3</sup> /dag	totale pompcap. m <sup>3</sup> /uur	prijs ketel-loze drukverhogingsinstallatie	prijs per woning	idem p. jaar afschrijving 15 jr. à 8%
100	32	0,500	16	f 8.500,--	f 85,--	f 10,--
200	42	0,500	21	" 9.000,--	" 45,--	" 5,30
300	56	0,500	28	" 10.000,--	" 33,30	" 3,90
400	62	0,500	31	" 10.400,--	" 26,--	" 3,05
500	68	0,500	34	" 10.800,--	" 21,60	" 2,55
600	80	0,500	40	" 11.600,--	" 19,30	" 2,25
700	100	0,500	50	" 13.000,--	" 18,60	" 2,20

Uit de tabel blijkt duidelijk dat de kosten per woning (dus per gebouw) afnemen bij combinatie van gebouwen. Zoals reeds vermeld gaat dit alleen op wanneer er aan de combinatie geen extra leidinglengte is verbonden.

3.1b. Combinatie van gebouwen met ongeveer gelijke hoogte en een lagere druk voor de laagste verdiepingen.

Wordt de druk van de drukverhogingsinstallatie te hoog voor de laagste tappunten, dan moeten deze op het stadsnet worden aangesloten of een gereduceerde druk ontvangen. Bij combinatie van gebouwen bleek het vaak voordeliger om al het water op druk te brengen en pas in de flatgebouwen de druk voor de laagste verdiepingen te reduceren (zie 2.2.). Bij één drukverhogingsinstallatie per flatgebouw kunnen we de laagste verdiepingen op stadsdruk aansluiten. Dit betekent dat bij combinatie meer energie wordt verbruikt. Deze is per flatgebouw en per jaar:

$$E_v = \frac{\text{aantal woningen van laagste etages} \times \text{verbruik per woning} (h_1 - h_s)}{360 \times \eta}$$

ofwel:

$$\text{kosten energieverlies} = \frac{e^1 \times k \times Q \times (h_1 - h_s)}{360 \times \eta}$$

Hierbij komen dan nog de kosten van een reduceer-ventiel à f50,-- per jaar en de verschilkosten van de ketelloze drukverhogingsinstallatie door de extra benodigde pompcapaciteit voor de laagste verdiepingen ( $K_{VH}$ ).

Bij aannamen van:

$$Q = 180 \text{ m}^3$$

$$\eta = 0,3$$

$$K_E = f0,10$$

vinden we de reeds in 2.2 gevonden formule voor de verlieskosten bij combinatie van een gebouw met andere

$$(e^1 \times k) \times [(h_1 - h_s) \times f_{0,17} + f_{2,--}] + f_{50,--}^*)$$

Deze verlieskosten moeten we afwegen tegen de winst, die bij combinatie ontstaat door het wegvallen van een drukverhogingsinstallatie. Schatten we de gemiddelde winst hiervan op f900,-- per jaar per installatie, dan kunnen we uit figuur 5 aflezen wanneer een combinatie tot voordeel leidt.

We vinden bijvoorbeeld:

$h_1 - h_s = 20$  mwk leidt praktisch altijd tot voordeel

$h_1 - h_s = 30$  mwk leidt tot voordeel wanneer

$$e^1 \times k < 120$$

$h_1 - h_s = 40$  mwk leidt tot voordeel wanneer

$$e^1 \times k < 100.$$

Bovenstaande 3 als voordelig aangemerkte gevallen zullen in de praktijk in het algemeen voorkomen.

### 3.2 Combinatie van gebouwen met verschillende opvoerhoogten. Extra leiding.

Het is moeilijk over een dergelijke combinatie in het algemeen iets te zeggen daar er zeer veel variabelen zijn. Door het verschil in opvoerhoogte der

\*) Noot:

Wanneer de laagste verdiepingen van het flatgebouw op het stadsnet kunnen worden aangesloten zonder extra leidinglengte, valt de term waarmee het energieverval tot uitdrukking werd gebracht, weg. Bij combinatie van de eerste twee flatgebouwen zal er ook nog een term ( $e^1 \times k \times f_{2,--}$ ) voor het eerste flatgebouw in de formule moeten staan; dit is echter verwaarloosd. Er is aangenomen dat geen extra leidinglengte nodig is.



gebouwen is men verplicht een keuze te maken uit de alternatieven voor de opvoerhoogte van de drukverhogingsinstallatie. Kiezen we deze gelijk aan de maximaal noodzakelijke, dan zullen we energieverlies krijgen, in die woningen waarin de druk hoger dan de noodzakelijke is. Kiezen we daarentegen voor een lagere druk, dan moet minstens één extra drukverhogingsinstallatie geplaatst worden, welke globaal f1.000,-- per flatgebouw per jaar kost. De overbodige energiekosten zullen zelden boven een dergelijk bedrag uitkomen, zodat in de meeste gevallen gekozen zal worden voor het maximale drukalternatief. Algemeen kan echter worden gesteld, dat hoe dichter de hoogten van de gebouwen bij elkaar liggen, des te gunstiger wordt de situatie (zie 3.1). In het volgende voorbeeld 3.2 is een berekening gemaakt voor 3 flatgebouwen met verschillende maximale hoogten (respectievelijk 18,5 m + N.A.P., 19,5 + N.A.P. en 36,5 + N.A.P.), waaruit blijkt dat ondanks een duidelijk hoogteverschil en het kleine aantal gebouwen, dat wordt gecombineerd, er een duidelijke winst is te constateren.

De winst wordt in het voorbeeld echter teniet gedaan door de extra leidinglengte die in de gegeven situatie noodzakelijk is. Wanneer bij de eerste opzet van het leidingnet met combinatie wordt rekening gehouden, is het misschien mogelijk een dergelijke extra leidinglengte te elimineren.

In 3.1b hebben we gezien, dat bij combinatie van een gebouw met één of meer andere van ongeveer gelijke hoogte de verschilkosten zijn per jaar:

$$\begin{aligned} & (\text{winst installatie}) - (e^1 \times k) \times \\ & [(h_1 - h_s) \times f_{0,17} + f_{2,--}] + f_{50,--}. \end{aligned}$$

De combinatie leidt tot voordeel wanneer dit groter dan nul is. De winst op de installatie bleek ongeveer f900,-- per jaar per installatie te bedragen, zodat we vinden

$$f900,-- - [(e^1 \times k) \times (h_1 - h_s) \times f0,17 + f2,--] + f50,-- > 0.$$

Voor  $(e^1 \times k)$  tussen de 50 en 100 woningen en  $(h_1 - h_s)$  tussen de 10 en 30 mwk blijkt de totale winst bij combinatie van n gebouwen:

$$(n - 1) \times (f150,-- \text{ tot } f650,--).$$

Is echter bij combinatie extra leidinglengte noodzakelijk dan zullen de kosten hiervan zeer snel deze winst elimineren, bijv.:

extra leiding  $\emptyset$  250, kosten f10,-- per jaar per meter:

max. leidinglengte voor kans op winst =

$$\frac{f650,--}{f10,--} = 65 \text{ meter.}$$

Bij combinatie van gebouwen met verschillende hoogtes zullen ook nog extra verlieskosten ontstaan bij combinatie omdat de opvoerhoogten niet voor alle gebouwen noodzakelijk zijn of omdat er bij hoge gebouwen toch nog een extra installatie nodig is. Deze kosten kunnen vooral bij grote opvoerhoogten en bij grote verschillen in gebouwhoogte sterk oplopen.

### Voorbeeld 3.2: Combinatie van gebouwen met verschillende maximale hoogtes.

Op de hierna volgende tekeningen (blz. 39) is een bestaande situatie in de wijk Ommoord in Rotterdam (zie bijlagen) getekend. We gaan de verschilkosten berekenen bij combinatie van de flat III<sup>e</sup>, de bejaardenflat V<sup>a</sup> en de ERA-flat I ten opzichte van de

bestaande situatie.

Allereerst bezien we de situatie met de drukverhogende installatie in de flat III<sup>e</sup>. Wanneer we het stadsdrukkringleidingssysteem willen handhaven betekent dit een extra leidinglengte van 150 m. Dit is een verlies ten opzichte van de oude situatie van:

verlies = 150 m x f10,-- = f1.500,-- per jaar  
(voor 3 gebouwen).

De flat III<sup>e</sup> en de bejaardenflat hebben ongeveer een gelijke hoogte (hoogste tappunt respectievelijk 18,5 m + N.A.P. en 19,5 m + N.A.P.), de ERA-flat is hoger (hoogste tappunt 36,5 m + N.A.P.). Er bestaan dus 2 alternatieven voor de druk van de drukverhogingsinstallatie:

- a) druk van de drukverhogingsinstallatie wordt gelijk aan die van flat V<sup>a</sup>, terwijl de ERA-flat een extra opvoerinstallatie krijgt voor de hoogste verdiepingen;
- b) druk van de drukverhogingsinstallatie wordt gelijk aan die van de in de ERA-flat noodzakelijke druk, terwijl we dan reduceerventielen moeten plaatsen voor beide andere flatgebouwen en voor de laagste verdiepingen van de ERA-flat. (Dit is noodzakelijk omdat de druk veel hoger wordt dan 36,5 mwk ten eerste omdat het maaiveld 5,50 - N.A.P. ligt en ten tweede, omdat de druk ook de leidingweerstand moet overwinnen en daarna nog voldoende overdruk moet bezitten op het hoogste tappunt in de ERA-flat).

Bestaande toestand:

Daar het hier gaat om een voorbeeld zijn de aannamen niet overal even zuiver bepaald. We zijn uitgegaan van de volgende gegevens:

ERA-flat I: het lagedrukgedeelte omvat 300 personen in 60 woningen en het hogedrukgedeelte 540 personen in 108 woningen; dit is een bezetting van 5,0 en een gemiddeld verbruik wanneer alleen douches aanwezig zijn van ca. 500 l/woning/dag.

Bejaardenflat V<sup>a</sup>: het hele flatgebouw staat onder drukverhoging met 257 personen in 257 woningen. Bij alleen douches geeft dit een gemiddeld verbruik van ca. 150 l/woning/dag.

Flat III<sup>e</sup>: het lage- en het hogedrukgedeelte van het flatgebouw omvatten elk 345 personen in 92 woningen. We vinden een bezetting van 3,3 met een gemiddeld verbruik van 350 l/woning/dag.

De noodzakelijke ketelloze drukverhogingsinstallaties moeten een capaciteit hebben van:

ERA-flat : capaciteit  $32 \times 500 = 16000$  l/uur  
(zie figuur 2)

Bejaardenflat : capaciteit  $50 \times 150 = 7500$  l/uur

Flat III<sup>e</sup> : capaciteit  $30 \times 350 = 10500$  l/uur

De hieraan verbonden kosten zijn (zie figuur 3):

ERA-flat : kosten ca. f8.400,--

Bejaardenflat : kosten ca. f7.300,--

Flat III<sup>e</sup> : kosten ca. f7.600,--

Totaal f23.300,--

Dit is per jaar (bij een afschrijvingstermijn van 15 jaar à 8%) = f2.700,--.

De alternatieven:

In beide alternatieven a) en b) zullen de kosten

voor het centrale pompstation ongeveer gelijk zijn, omdat een pomp met geringere opvoerhoogte voor het eerste alternatief slechts weinig goedkoper is. In het eerste alternatief is een extra drukverhogingsinstallatie nodig en in het tweede worden extra energiekosten gemaakt.

Daar de extra energiekosten minder zullen zijn dan de kosten verbonden aan een extra installatie zal alternatief b) economisch de voorkeur verdienen.

Alternatief b):

De totaal te verpompen hoeveelheid is:

$60 \times 500 + 108 \times 500 + 257 \times 150 + 92 \times 350 + 92 \times 350 = 187.000$  l/dag. In deze sommatie zijn de  $60 \times 500$  liter en de  $92 \times 350$  liter resp. voor de laagste verdiepingen van de ERA-flat en flat III<sup>e</sup>.

Uit de tekening in de alternatieve situatie op blz.39 blijkt echter, dat deze verdiepingen direct op het stadsnet zijn aan te sluiten, zodat deze hoeveelheden niet door de drukverhogingsinstallatie behoeven te worden verpompt.

Er resteert derhalve te verpompen:

$108 \times 500 + 257 \times 150 + 92 \times 350 = 124.500$  l/dag =  $124,5$  m<sup>3</sup>/dag.

Per woning is dit  $124,5 : 457 = 0,27$  m<sup>3</sup>/dag.

De noodzakelijke pompcapaciteit wordt:  $0,27 \times 75 = 20$  m<sup>3</sup>/uur (zie figuur 2).

De prijs voor een dergelijke pomp is f9.000,--, wat per jaar neerkomt op ca. f1.000,--.

Voor flat V<sup>a</sup> wordt de druk op de tappunten te hoog, zodat in dit alternatief b) nog 1 reduceertoestel nodig is à f50,-- per jaar.

De energieververschilskosten met de bestaande toestand bedragen voor de flats V<sup>a</sup> en III<sup>e</sup>:

$$K_{VE} = \frac{Q \times h}{360 \times \eta} \times f0,10$$

$$Q = \frac{(257 \times 150 + 92 \times 350) \times 365}{1000} = 26.000 \text{ m}^3/\text{jaar}$$

h = drukverschil flat III<sup>e</sup> en ERA-flat  $\approx$  20 mwk.

$\eta = 0,3$ .

Hierdoor komen de energieververschilskosten op:

$$K_{VE} = \frac{26000 \times 20 \times f0,10}{110} = f480,-- \text{ per jaar.}$$

Bij de combinatie ontstaat een winst door een goedkopere installatie van f2.700,-- - f1.000,-- = f1.700,-- per jaar.

