

- 1.2 Indien het begrip "druk" wordt gebruikt wordt bedoeld effectieve druk zijnde het verschil tussen de absolute druk en de omgevingsdruk. Voor de volumieke massa van water ρ (rho) is een waarde van 1000 kg/m³ aangehouden. De zwaarteveldsterkte (g) is gesteld op 10 N/kg.
- De druk (p in kPa) uitgeoefend door een verticale waterkolom (h in m) kan als volgt worden bepaald:

$$p = \rho \times g \times h \times 10^{-3} \text{ (kPa)}$$

Vanuit een bekende druk (in kPa) kan de bedoelde hoogte (in m) als volgt worden bepaald:

$$h = \frac{p}{\rho \times g \times 10^{-3}} \text{ (m)}$$

2. Drukketels en toebehoren

- 2.1 Voor uitvoering en keuring van drukkertels zie WB 4.3.
- 2.2 Indien de druk (p_{\max}) hoger kan worden dan de berekening (p_d), moet een drukbeveiligingstoestel (ontlastklep) worden aangebracht. Het drukbeveiligingstoestel moet in niet-afsluitbare verbinding staan met het watergedeelte van de ketel en wel op een plaats, die gelegen is beneden de bij normale omstandigheden bereikbare laagste waterstand. Een drukbeveiligingstoestel (ontlastklep) behoeft niet te worden aangebracht indien de berekeningsdruk (p_d) hoger is dan:

$$p_2 + p_3 \text{ (bij nullast)} + C - (\rho \times g \times h_3 \times 10^{-3}).$$

Waarin (zie laatste blad) C = veiligheidsmarge van 50 kPa.

N.B. De druk door het hoogteverschil (h_3) tussen hart pompen (peil) en het hoogste waterniveau in de drukkertel moet worden bijgeteld indien het waterniveau in de ketel beneden het hart van de pompen is gelegen.

- 2.3 De drukkertel moet zijn voorzien van een inrichting, die het luchtkussen op peil moet houden, tenzij water en luchtgedeelte in de ketel door middel van een membraan van elkaar gescheiden zijn. Bestaat die inrichting uit een luchtcompressor, dan moet deze aan de inlaat-zijde zijn voorzien van een luchtfilter. Tussen compressor en drukkertel moet een olie-afscheider zijn aangebracht. De inrichting moet de totale hoeveelheid lucht in ten hoogste 4 uur in de ketel kunnen persen. Het luchtkussen moet door de inrichting automatisch op peil worden gehouden tenzij iemand dagelijks toezicht heeft op de installatie. In woongebouwen moet deze inrichting 's nachts automatisch buiten werking blijven, indien dit in verband met geluidsoverlast

noodzakelijk is. Voor drukketels met scheidingsmembraan kan in plaats van lucht eventueel stikstof worden toegepast.

Opmerking:

De compressor moet ter voorkoming van hogere drukken dan de toegestane berekeningsdruk van een veiligheidsklep worden voorzien.

3. Uitvoering

- 3.1 Bij de opstelling van pompen, drukketels en toebehoren moet het in figuur 1 aangegeven principe worden aangehouden. Voor indeling installatieruimte zie WB 4.3.
- 3.2 De drukketel moet stabiel worden opgesteld.
- 3.3 Alle toebehoren moeten goed waarneembaar en bereikbaar worden geplaatst.
- 3.4 De afsluiter in de waterleiding van en naar een drukketel moet van een type zijn, dat geschikt is om het water in beide richtingen door te laten.
- 3.5 De drukschakelaars moeten nabij de drukketels worden aangebracht.
- 3.6 De waterniveau's bij de in- en uitschakeldruk moeten op de buitenzijde van de ketels of op de peilglazen onuitwisbaar worden aangegeven. De grootte van bovengenoemde drukken moeten eveneens onuitwisbaar op de buitenzijde van de ketels worden aangebracht.

Aanbeveling:

Drukketels en leidingen voorzien van een tegen condensvorming isolerende bekleding, daarbij moeten echter de op de ketels aangebrachte merktekens en dergelijke zichtbaar blijven.

4. Berekening

Voor verklaring van de aanduidingen zie laatste blad.