Er ontstaan echter extra kosten door

- noodzaak reduceerventiel  $\hat{a}$  f 50,-- per jaar
  - extra leidinglengte  $\hat{a}$  f1.500,-- per jaar
  - extra energiekosten  $\hat{a}$  f 480,-- per jaar
- totaal f2.030,-- per jaar,

zodat de combinatie in dit geval uiteindelijk op een verlies komt van f2.030,-- - f1.700,-- = f330,-- per jaar.

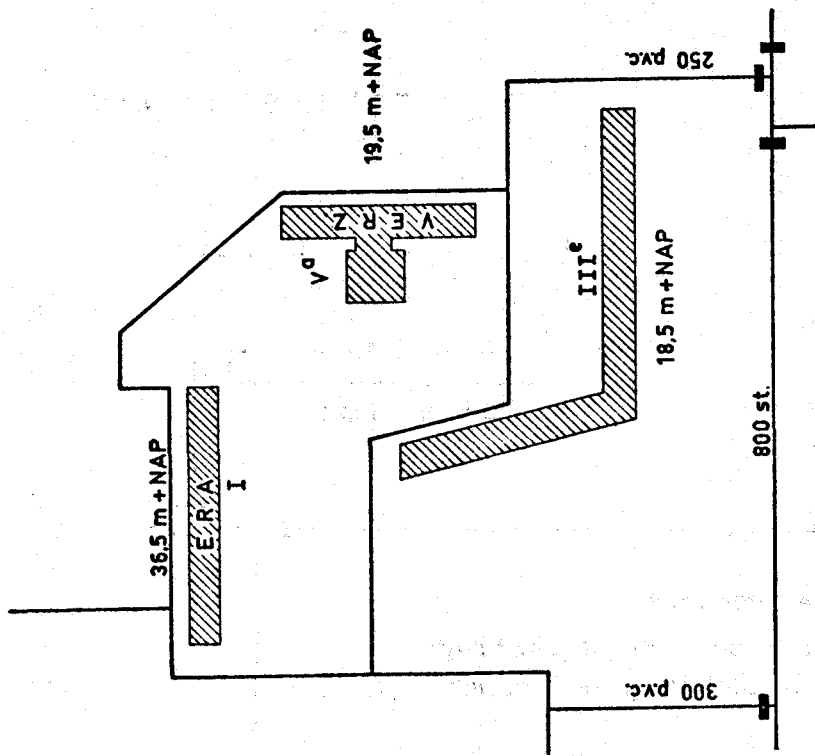
De winst, die ontstaat t.g.v. de goedkopere drukverhogingsinstallatie wordt hier echter voornamelijk teniet gedaan door de extra leidinglengte.

Indien deze niet nodig was geweest, dan had combineren wel tot een behoorlijk economisch voordeel geleid.

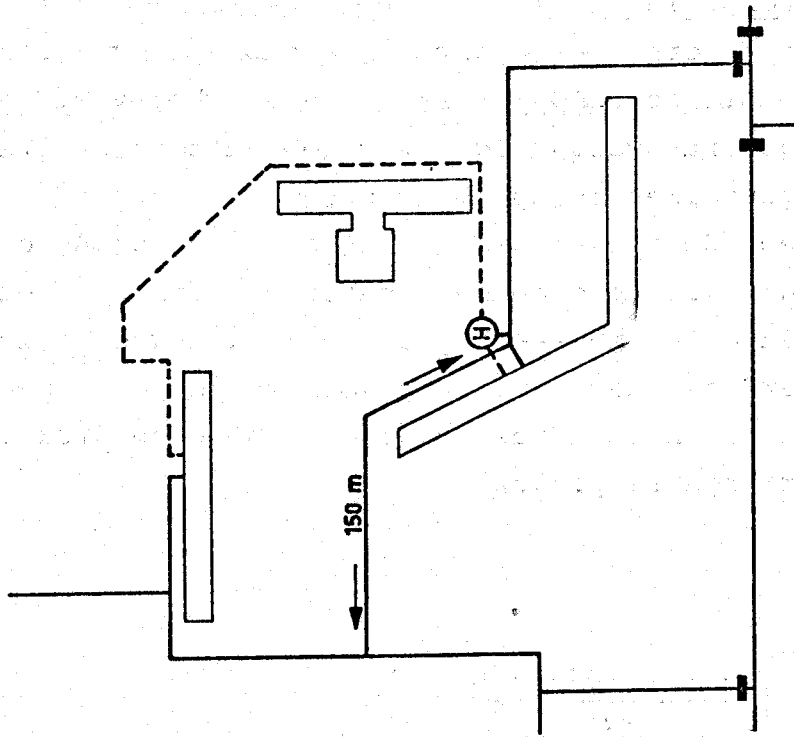
Opmerking:

Indien de jaarlijkse winst zou worden uitgedrukt

in procenten van de totale investeringskosten inclusief die van het leidingnet buiten de gebouwen, dan kan gesteld worden, dat de investeringskosten aan het leidingnet zodanig domineren, dat praktisch niet meer van een beduidend winstpercentage kan worden gesproken.



Bestaande situatie in Ommeoord



Alternatieve situatie

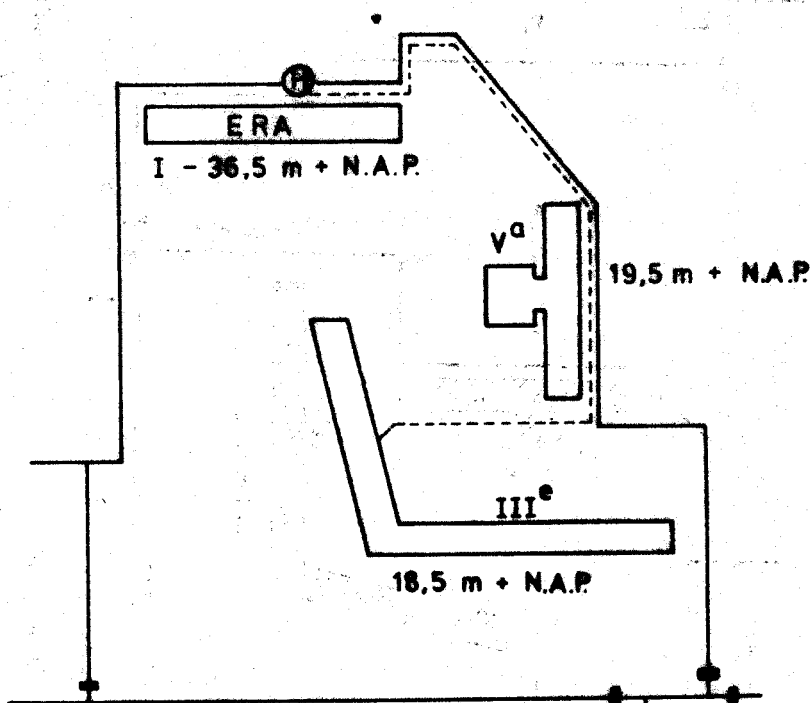
Ⓜ is de drukverhogingsinstallatie

--- is de leiding voor de hogere druk



Derde alternatief:

Een derde alternatief, waarbij de drukverhogingsinstallatie bij de ERA-flat staat, biedt het voordeel de te hoge druk voor beide overige flats, gedeeltelijk te gebruiken is om de leidingweerstand te overwinnen. De grotere leidinglengte (zie dubbele lijn) maakt dit alternatief echter duurder dan het vorige. In gevallen waarbij de leidinglengte gelijk blijft verdient het echter de voorkeur de pompinstallatie bij het gebouw, waarin de hoogste druk wordt verlangd te plaatsen.



Derde alternatief

- Ⓜ is de drukverhogingsinstallatie
- is de leiding met hogere druk.

4. CENTRAAL POMPSTATION MET EEN APART GEBOUW.  
COMBINATIE VAN EEN HELE WIJK.

Wanneer een hele wijk op één centraal pompstation wordt aangesloten, zal het niet meer mogelijk blijken de centrale eenheid in één der gebouwen onder te brengen.

In dat geval zal er een apart pompstation nodig zijn, dat extra kosten meebrengt.

De plaats van dit pompstation zal van een aantal factoren afhangen:

- a. waar moet de hoogste druk worden geleverd;
- b. waar kan het beste aansluiting op het transportleidingnet plaatsvinden;
- c. wat zijn de brandweereisen.

Wat het laatste punt, de brandweereisen betreft, dient er rekening mee te worden gehouden dat de brandweer een minimum levering vraagt.

De voor- en nadelen van één centraal pompstation voor een gehele wijk zijn:

- + minder pompen, dus minder onderhoud en controle
- + lagere piekfactor dus totaal benodigde capaciteit lager
- + pompen relatief goedkoper per m<sup>3</sup> water
- + bij grotere afname groter rendement van de pompen en goedkopere energie
- + gelijkmatiger levering
- + buffering mogelijk in een reservoir onder het pompgebouw, wat een belangrijke ontlasting van het transportleidingnet vóór het pompstation kan betekenen
- extra pompgebouw bij grote combinaties
- door de hogere druk in de distributieleidingen

- zal het lekverlies groter zijn
- minder economische opvoerhoogte, meer energieverlies
  - bij bouw van een nieuwe wijk zal een eventueel centraal pompstation niet direct volledig worden gebruikt
  - afhankelijk van de situatie extra hoofdleidingen t.b.v. aangrenzende wijkgedeelten.

Verder moet rekening worden gehouden met het feit, dat de verantwoording in geval van één drukverhogingsinstallatie per flatgebouw ligt bij het flatbeheer en in geval van combinatie bij het waterleidingbedrijf terecht komt.

Als berekeningsvoorbeeld is de wijk Ommoord in Rotterdam gekozen. Uit dit globale voorbeeld blijkt een duidelijk economisch voordeel voor één centraal pompstation.

Voorbeeld: Ommoord met één centraal pompstation.

In het betreffende wijkgedeelte van Ommoord staan 45 hoogbouwflats met in totaal 8800 woningen (zie overzicht 2 met bijbehorende tekeningen A en B). De gemiddelde woningbezetting is 2,5 (elf bejaardenflats), met een gemiddeld verbruik van ongeveer 400 l/woning/dag. Het totale verbruik is dus:

$$Q_{\text{tot}} = \frac{8800 \times 400}{1000} = \text{ca. } 3600 \text{ m}^3/\text{dag of } 150 \text{ m}^3/\text{uur.}$$

Vermeerderd met 10 m<sup>3</sup>/uur ten behoeve van de laagbouw wordt het totaal gebruik 160 m<sup>3</sup>/uur. Er is geen extra pompcapaciteit gerekend i.v.m. brandweereisen.

Pompstation.

Bij een piekfactor van 2,8 moet de capaciteit van het centrale pompstation worden: capaciteit =

$160 \times 2,8 = 450 \text{ m}^3/\text{uur}$ .

Een acceptabele oplossing voor een centraal pompstation is die met een opstelling van 3 pompen à  $225 \text{ m}^3/\text{uur}$ .\*

De kosten van de pompen inclusief de elektrische installatie bedragen  $3 \times f20.000,-- = f60.000,--$ .

Schrijven we dit in 15 jaar af volgens annuïteitensysteem en 8% rente per jaar, dan zijn de jaarlijkse kosten:

jaarlijkse kosten centrale pompen =  $f7.008,--$ .

We zijn er hierbij vanuit gegaan, dat de opvoerhoogte de prijs van de pomp niet sterk beïnvloedt.

Uitgaande van de afmetingen van  $7 \times 5 \times 5$  meter en een  $\text{m}^2$  prijs inclusief het leidingwerk van  $f2.000,--$  zal een pompstation ongeveer  $f70.000,--$  kosten. In Ommoord zal dit bovendien moeten worden onderheid, waardoor de kosten van het centrale pompgebouw op  $f80.000,--$  kunnen worden geraamd.

Schrijven we dit pompstation af in 30 jaar volgens annuïteitenmethode en 8% rente per jaar, dan komen we aan jaarlijkse kosten van  $f7.104,--$ .

Het totale pompstation kost dus inclusief pompen en elektrische installatie per jaar ca.  $f14.112,--$  (afgerond  $f14.000,--$ ).

Opgemerkt moet worden, dat bij het bovenstaande voorbijgegaan is aan de aspecten van de bedrijfszekerheid ten aanzien van de waterlevering.

\*Noot: Andere pompopstellingen zijn eveneens denkbaar b.v. met een kleinere pomp voor de grondlast tijdens de nachturen.

Het plaatsen van een noodstroominstallatie zal uiteraard sterk kostenverhogend werken.

Drukverhogingsinstallaties in bestaande toestand.

In de bestaande toestand is in elk gebouw een installatie geplaatst. Schaaten we de gemiddelde jaarlijkse kosten per installatie op fl.000,--, dan betekent dit voor heel Ommoord (45 flatgebouwen) een installatieprijs van 45 x fl.000,-- = f45.000,-- per jaar.

Berekening hoofdleidingnet.

Het leidingnet volgens de als bijlagen toegevoegde tekeningen A en B is aan de hand van onderstaande tabel volgens de equivalentenmethode ontworpen, met dien verstande, dat er voor de brandvoorziening max. 150 m<sup>3</sup>/uur gerekend is (2 brandkranen à 75 m<sup>3</sup>/uur).

leiding ø	drukverlies m/km	leid. verm. m <sup>3</sup> /h	piekl. p.p. in l/h	verm. in inw. equiv.	verm. in woning equivalenten (3 pers. per woning)
ø 160/150	v = 0,5 ; 2,0 m	32	21	1520	506
	v = 0,6 ; 2,8 m	37		1764	588
ø 250/235	v = 0,5 ; 1,10 m	80	17	4700	1567
	v = 0,6 ; 1,6 m	95		5580	1860
ø 315/296	v = 0,5 ; 0,85 m	125	16	7820	2607
	v = 0,6 ; 1,20 m	152		9500	3134
ø 400/376	v = 0,5 ; 0,65 m	200	15	13330	4333
	v = 0,6 ; 0,90 m	240		16000	5333

Bij de bouw van een centraal pompstation moet een extra leidinglengte van 2500 m ø 250 mm en 700 m ø 315 mm worden gelegd t.b.v. de watervoorziening van de omliggende laagbouwwijken (ringleiding op tekening B).

We kunnen nu kiezen voor de volgende alternatieven:

- 1e. opvoerhoogte centrale pompstation tot ongeveer 25 m + N.A.P., waardoor er zowel in de ERA-flats als in de torenflats extra drukverhogingsinstallaties moeten worden geplaatst. Er worden hierbij geen overbodige energiekosten gemaakt;
- 2e. opvoerhoogte tot 40 m + N.A.P., waardoor alleen de torenflats extra drukverhogingsinstallaties behoeven, maar waarbij er wel meer energieverliezen optreden en er in alle gebouwen moet worden gereduceerd om een sterk verhoogd waterverbruik tegen te gaan.\*
- 3e. opvoerhoogte tot 60 m + N.A.P., waardoor geen extra drukverhogingsinstallaties nodig zijn, maar waarbij in alle gebouwen gereduceerd moet worden.

#### le alternatief

In dit geval zijn er 18 drukverhogingsinstallaties extra nodig buiten het centrale pompstation. Schatten we de gemiddelde prijs per installatie weer op f1.000,-- per jaar, dan zijn de jaarlijkse kosten van deze extra installaties f18.000,-- per jaar.

Er worden in dit alternatief praktisch geen extra energiekosten gemaakt t.o.v. de bestaande situatie. De begindruk voor het centrale pompstation is nl. ongeveer gelijk aan de druk, waarmee in de bestaande situatie de ca. 1600 woningen rechtstreeks van het hoofdleidingnet worden voorzien (lagedrukgedeelte).

\*Noot: De werkgroep "Invloed van druk op het verbruik" doet nog onderzoek naar de juistheid hiervan.

De winst c.q. het verlies van dit 1e alternatief ten opzichte van de bestaande situatie is nu:

kosten pompstation	f14.000,--
kosten 18 drukverhogingsinstallaties	<u>f18.000,--</u>
	f32.000,--
kosten bestaande situatie	f45.000,--

De winst bedraagt dan f13.000,-- per jaar.

Voor het omliggende gebied moet echter een afzonderlijke ringleiding worden aangelegd, terwijl het leidingnet achter het centrale pompstation is aangepast (zie tekeningen A en B met kostenvergelijk in overzicht 3).

De extra kosten bedragen hiervan t.o.v. de bestaande situatie f13.800,--.

De winst wordt hierdoor omgezet in een verlies van f800,-- per jaar.

#### 2e alternatief

In dit geval zijn 6 extra drukverhogingsinstallaties nodig, dat is f6.000,-- per jaar. Bovendien wordt in dit geval de druk te hoog voor alle laagste tappunten, waardoor er 45 reduceerventielen nodig zijn. Bedragen de jaarlijkse kosten per reduceerventiel f50,--, dan zijn de kosten van 45 ventielen f2.250,-- per jaar.

Ook wordt in dit geval een hoeveelheid water nodeloos in druk verhoogd. Dit brengt extra energiekosten met zich mee.

De enige hoeveelheid water welke niet nodeloos van verhoogde druk is voorzien, is die bestemd voor de 12 ERA-flats (108 woningen) en de 6 torenflats (120 woningen). Stellen we voor deze flatgebouwen het gemiddeld verbruik per woning op 500 l/dag, dan is deze hoeveelheid water:

(12 x 108 + 6 x 120) x 500 l/dag ≈ 1000 m<sup>3</sup>/dag  
 Daar de hele wijk 3600 m<sup>3</sup>/dag verbruikt is nodeloos  
 van verhoogde druk voorzien 2600 m<sup>3</sup> water/dag. De  
 te hoge druk is 40 - 25 = 15 mwk. Berekenen we  
 met η = 0,4 en kosten per kWh = f0,06 (grootverbruik)  
 dan vinden we als energieververschilskosten:

$$K_{VE} = \frac{2600 \times 365 \times 15}{360 \times 0,4} \times f0,06 = f6.000,-- \text{ per jaar.}$$

De winst van het 2e alternatief ten opzichte van de  
 bestaande situatie is:

kosten pompstation	f14.000,--
kosten 6 drukverhogingsinstallaties	f 6.000,--
kosten reduceerventielen	f 2.300,--
kosten extra energie	<u>f 6.000,--</u>
	f28.300,--

kosten bestaande situatie f45.000,--

Winst: f16.700,-- per jaar.

Met inachtnaam van de kosten van het extra leiding-  
 net (zie 1e alternatief) wordt de winst gereduceerd  
 tot f2.900,-- per jaar.

Ook hierbij geldt de opmerking die gemaakt is op  
 blz. 37 inzake het winstpercentage ten opzichte van  
 de totale jaarlijkse investeringskosten inclusief  
 die van het gehele leidingnet.

### 3e alternatief

In dit geval moet eveneens in alle gebouwen de druk  
 gereduceerd worden. De jaarlijkse kosten hiervan  
 bedragen derhalve f2.250,-- per jaar.

Ook wordt in dit geval een hoeveelheid water node-  
 loos in druk verhoogd, waardoor extra energie-  
 kosten ontstaan.

Voor de 6 torenflats (120 woningen) wordt de druk  
 niet nodeloos verhoogd, zodat we met gebruikmaking



van de gegevens, die bij het 2e alternatief zijn vermeld, als energieveršķilkosten vinden:

wijkgebruik : 3600 m<sup>3</sup> water/dag  
gebruik torenflats : 360 m<sup>3</sup> water/dag  
nodeloos in druk verhoogd: 3240 m<sup>3</sup> water/dag van 25-60 mwk.

$$K_{VE} = \frac{3240 \times 365 \times 35}{360 \times 0,4} \times f0,06 = f17.250,-- \text{ per jaar.}$$

Vergeleken met de bestaande situatie bedraagt de winst c.q. het verlies dan:

kosten pompstation : f14.000,--  
kosten reduceerventielen: f 2.250,--  
kosten extra energie : f17.250,--  
f33.500,--

kosten bestaande situatie f45.000,--.

Winst: f11.500,-- per jaar.

De extra leidingkosten bedragen nu f17.350,-- per jaar, omdat leidingen moeten worden aangelegd, die minstens een druk van 70 mwk moeten kunnen weerstaan. De winst wordt omgezet in een verlies van f5.850,-- per jaar.

#### Lekverlies

Door hogere druk in de leidingen in genoemde alternatieven zal het lekverlies toenemen. Dat dit lekverlies een belangrijke verliespost kan zijn, zien we wanneer we het lekverlies met 1% van het totaal verbruik laten toenemen.

Per jaar wordt verpompt: 3600 m<sup>3</sup>/dag x 365 = 1.314.000 m<sup>3</sup>/jaar. 1% hiervan is ca. 13.000 m<sup>3</sup>/jaar, zodat de kosten van 1% extra lekverlies bedragen: 13.000 x ca. f0,60 = f7.800,--.

Dit betekent, dat wanneer het lekverlies door de hogere druk met ongeveer 2% van het totale verbruik

toeneemt, de winst die door combinatie ontstaat, volledig wordt teniet gedaan. Extra kosten voor het leidingnet zijn in deze niet meegerekend.

Opmerking:

Het voorbeeld is bedoeld als eerste benadering van het probleem en pretendeert dan ook niet exact of volledig te zijn.

5. CONCLUSIES

1. Het plaatsen van één centrale drukverhogingsinstallatie voor een aantal gebouwen is economisch vaak voordeliger dan het plaatsen van één installatie per gebouw. Het voornaamste voordeel ontstaat door de relatief lagere pompinstallatieprijs per gebouw. De installatieprijs per m<sup>3</sup> capaciteit neemt namelijk sterk af bij toenemende capaciteit. Wanneer echter bij combinatie extra leidinglengte nodig blijkt (bijv. om het ringsysteem te handhaven) overtreffen de extra leidingkosten vaak de besparingen van de lagere installatieprijs. Bij een eerste benadering bleek: niet combineren wanneer de extra leidinglengte groter is dan 65 m, vermenigvuldigd met het aantal flats min één.

2. Wanneer één of meer flatgebouwen op een centrale ketelloze drukverhogingsinstallatie zijn aangesloten, is het economisch voordeliger alle woningen van die flatgebouwen van water onder verhoogde druk te voorzien. Wanneer de technische grens van 50 mwk op het laagste tappunt wordt overschreden is het voordeliger de laagste verdiepingen (d.w.z. die verdiepingen waarvoor de druk te hoog zou oplopen) op het stadsnet aan

te sluiten wanneer:

- er één drukverhogingsinstallatie per flatgebouw is;
- de totale dubbele leidinglengte gedeeld door het aantal woningen dat met deze leidinglengte wordt gevoed, klein is.

In de overige gevallen wordt d.m.v. reduceerventielen de druk verlaagd voor de onderste tappunten.

3. De plaats van één centrale drukverhogingsinstallatie voor een klein aantal flatgebouwen kan men het beste in één der gebouwen kiezen (anders extra kosten voor pompstationsgebouw). Wanneer het geen verschil maakt uit een oogpunt van leidingsituering komt hiervoor in de eerste plaats dat gebouw in aanmerking, dat de hoogste druk behoeft.

4. Bij combinatie van een hele wijk kan een centraal pompstation tot een economisch voordeel leiden. De druk, die dit pompstation moet leveren moet van geval tot geval worden bekeken. Het zal veelal niet zo zijn dat deze druk gelijk wordt aan de maximaal noodzakelijke voor de gehele wijk. Enkele zeer hoge gebouwen kunnen vaak beter een aparte drukverhogingsinstallatie krijgen. Wanneer echter extra leidinglengte nodig blijkt, bijv. om aanliggende wijken op een even adequate wijze van water te voorzien als met het leidingsysteem zonder een centraal pompstation, dan is er geen economisch voordeel te behalen. Het grotere lekverlies als gevolg van een hogere druk in het hoofdleidingnet werkt eveneens ongunstig.

5. De voornaamste voor- en nadelen van een centraal pompstation zijn:

- + minder onderhoud
- + pompen relatief goedkoper per m<sup>3</sup>
- + gelijkmatiger levering
- + hygiëne beter gewaarborgd
- + buffering mogelijk, ontlasting transportleidingnet
- meer lekverlies
- vaak meer energieverlies
- soms extra leidinglengte
- bij grote combinaties extra pompgebouw
- veelal grote vóórinvesterings
- onzekerheid bouwplan
- verantwoordelijkheid moeilijker.

## 6. SLOTOVERWEGINGEN

Centrale drukverhoging voor een gehele wijk is niet alleen een rekensom.

Toepassing hiervan raakt eveneens de beleidssfeer van de waterleidingbedrijven. Immers, de door genoemde bedrijven in ons land beschikbaar gestelde druk is als regel zodanig, dat deze geschikt is (zonder drukverhogingsinstallaties) voor de watervoorziening tot en met de 3e of 4e etage.

In de A.V.W.I. (art. 13) is bepaald, dat het waterleidingbedrijf een drukverhogingsinstallatie kan voorschrijven, die dan door de eigenaar van het pand moet worden betaald. In een wijk zijn de gebouwen vaak van verschillende eigenaren. Van de eigenaar van het eerste gebouw in de betreffende wijk kan nog niet worden verlangd, dat hij voorzieningen treft c.q. investeringen doet voor eigenaren van andere gebouwen, die in een later stadium eventueel zelfs na enkele jaren eerst in de wijk gaan bouwen.

Centrale drukverhoging is praktisch niet anders denkbaar dan uitgevoerd door het waterleidingbedrijf.

De kosten, die dan voor het bedrijf zullen ontstaan, kunnen:

- a. worden doorberekend aan degenen, die er van profiteren, d.w.z. alleen de hoogbouwbezoekers;
- b. niet worden doorberekend.

ad a.

Doorberekenen alleen aan de bewoners van de hoge gebouwen betekent, dat er verschillende tarieven ontstaan voor laagbouw en hoogbouw.

Verschillende variëteiten zijn mogelijk, die doorwerken in de administratieve sector van de bedrijven.

ad b.

Niet doorberekenen houdt in, dat de kosten worden omgeslagen over alle afnemers.

Eigenaren van hoge gebouwen, op andere plaatsen dan de bepaalde wijk waar de drukverhoging ter hand is genomen, kunnen dan verlangen dat ook in hun geval "gratis" voor drukverhoging wordt gezorgd.

Behalve misschien in de grote steden Amsterdam en Rotterdam komen wijken met praktisch 100% hoogbouw in ons land niet voor.

In de nieuwbouwwijken van de middelgrote steden liggen de hoge flatgebouwen over de gehele wijk verspreid, met daar tussen de lage flatgebouwen, winkels, scholen, sportgebouwen, kerken, etc.

De afstand tussen de hoge flatgebouwen is hier als regel veel meer dan 65 meter en de verhouding: "hoger dan 4-hoog : lager dan 4-hoog" is klein, zodat veel extra leidinglengte en veel reduceer-ventielen nodig zouden kunnen zijn.

Centrale drukverhoging per wijk in een stedelijk gebied is derhalve voorshands geen zaak voor toepassing op grote schaal.

## SUMMARY

### PRESSURE ZONES IN URBAN DISTRICTS

The KIWA committee on Distribution has set the Working Group on Pressure zones the task of drafting guide lines with respect to the following questions:

- a. when should a distribution system be divided into different pressure zones in urban districts as well as in the country?
- b. what pressure must be kept on in the pressure zones?
- c. what consequences result from this?