- 4.1 Wijze van berekening
(geldt alleen indien gelijkwaardige pompen worden toegepast).

- d. Bepaal de benodigde druk p_5 t.o.v. peil:

$$p_5 = (\rho \times g \times h_1 \times 10^{-3}) + p_4 + \Delta p_2.$$
- e. Bepaal de laagst toelaatbare druk (p_{\min}) in de drukketel:

$$p_{\min} = P_5 - (\rho \times g \times h_2 \times 10^{-3}).$$
- f. Bepaal de druk in de ketel (p_{i1}) waarbij de eerste pomp inschakelt:

$$p_{i1} = p_{\min} + 20 \times (n - 2).$$
 (20 is hierin het aan te houden drukverschil in kPa tussen in- en uitschakelen van de elkaar opvolgende pompen.)
- g. Bepaal de druk in de ketel (p_{u1}) waarbij de laatste pomp uitschakelt:
 Voor deze druk wordt, in verband met de maximaal toelaatbare drukschommelingen een waarde aangehouden die 150 kPa hoger is dan p_{\min} .

$$p_{u1} = p_{\min} + 150.$$
- h. Bepaal met behulp van de Wet van Boyle $p_1 \times V_1 = p_2 \times V_2$ (dus absolute drukken) het luchtvolume V_i bij het inschakelen van de eerste pomp (p_{i1})

$$(p_{i1} + 100) \times V_i = (p_{u1} + 100) \times (V_i - V_n)$$
- i. Bepaal daarna V_{\max} bij P_{\min} :

$$(p_{\min} + 100) \times V_{\max} = (p_{i1} + 100) \times V_i$$
- j. Bepaal $V_{\text{tot}} = V_{\max} + V_r$ als volgt:
- Betreft het een drukketel met membraan dan is de minimale druk van het luchtkussen p_i bepalend.
 Volgens WB 4.3 A wordt uitgegaan van 80 % van p_{\min} zonder druk aan de waterzijde: $p_i = 0,8 p_{\min}$.

$$0,8 \times (p_{\min} + 100) \times V_{\text{tot}} = (p_{\min} + 100) \times V_{\max}$$

Wordt het luchtkussen op een hogere druk gebracht, dan moet voor p_i deze hogere druk worden aangehouden.
 - Betreft het een drukketel zonder membraan tussen water en lucht, dan wordt V_r constructief bepaald door de eis dat het laagste waterpeil in het peilglas waarneembaar moet zijn.
 In de praktijk is V_r ca. 15% van V_{tot} :

$$V_{\text{tot}} = \frac{100}{100-15} \times V_{\max}$$
- k. Bepaal de opvoerdruk van de pompen (p_3):

$$p_3 \text{ (bij } q_{\max}) = p_{\min} + (\rho \times g \times h_2 \times 10^{-3}) - p_1 + \Delta p_1$$

$$p_3 \text{ (bij nullast)} = p_{\min} + (\rho \times g \times h_2 \times 10^{-3}) + 250 - p_1$$

Hieruit kan de theoretische pompkromme worden bepaald.

- l. Bepaal de maximum druk (p_{\max}) in de drukketel.

$$p_{\max} = p_2 + p_3 \text{ bij nullast} - (\rho \times g \times h_3 \times 10^{-3}) \text{ (naar boven afronden tot een veelvoud van 50 kPa).}$$

In de praktijk $h_3 \approx h_2$ en rekenen met h_2 .

- m. Bepaal de luchtvolumestroom van de compressor (q_c) uitgaande van een vultijd van 4 uur (alleen bij drukketel zonder membraan).

$$q_c = \frac{(p_{\min} + 100) \times v_{\max}}{4 \times 3600 \times 100}$$

- n. De volumina V_s tussen het schakelen van 2 elkaar opvolgende pompen van V_r moeten tenminste voldoende zijn om aanloop- en schakeltijd van een pomp te overbruggen. Deze tijd wordt gesteld op 4 sec. dus zowel V_r als V_s moeten groter zijn dan $4 \times q_{p1}$. Controleer dit $(p_{i1} + 100) \times V_i = (p_{i1} + 100 - 20) \times (V_i + V_s)$. Teneinde het ontsnappen van lucht te voorkomen moet V_r een veelvoud zijn van $4 \times q_{p1}$ bij drukketels zonder membraan tussen water en lucht.

4.2 Berekeningsvoorbeeld

Gegeven:

50 woningen met een q_{\max} van 1,8 l/s;

$h_1 = 26$ m; $p_4 = 130$ kPa; $\Delta p_2 = 30$; $\Delta p_1 = 80$ kPa;

$h_2 = 2$ m; $p_1 = 250$ kPa; $p_2 = 300$ kPa; h_3 ca. 2m;

$P_{u1} - P_{\min} = 150$ kPa; $V_r = 15\%$ van V_{tot} ; $S = 10$ x per uur;

$n = 3$. De pompen komen bij toerbeurt als 1e, 2e enz. in werking.

Uitwerking:

a: $q_{\max} = 1,8$ l/s

b. $q_{p1} = \frac{1,8}{3-1} = 0,9$ l/s

c. $V_n = \frac{72 \times 0,9}{3} = \text{ca. } 22$ l

d. $P_5 = (1000 \times 10 \times 26 \times 10^{-3}) + 130 + 30 = 420$ kPa.

e. $P_{\min} = 420 - (1000 \times 10 \times 2 \times 10^{-3}) = 400$ kPa.

f. $P_{i1} = 400 + 150 = 550$ kPa.

$$h. (420 + 100) \times V_i = (550 + 100) \times (V_i - 22)$$

$$V_i = \frac{650 \times 22}{130} = 110 \text{ l}$$

$$i. (400 + 100) \times V_{\max} = (420 + 100) \times 110$$

$$V_{\max} = \frac{520 \times 110}{500} = \text{ca. } 115 \text{ l}$$

j. 1. Indien ketel met membraan wordt toegepast:

$$0,8 \times (400 + 100) \times V_{\text{tot}} = (400 + 100) \times 115$$

$$V_{\text{tot}} = \frac{500 \times 115}{400} = \text{ca. } 144 \text{ l}$$

2. Indien een membraanloze drukketel wordt toegepast:

$$V_{\text{tot}} = \frac{100}{100-15} \times 115 = \text{ca. } 135 \text{ l}$$

$$k. p_3 \text{ (bij } p_{\min}) = 400 \times (100 \times 10 \times 2 \times 10^{-3}) - 250 + 80 = 250 \text{ kPa}$$

$$p_3 \text{ (bij nullast)} = 400 + (1000 \times 10 \times 2 \times 10^{-3}) + 250 - 250 = 420 \text{ kPa}$$

Zie theoretische pompkrommen blad 8.

$$l. p_{\max} = 300 + 420 - (1000 \times 10 \times 2 \times 10^{-3}) = 700 \text{ kPa.}$$

$$m. q_c = \frac{(400+100) \times 115}{4 \times 3600 \times 100} = \text{ca. } 0,04 \text{ l/s.}$$