The Working Group has made a study of the various aspects with respect to the increase of pressure in a district of a town with mainly high rise flats (The Ommoord quarter in Rotterdam, see plan A of the enclosures). A summary of this report follows hereafter.

#### 1. INTRODUCTION

The height of the habitation premises in quarters with high rise flats is often such that the main pressure is too low to allow for a sufficient water supply up to the upper floors. The water for these buildings or floors must therefore be pumped up under a higher pressure. At present this pressure increase happens with a booster installation or a pressure-vessel-free installation per building.

The latter is more and more applied in new flat-buildings and for the simplicity of the treatment of the subject one will only reckon with this one. An alternative solution for the installation of a booster installation in a building is the installation of a central installation for a number of buildings. Both the existing and the mentioned alternative

solution still offer the possibility of choosing an increase either for a whole building or for a number of top floors only.

Several alternatives of one or more pressure zones in the whole quarter will finally be weighed one against another.

This weighing will mainly be in the economical field whereas other possible aspects, which may very well influence a decision in this, are passed e.g. with regard to the management, reliability or hot water supply.

The following factors may influence the choice of the right alternative.

#### 1.1

The peakfactor and the necessary pumping capacity. The peakfactor means the relation of the occurring maximum instantaneous consumption (expressed in  $m^3$  per hour) to the average hour consumption for a whole year.

This peakfactor is strongly dependant on the number of connected dwellings and drops according as the number of dwellings increases. The minimum value of about 2.8 is attained in more than 2000 dwellings (see fig. 1 of the enclosures).

From fig. 2 the necessary pumping capacity can be determined for any number of houses.

#### 1.2

The price of booster pumps (see figures 3 and 4 of the enclosures).

#### 1.3

Cost of piping (see tables 1, 2 and 3 of the enclosures). When the different alternatives are compared only the difference in cost of piping will be considered.



#### 1.4

Cost of energy.

The necessary energy to pump up a  $m^3$  water to a height of  $h$  meters equals to  $\frac{Q \times h}{360 \times \eta}$  kWh. When this equation is multiplied by the price per kWh it will give the cost going with it. Here again the difference in energy cost is the only important factor for the comparison of these alternatives.

#### 1.5

Reduction of pressure.

When water is put under an elevated pressure, which might cause too high a pressure at a number of tap-points, this pressure must be reduced by means of a pressure reducing valve for which the yearly cost has been calculated.

For the calculations the following symbols have been used and the used prices are in accordance with the 1973 price level.

- $h_s$  = head within the distribution system (main pressure) (m water column)
- $h_1$  = head after the booster installation (m water column)
- $Q$  = average consumption per year per dwelling ( $m^3$ /year)
- $q$  =  $\frac{\text{delivery capacity of the booster installation}}{\text{number of dwellings}}$   $m^3/h$
- $K_E$  = cost of energy per kWh
- $K_L$  = cost of pipelines per metre and per year
- $K_H$  = cost of pressure-vessel-free installations
- $K_{VE}$  = difference in cost of energy between alternatives
- $K_{VL}$  = difference in cost of pipelines between alternatives
- $K_{VH}$  = difference in cost of installations

- $l_1$  = length of a dwelling in a high rise flat (metres) in the direction of horizontal mains
- $l_2$  = height of a dwelling in a high rise flat (metres)
- $k$  = number of columns of one dwelling on top of the other in a high rise flat
- $e$  = total number of floors in a high rise flat
- $e^1$  = number of floors in a high rise flat which in the a-alternatives are provided with main pressure.

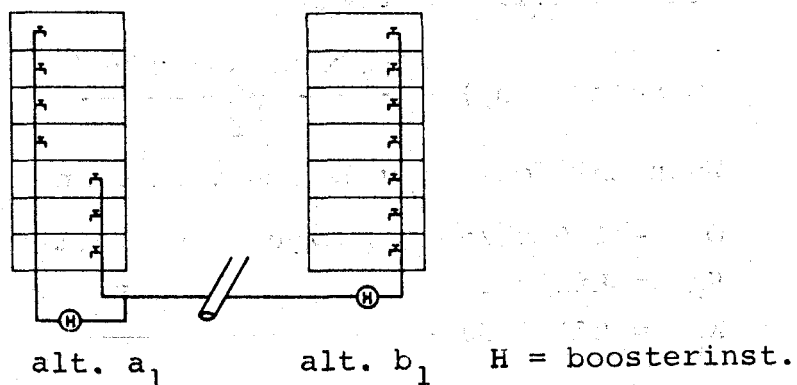
2. WHEN WILL AN INCREASE OF PRESSURE BE APPLIED FOR A WHOLE BUILDING AND WHEN ONLY FOR THE UPPER FLOORS?

For the answer of this question the following cases have been distinguished.

2.1

One booster installation per high rise flat (so called pressure vessel free).

For this purpose the alternatives  $a_1$  and  $b_1$  have been considered such as they are schematically suggested.



For the alternative  $a_1$ , a greater pipe length is to be needed than for the alternative  $b_1$ , both in a horizontal and vertical direction.

The cost of this per column and per year is:

$$(l_1 + e^1 \times l_2) \times K_L$$

In the alternative  $b_1$  the lower floors ( $e^1$ ) are unnecessarily provided with an increased pressure. The cost of this extra energy is per column and per year:

$$\frac{e^1 \times Q \times (h_1 - h_s)}{360 \times \eta} \times K_E$$

In addition the booster installation in the alternative  $b_1$  is bigger and therefore more expensive. The difference in cost has been put at  $K_{VH}$ . This cost is per column and per year  $\frac{K_{VH}}{k}$ .

The alternative  $b_1$  is preferred to  $a_1$  when:  
the extra cost of  $b_1$  < the extra cost of  $a_1$   
(with respect to  $a_1$ ) (with respect to  $b_1$ )

or

$$\frac{Q \times (h_1 - h_s)}{360 \times \eta} \times K_e + \frac{K_{VH}}{e^1 \times k} < l_2 \times K_L + \frac{l_1}{e^1} \times K_L$$

After a further working out in the report this formula will finally be:

$$Q \times (h_1 - h_s) < \frac{l_2 \times K_L \times \eta \times 360}{K_E}$$

When the following is now filled in

$$\begin{aligned} Q &= 180 \text{ m}^3/\text{dwelling}/\text{year} & \eta &= (\text{minimal}) 0.3 \\ K_E &= \text{Hfl } 0.10 & l_2 &= 3 \text{ metres} \\ K_L &= \text{Hfl } 7.50 \end{aligned}$$

the following equation will be obtained

$$h_1 - h_s < 135 \text{ m water column}$$

In a real situation this will always be the case.

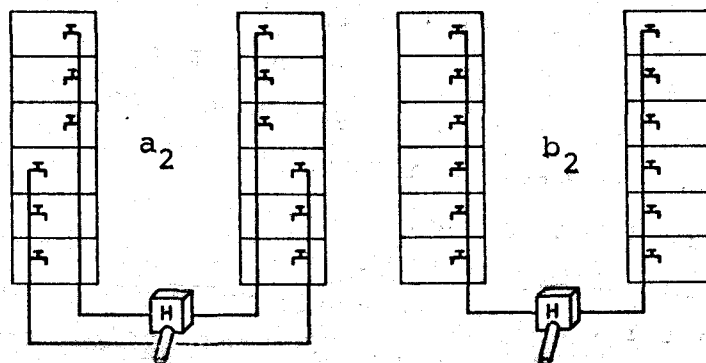
### Conclusion

With one pressure-vessel-free installation per high

rise flat it is preferable to supply water with an increased pressure to as many dwellings as possible. When the pressure at the lower tappoints exceeds the 50 m water column the tappoints will consequently be connected to the town system. The percentage of profit on the yearly costs of the alternative  $b_1$  with respect to  $a_1$  has been calculated on the basis of two practical examples namely a high rise flat of 14 floors and 12 columns (high and narrow) and a flat building of 8 floors and 21 columns (low and broad). This amounted to 15.5 and 25.9 percent respectively. Although no absolute values can be attached to the calculated results it can be put that the mentioned percentages are taken for limiting values in view of the most occurring apartment buildings.

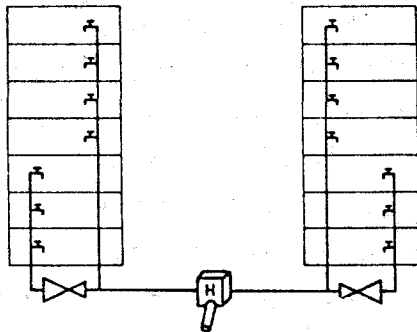
## 2.2

One central booster installation for a number of high rise flats. For this the alternatives  $a_2$  and  $b_2$  have been compared.



From the calculations which have been started from the difference in cost, it appears again that the alternative  $b_2$  will always be preferred on the understanding that the pressure at lower tappoints will not become too high.

When  $h_1$  becomes more than 50 m water column, the alternative  $b_2$  can no longer be applied. Instead the alternative  $b_3$  has been considered by which a reducing valve for lower floors has to be placed in each flat building.



$b_3$

The difference in pipe length of the alternative  $a_2$  in respect of the alternative  $b_3$  now only consists of pipe length outside the building. The costs of one reducing valve per flat building for the alternative  $b_3$  have to be added to the difference with the alternative  $a_2$ . After a rough calculation it appears that the alternative  $b_3$  is preferred when  $K_{VL} > \text{Hfl. } 930.--$  per apartment building per year and that  $a_2$  is preferred when  $K_{VL} < \text{Hfl. } 226.--$  per apartment building per year. The intermediate cases must be calculated more accurately. At a minimum value of  $K_{VL} = \text{Hfl. } 4.--$  per metre the alternative  $b_3$  is preferred when the pipelength between the central booster installation and the apartment building  $> \frac{\text{Hfl. } 930.--}{4} = 233$  metres.

Conclusion:

In far most cases it is preferred to keep the extra pipelength outside the flat buildings as short as

possible. Only if the pressure for the lower floors rises too much and if the double pipelength is short it is preferred that the lower floors are connected to the town pressure.

### 3. ONE BOOSTER INSTALLATION PER HIGH RISE FLAT OR ONE CENTRAL BOOSTER INSTALLATION

On the basis of rough examples cost comparisons have been made for the following cases.

#### 3.1

A combination of a number of identical buildings.

#### Conclusion:

From the report appears that there will be a considerable profit by combination of identical apartment buildings, even when the pressure for the lower floors is reduced.

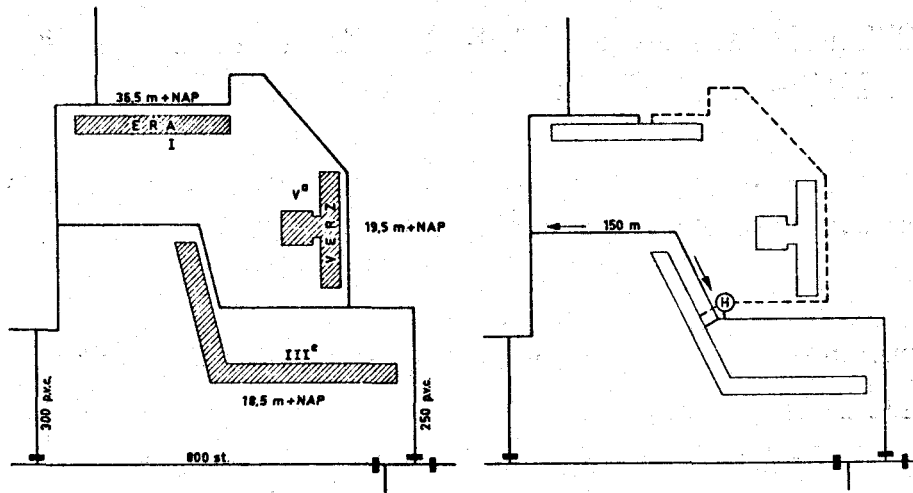
#### 3.2

A combination of buildings with different pumping heads. Extra pipelines.

Many variants are possible in view of differences in the height of buildings. Therefore a choice must be made for the pumping head of the booster installation. Either a loss of energy will appear or an extra installation will have to be placed dependent on the choice of a high or low pressure.

In accordance with the following example a calculation has been made for 3 high rise flats with different maximum heights (18.5 m +N.A.P. (new Amsterdam level), 19.5 m + N.A.P. and 36.5 m + N.A.P. respectively). From this appears that in spite of the clear difference in hight and the small number

of buildings, which are combined, a considerable profit is noted. The profit in the example, however is nullified by the extra pipelength which is necessary in the given situation.



existing situation  
in Ommoord

alternatieve situatie  
H = booster installation  
--- = pipeline for elevated  
pressure

#### 4. A CENTRAL BOOSTER STATION WITH A SEPARATE BUILDING. THE COMBINATION OF A WHOLE DISTRICT.

As calculation example one has chosen the Rotterdam Ommoord quarter which consists of 45 high rise flat buildings with a total of 8800 dwellings. If the whole quarter is connected to one central booster station the distribution system behind this station must be adapted whereas a separate ring main must be laid on for the surrounding area (see plan B of the enclosures).

The following alternatives have been considered.

1. The pumping head of the central booster station up to about 25 m + N.A.P. through which altogether 18 extra booster installations have to be placed. This does not give an unnecessary cost of energy.

The profits of the yearly costs in respect of the existing situation have been calculated at Hfl. 13,000.--. If the extra costs of both the adapted distribution system and the ring main are also charged, this profit will be changed into a yearly loss of Hfl. 800.--.

2. The pumping head upto 40 m + N.A.P. This case needs 6 extra booster installations and 45 reducing valves. A certain quantity of water gets an unnecessary increase of pressure in addition which entails an extra cost of energy. The profit of this alternative in respect of the existing situation will be at Hfl. 16,700.-- per year. With due regard to the costs for the extra distribution system the profit will be reduced to Hfl. 2,900.-- per year.

3. The pumping head upto 60 m + N.A.P. which needs no extra booster installations but a pressure reduction in each building instead. At the same time an unnecessary cost of energy is made. Compared with the existing situation the profit will amount to Hfl. 11,500.-- per year but will change into a loss of Hfl. 5,850.-- when the cost of extra pipelines have to be taken into account. It should be noted that the example is intended as an approach to the problem and pretends neither to be accurate nor complete. As a result of a higher pressure in the distribution system the wastes may increase in such a way that the profit gained by the combination can be completely nullified again.



## 5. CONCLUSIONS

1. The placement of one central booster installation for a number of buildings is economically more advantageous than the placement of one installation in each building. From the first approach it appeared that a combination is no good when the extra pipelength is more than 65 m multiplied with the number of flat buildings minus one.

2. When one or more high rise flat buildings are connected to one central pressure vessel-free installation it is economically more advantageous to supply every dwelling of these buildings with an increased pressure. When the technical limit of 50 m water column at the lowest tappoints is exceeded it is better to have these floors (when the pressure raises to high) connected to the town system, in case:

- there is only one booster installation per apartment building;
- the over-all double pipelength divided by the number of dwellings which are fed by this pipelength is little.

In the remaining cases the pressure for the lower tappoints will be reduced by means of reducing valves.

3. The best place for one central booster installation for a small number of buildings can best be chosen in one of the flat buildings (otherwise there will be additional charges for the pumping station). If it makes no difference from the point of view of the pipeline situation the building which needs the highest pressure is considered for this placement in the first place.

4. A central booster installation may yield profit when a whole district is combined. The pressure supplied by this pumping station must be considered from case to case. As a rule this pressure will not become equal to the maximum one which is necessary for the whole quarter. For several very high buildings it is often better to have a booster installation of their own. However, when an extra pipelength appears to be necessary to supply surrounding districts with water in the same way as the main system without a central booster station, no profit will be yielded. Also the greater leakage losses as a result of a higher pressure in the mains have an unfavourable influence.

5. The main advantages and disadvantages of a central booster installation are as follows:

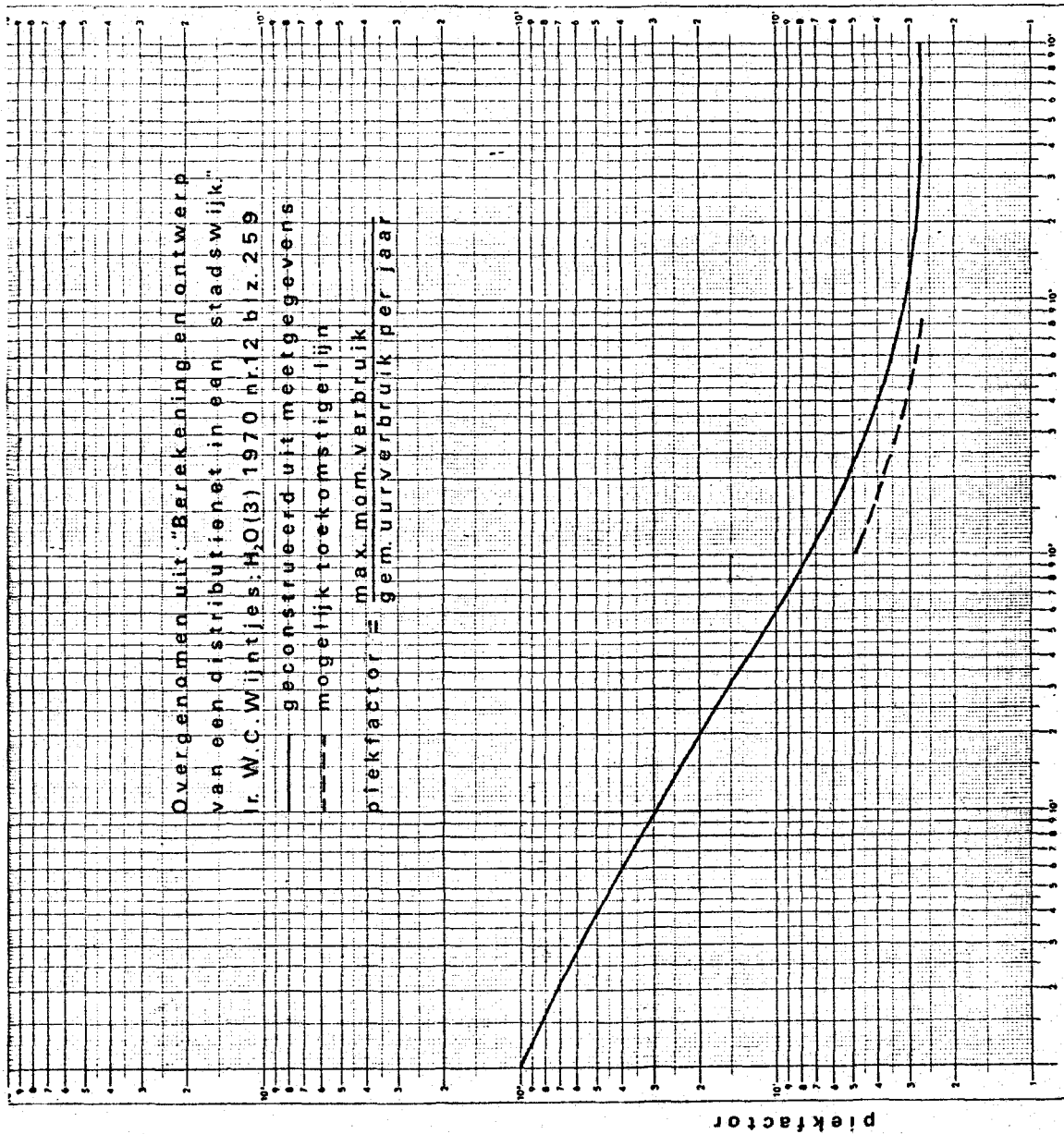
- + smaller upkeep
- + the pumps are relatively cheaper per  $m^3$
- + a more even supply
- + a better guaranteed hygiene
- + possibility of storage, unloading of the distribution system
- greater leakage losses
- often a greater loss of energy
- sometimes an extra pipelength
- an extra booster installation for large combinations
- often large preinvestments
- uncertainty about the building scheme
- more difficult responsibility

#### 6. CONCLUDING OBSERVATIONS

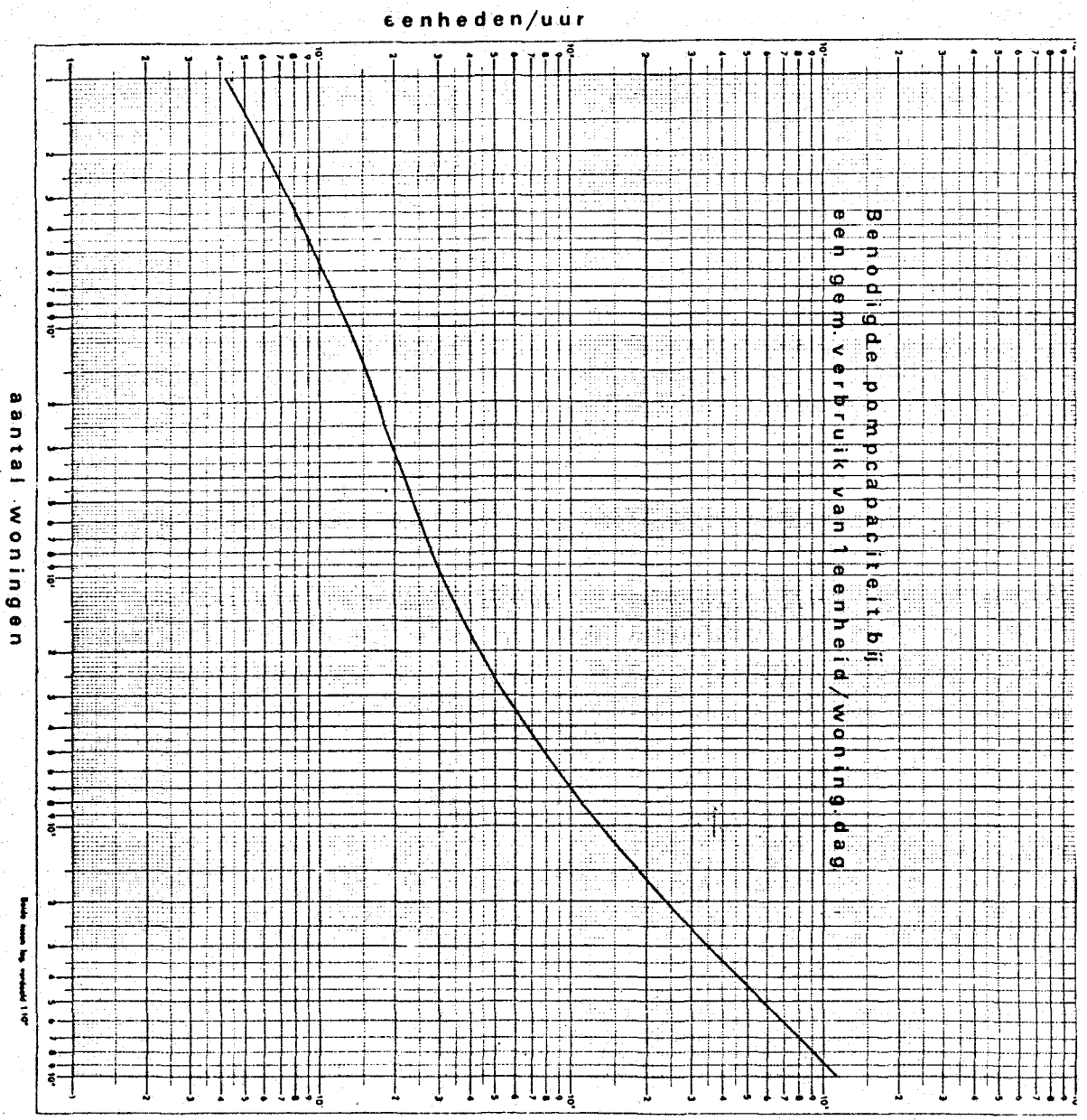
A central pressure increase for a whole quarter is

not only a sum in arithmetic but it also effects the waterworks' management. In a quarter the buildings often belong to different proprietors. From the proprietor of the first building it cannot be expected that he will make provisions eventually investments for proprietors of other buildings which will only be built in the same quarter in a later stage or even after some years. Central increase of pressure cannot be imagined otherwise but carried out by the waterworks. The pass on of the costs may present a lot of problems. Quarters which consist of high rise flats for about 100 percent are seldom found in the Netherlands.

Central increase of pressure per quarter in an urban district is therefore no matter for application on a large scale.

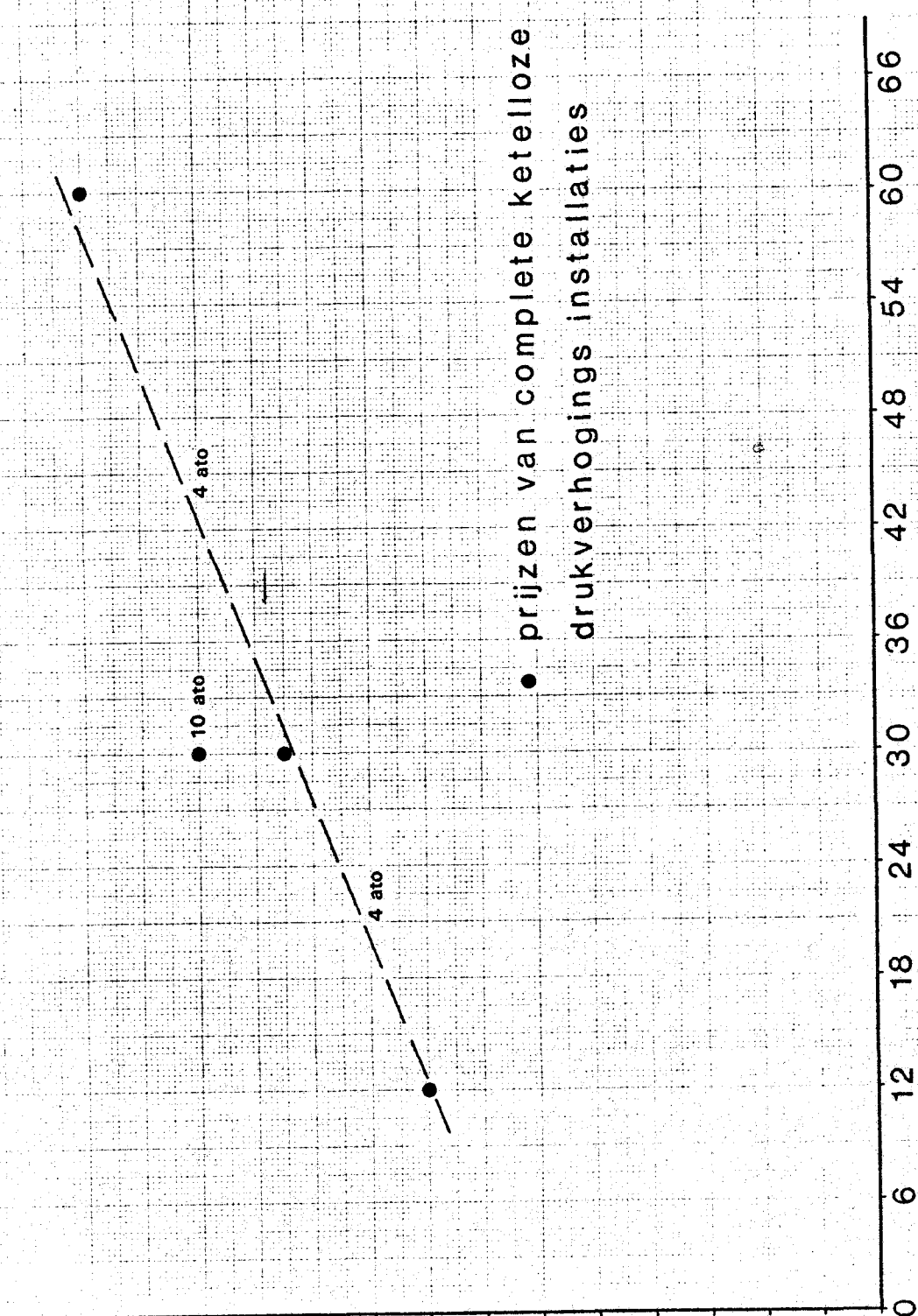


figuur 1



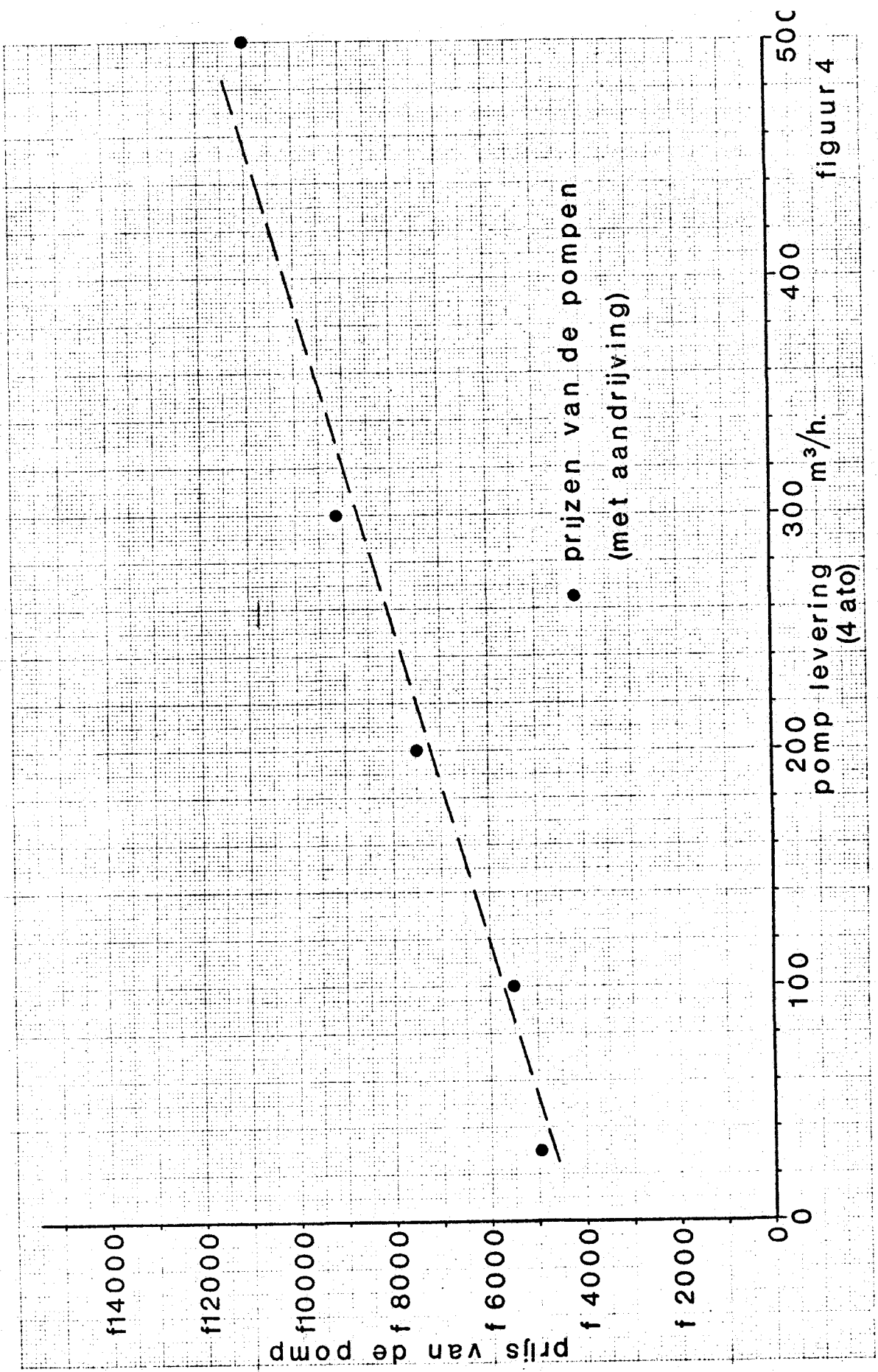
figuur 2

prijs van de complete ketelloze installatie



• prijzen van complete ketelloze drukverhogings installaties

figuur 3



figuur 4

$h_i - h_s = 50$  mwk.

$h_i - h_s = 40$  mwk.

$h_i - h_s = 30$  mwk.

$h_i - h_s = 20$  mwk.

$h_i - h_s = 10$  mwk.

f 1400

f 1200

f 1000

f 900

verlieskosten

f 800

f 600

f 400

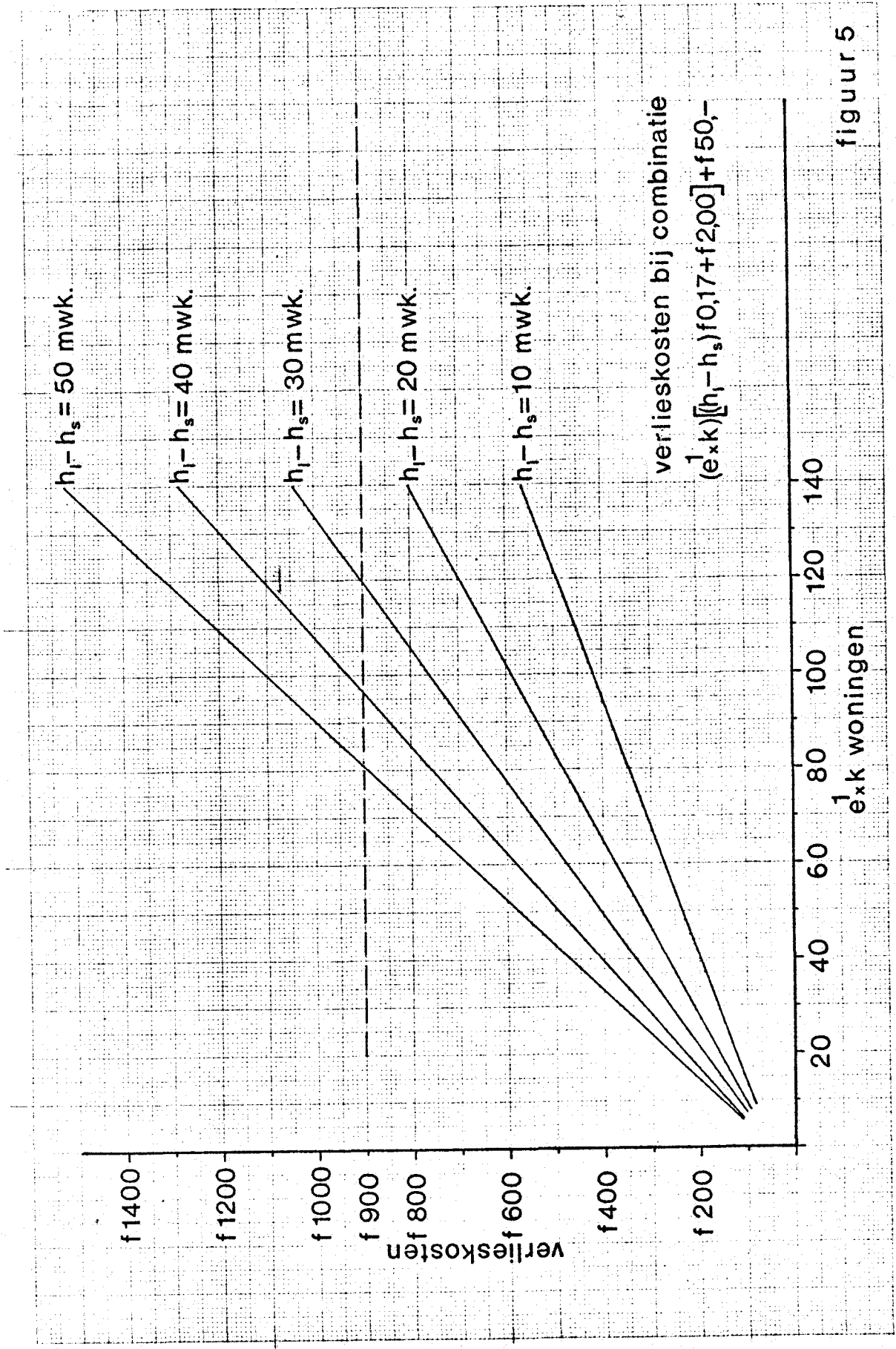
f 200

20 40 60 80 100 120 140

$e^1_k$  woningen

verlieskosten bij combinatie  
 $(e^1_k)[(h_i - h_s)f_{0,17} + f_{2,00}] + f_{50,-}$

figuur 5





Tabel 1 - leidingprijzen

Buitenleiding p.v.c. voor 6 ato	prijs p. m.*	prijs per jaar per meter 40 jaar, 8% annuïteit
63 x 59	f 28,44	f 2,40
90 x 85	" 35,15	" 3,15
110 x 104	" 41,83	" 3,70
160 x 152	" 53,53	" 4,75
250 x 238	" 86,90	" 7,20
315 x 299	" 116,82	" 10,40
400 x 380	" 147,38	" 13,10
<u>Binnenleiding</u>		
koper		
1"	f 42,--	f 3,75
2"	" 85,--	" 7,50

\* Leidingprijzen per meter zijn inclusief materiaal, hulpstukken en arbeidsloon. De buitenleidingen zijn exclusief straatwerk (zie tabel 2).

Tabel 2 - kosten straatwerk

diameter	prijs straatwerk p. m.	idem per jaar p. m.
110	f 15,--	f 1,20
160	" 16,50	" 1,40
250	" 19,50	" 1,60
315	" 22,50	" 1,90
400	" 30,--	" 2,50

Tabel 3 - berekening  $K_{VL}$  voor een aantal reële gevallen (zie tekst).

diameter (mm)	jaarlijkse kosten p.m.	opp. (m <sup>2</sup> )	te vervangen door 2 leidingen	$K_{VL}$ p.m.
400	f 15,60	1,11	315 + 315	f 9,--
			315 + 250	" 6,50
315	" 12,30	0,69	250 + 250	" 7,30
			250 + 200	" 5,50
250	" 9,80	0,43	200 + 200	" 6,20
			200 + 160	" 4,35
200	" 8,--	0,30	160 + 160	" 4,30
160	" 6,15	0,18	160 + 110	" 4,90
110	" 4,90	0,08		
90	" 3,50	0,06		

Betekenis der symbolen

Overzicht 1

$h_s$  = stadsdruk (m.w.k.)  
 $h_1$  = druk na drukverhogingsinstallatie (m.w.k.)  
 $Q$  = gemiddeld jaarverbruik per woning (m<sup>3</sup>/jaar)  
 $q$  = leveringsvermogen drukverhogingsinstallatie (m<sup>3</sup>/h)  
aantal woningen

$K_E$  = kosten energie per kWh  
 $K_L$  = kosten leiding per meter en per jaar  
(volgens tabel 1)  
 $K_H$  = kosten ketelloze drukverhogingsinstallatie

$K_{VE}$  = energievervalkosten tussen alternatieven  
 $K_{VL}$  = leidingverschil kosten tussen alternatieven  
 $K_{VH}$  = verschilkosten drukverhogingsinstallatie tussen  
alternatieven

$l_1$  = lengte van een flat (meters) in de richting  
waarin de horizontale leiding loopt  
 $l_2$  = hoogte flat (meters)  
 $k$  = aantal kolommen boven elkaar staande woningen  
in een flatgebouw  
 $e$  = totaal aantal etages van een flatgebouw  
 $e^1$  = aantal etages van een flatgebouw, dat in de  
a-alternatieven met stadsdruk wordt voorzien.

no. en type en aantal	lage druk gedeelte					hoge druk gedeelte						bijzonder- heden
	aant. won.	aant. pers.	hoogste tappunt t.o.v. n.a.p.	max.gebr./h m <sup>3</sup> /h.	max.mom. m <sup>3</sup> /h.	aant. won.	aant. pers.	hoogste tappunt t.o.v. n.a.p.	max.gebr./h m <sup>3</sup> /h.	max.mom. m <sup>3</sup> /h.	cap. pomp m <sup>3</sup> /h	
I eraflat 12 st.	60	300	11,5 m	3,6	6,55	108	540	365 m	5,5	8,8	2 x 112 bij 26 mwk	met ketel
II torenflat 6 st.	40	82	10,5 m	2,0	6,15	120	246	525 m	3,5	9,1	3 x 3,6 bij 47 mwk	met ketel
III <sup>a</sup> haakflat 4 st.	92	355	8,5 m	4,3	10,1	92	355	215 m	4,3	10,1	3 x 9 bij 19 mwk	zonder ketel
III <sup>b</sup> haakflat 2 st.						176	470	195 m	9,5	16,2	3 x 6,5 bij 20 mwk	zonder ketel
III <sup>c</sup> haakflat 2 st.						160	580	215 m	8,2	15,0	3 x 7,5 bij 25 mwk	zonder ketel
III <sup>d</sup> haakflat 4 st.						176	651	195 m	7,0	12,0	3 x 7 bij 14 mwk	met ketel
III <sup>e</sup> haakflat 2 st.	92	345	7,5 m	4,35	11,5	92	345	185 m	4,35	11,5	2 x 9 bij 16 mwk	met ketel
III <sup>f</sup> haakflat 2 st.						176	677	185 m	7,9	18	2 x 16 bij 14 mwk	met ketel
IV <sup>a</sup> bej.flat 2 st.						295	534	195 m	6,82	10,1	3 x 5 bij 28 mwk	zonder ketel
IV <sup>b</sup> bej.flat 1 st.						144	250	195 m	8,5	15	3 x 9 bij 35 mwk	zonder ketel
IV <sup>c</sup> bej.flat 1 st.						431	565	195 m	10	18,3	3 x 9 bij 31 mwk	zonder ketel
V <sup>a</sup> bej.flat 3 st.						257	257	195 m	3,35	10,4	2 x 7 bij 14 mwk	met ketel
V <sup>b</sup> bej.flat 2 st.						285	286	195 m	4,3	12	3 x 6,8 bij 32 mwk	met ketel
VI bej.flat 2 st.	64	110	5,5 m	4,3	13	110	155	195 m	3,1	12	2 x 6,2 bij 22 mwk	met ketel
laagbouw												

DRINKWATERLEIDING  
ROTTERDAM

overzicht ommoord

overzicht 2

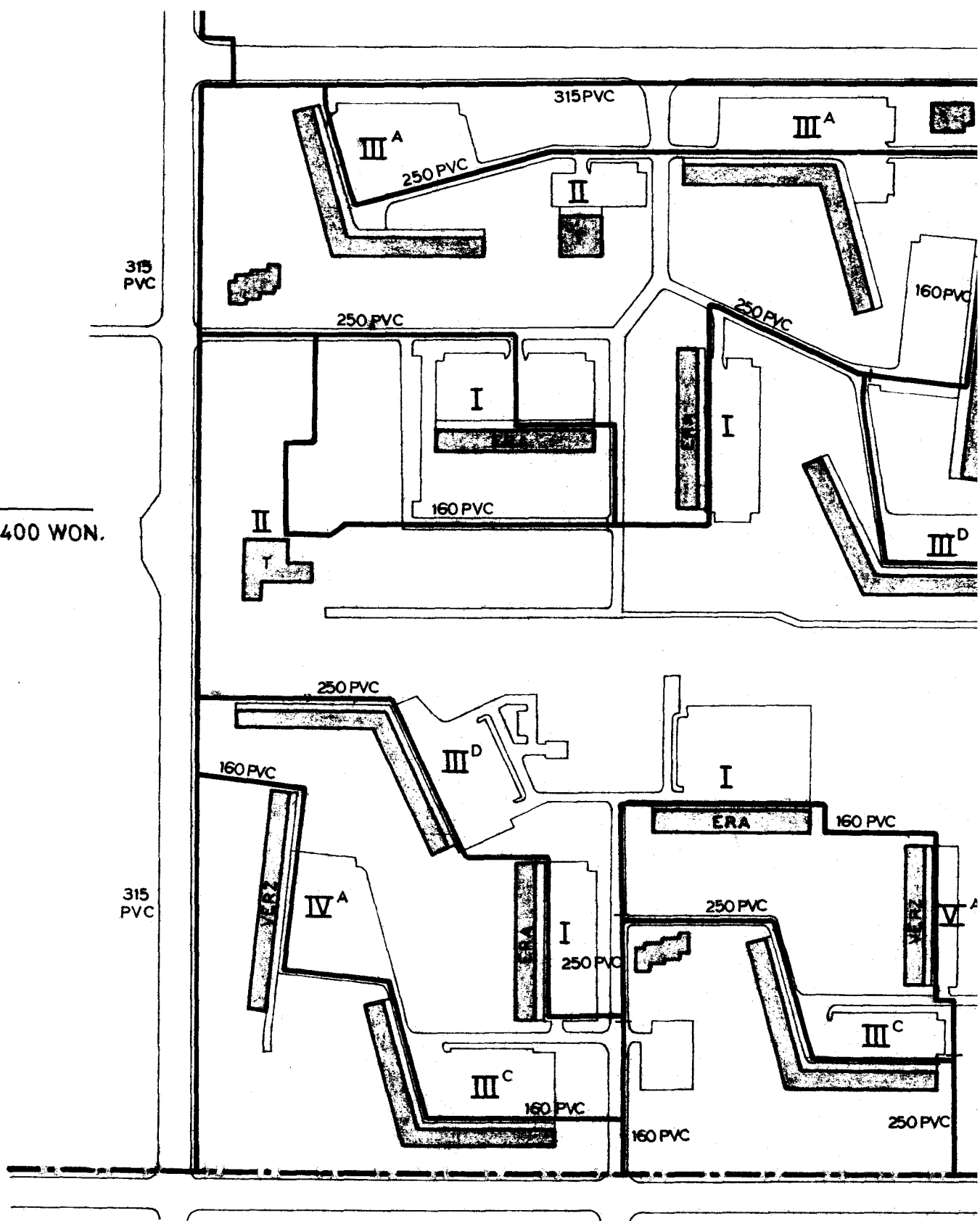
Kostenvergelijking extra hoofdleidingnet.

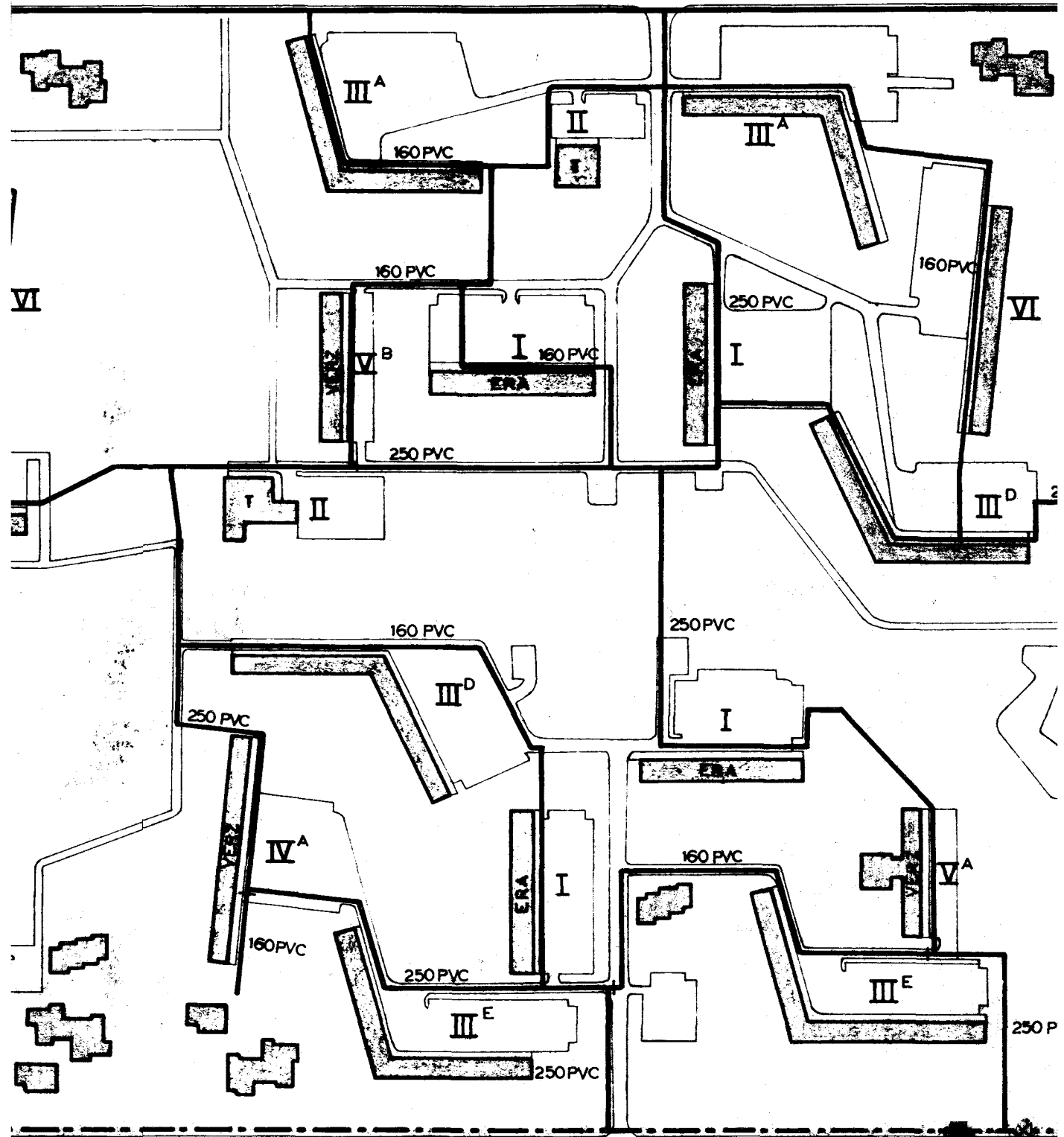
Overzicht 3

1) Bestaand leidingnet (zie tekening A)	2e alternatief idem le alternatief doch met druk = 40 m + N.A.P.	3e alternatief idem le alternatief doch met druk = 60 m + N.A.P
<p>le alternatief centraal pompstation druk = 25 m + N.A.P. + aparte ringleiding voor omliggend gebied (zie tekening B)</p> <p>6 atm. buizen</p>	<p>6 atm. buizen</p>	<p>7½ atm. buizen (ringleiding 6 atm.)</p>
<p>2) 6 atm. buizen</p>	<p>zie le alternatief</p>	<p>5250 m Ø 160 mm à f 62,-- 8000 m Ø 250 mm à " 93,-- 1300 m Ø 315 mm à " 125,-- 100 m Ø 400 mm à " 160,-- + ringleiding 2500 m Ø 250 mm à " 90,-- 700 m Ø 315 mm à " 120,--</p>
<p>3) benodigde lengte en prijs per ml legkosten incl. mat. + hulpstukken</p>	<p>zie le alternatief</p>	<p>5250 m Ø 160 mm à f 62,-- 8000 m Ø 250 mm à " 93,-- 1300 m Ø 315 mm à " 125,-- 100 m Ø 400 mm à " 160,-- + ringleiding 2500 m Ø 250 mm à " 90,-- 700 m Ø 315 mm à " 120,--</p>
<p>4) Totale kosten</p>	<p>zie le alternatief</p>	<p>5250 x 60 = f 325.500,-- 8000 x 93 = " 744.000,-- 1300 x 125 = " 162.500,-- 100 x 160 = " 16.000,-- 2500 x 90 = " 225.000,-- 700 x 120 = " 84.000,--</p>
<p>Totaal</p>	<p>Totaal</p>	<p>Totaal</p>
<p>f 1.350.000,--</p>	<p>f 1.515.000,--</p>	<p>f 1.557.000,--</p>
<p>f 165.000,-- duurder dan bestaand</p> <p>afschrijving in 40 jaar met 8% annuïteit = f 13.800,-- per jaar</p>	<p>f 165.000,-- duurder dan bestaand</p> <p>afschrijving in 40 jaar met 8% annuïteit = f 13.800,-- per jaar</p>	<p>f 207.000,-- duurder dan bestaand</p> <p>afschrijving in 40 jaar met 8% annuïteit = f 17.350,-- per jaar</p>



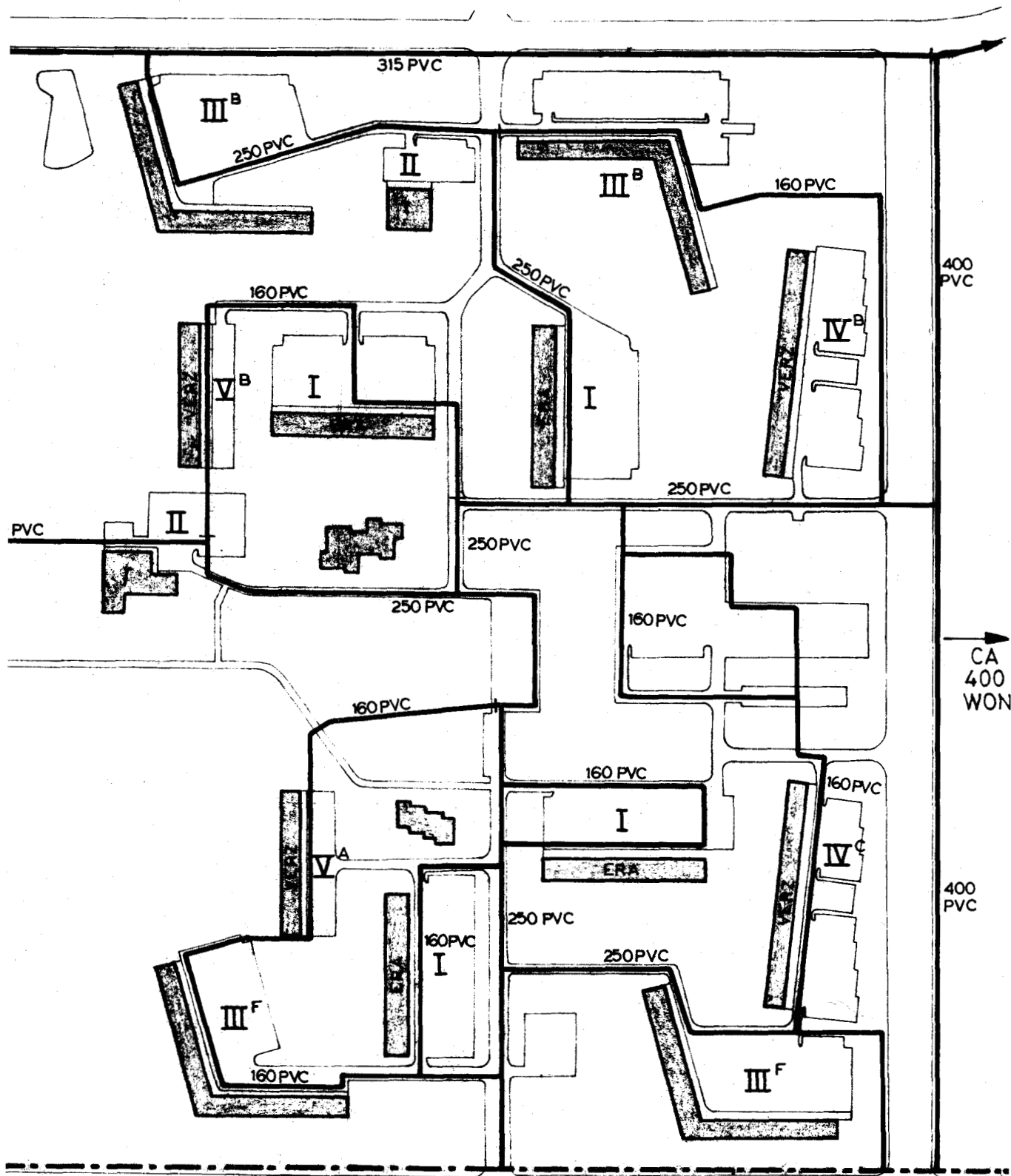
← CA 400 WON.





800 ST.

DRUK IS 25m N.A.P.



OVERZICHT HOOGBOUW OMMOORD.

A. MET BESTAAND LEIDINGNET.



250 PVC

250 PVC

←  
CA 400 WON

250 PVC

250 PVC

250 PVC

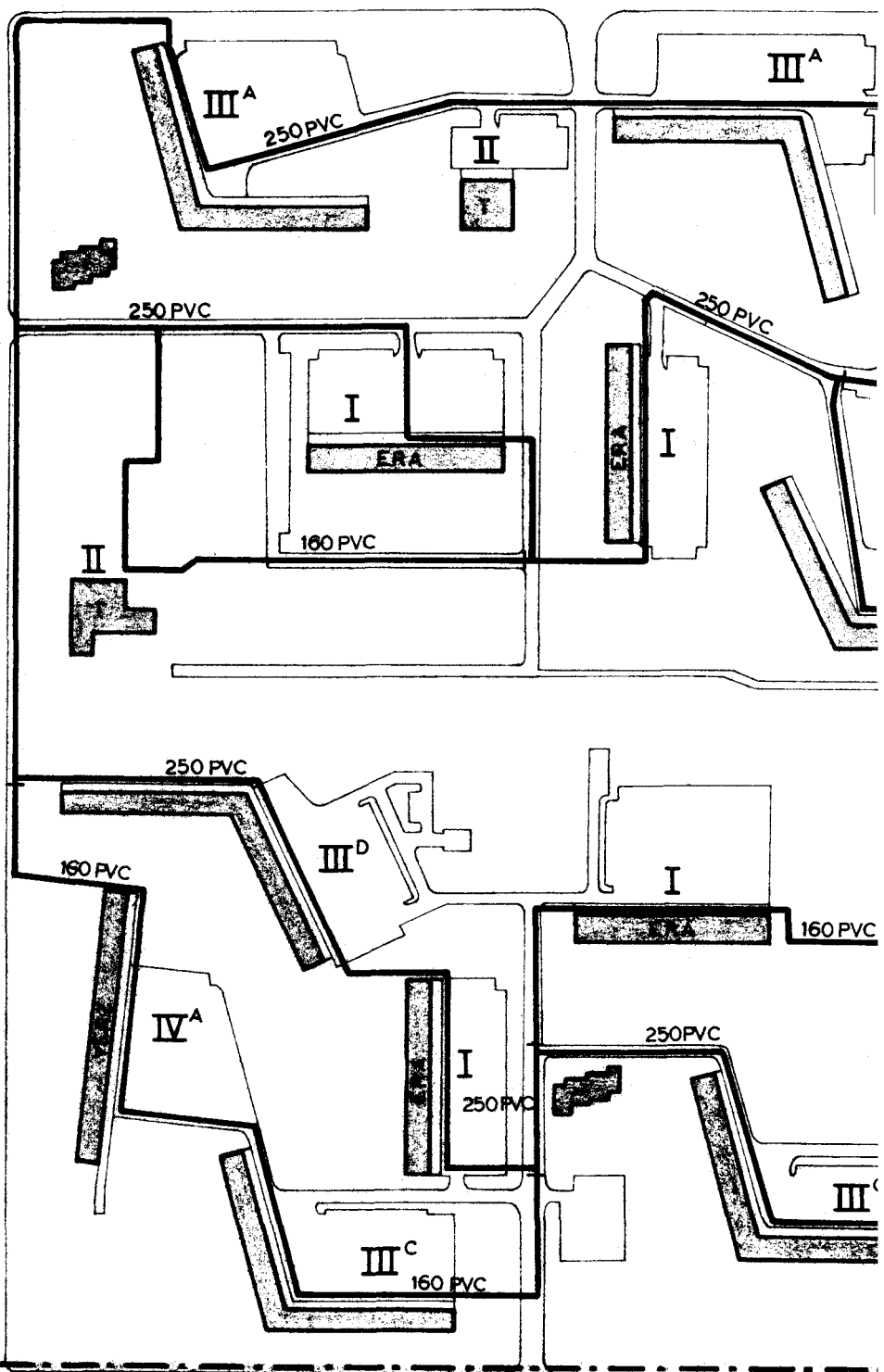
160 PVC

160 PVC

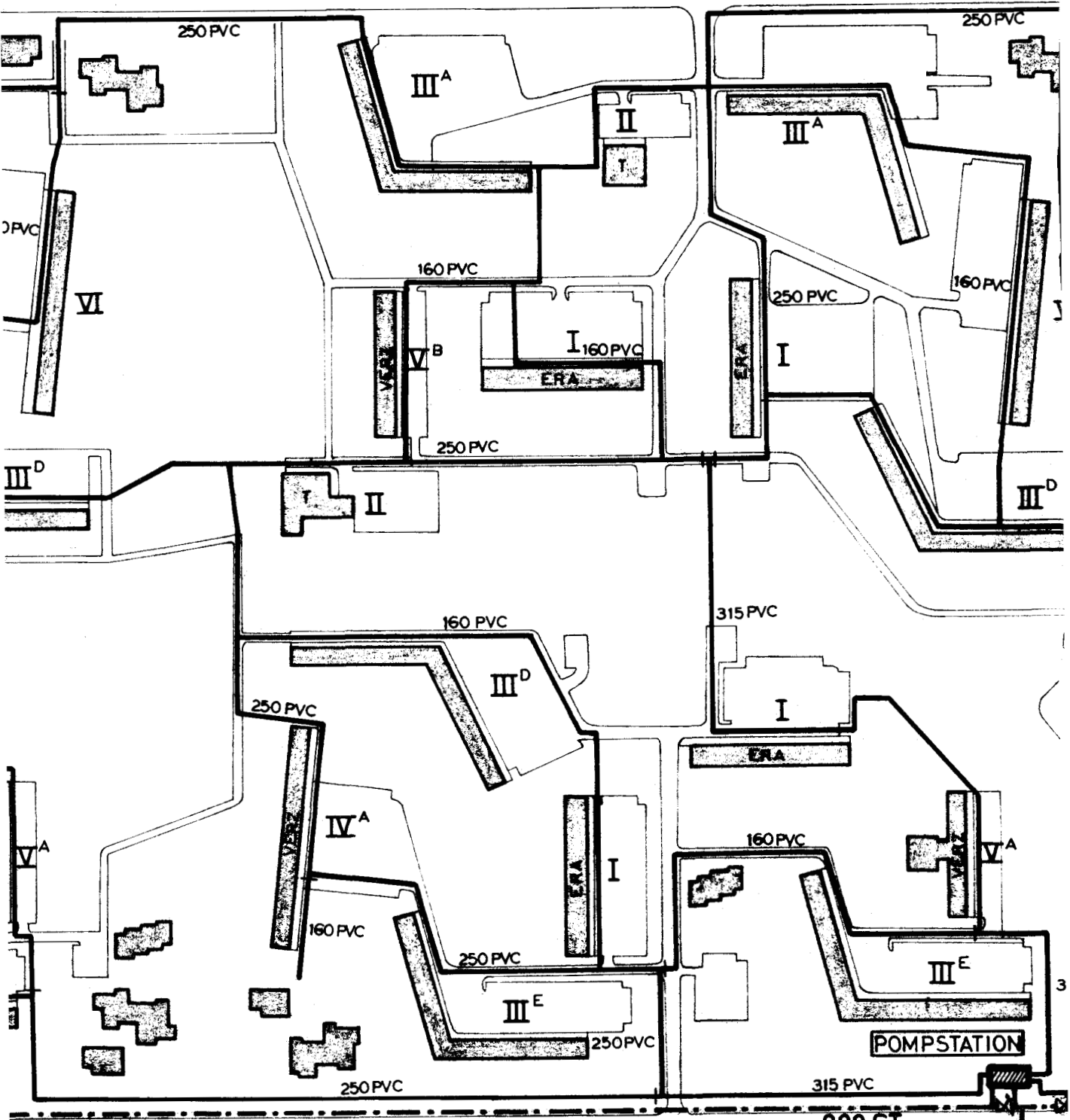
250 PVC

250 PVC

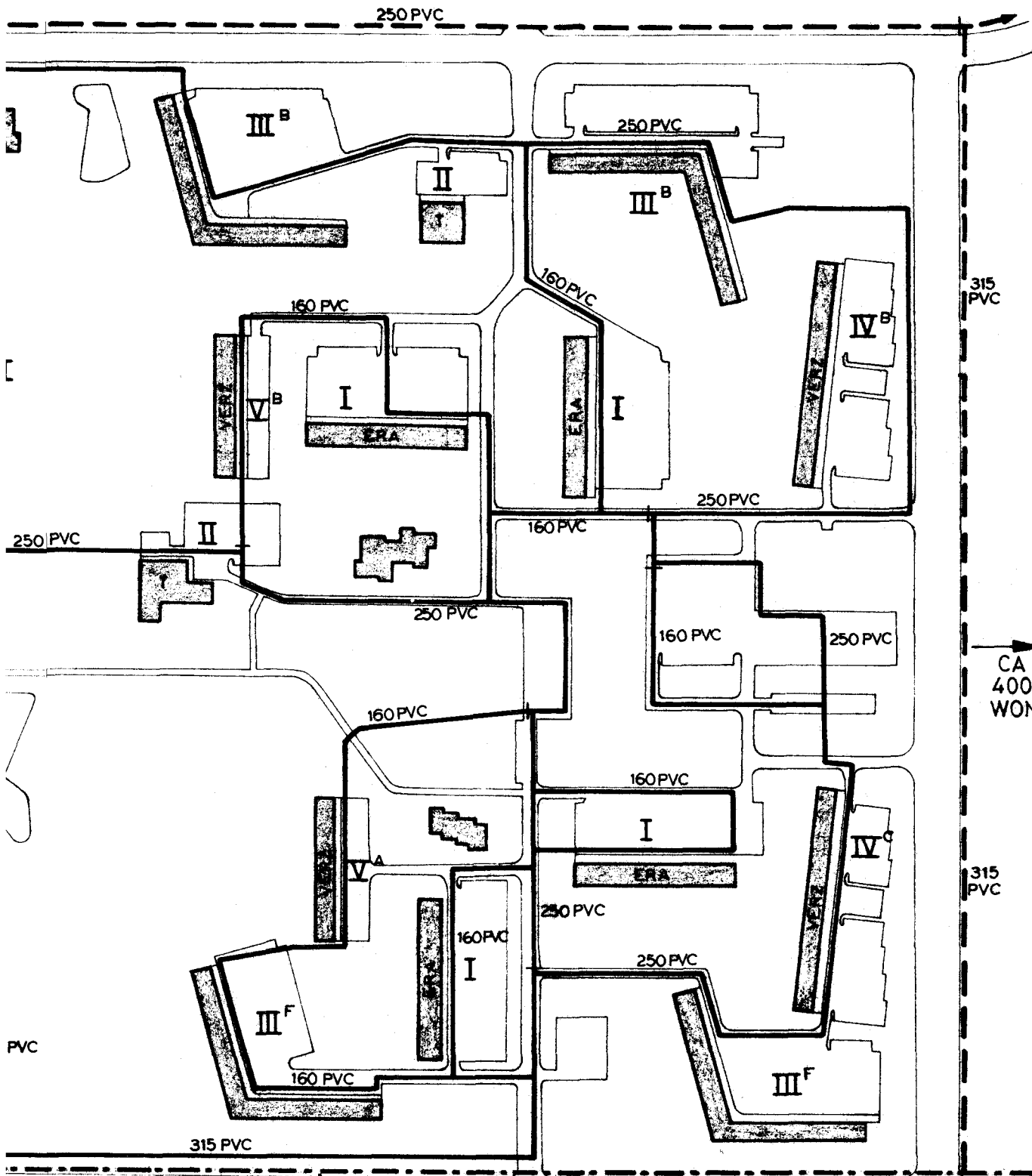
160 PVC



↑ CA 1200 WON.



DRUK IS 25m<sup>2</sup> N.A.P.



OVERZICHT HOOGBOUW OMMOORD.  
 MET CENTRAAL "POMPSTATION EN GESCHIEDEN LEIDINGNE"