n. Indien ketel met membraan toegepast: $V_r = 144 - 115 = 29 \text{ l.}$

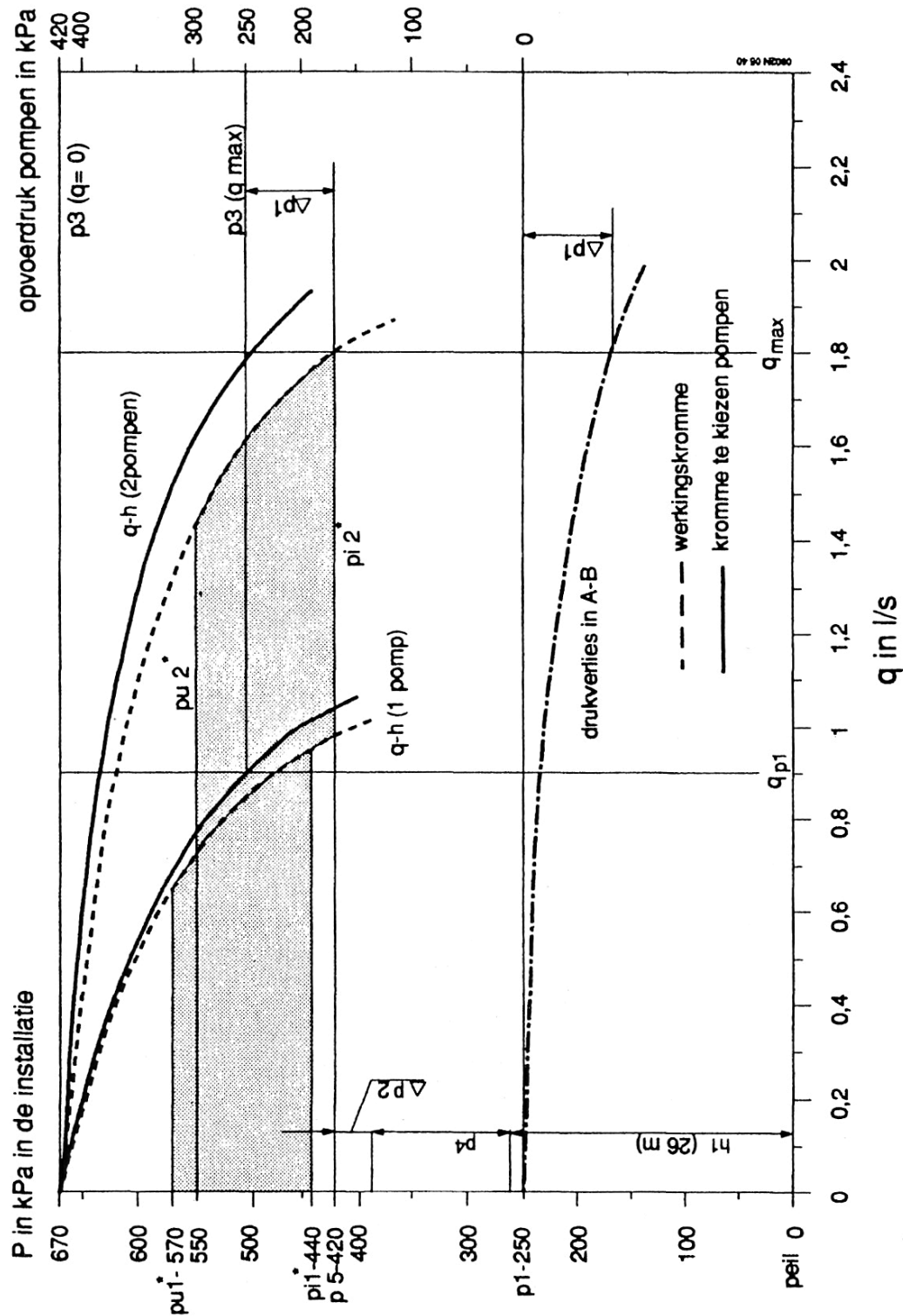
Ketel zonder membraan: $V_r = 135 - 115 = 20 \text{ l.}$

$$(420 + 100) \times 110 = (420 + 100 - 20) \times (110 + V_s).$$

$$V_s = 4,4 \text{ l.}$$

$$4 \times q_{p1} = 4 \times 0,9 = 3,6 \text{ l.}$$

V_s en V_r dus akkoord.



* N.B. De drukken in de ketel zijn $q \cdot h_2 \cdot g \cdot 10^{-3} = 20 \text{ kPa}$ lager dan de aangegeven drukken in de installatie ten opzichte van „PEIL”

Verklaring van de gebruikte aanduidingen en de toe te passen eenheden bij de berekening

Afkorting	Omschrijving	Eenheid
h_1	Verticale afstand van het maatbepalend tappunt tot peil.	meter (m)
h_2	Verticale afstand waterniveau in drukketel bij p_{\min} tot peil.	
h_3	Verticale afstand waterniveau in drukketel bij p_{\max} tot peil.	
p_1	Laagst voorkomende druk in hoofdleiding t.o.v. peil.	Kilo Pascal (kPa)
p_2	Hoogst voorkomende druk in hoofdleiding t.o.v. peil.	
p_3	Opvoerdruk pompen.	
p_4	Benodigde druk voor het maatbepalend tappunt.	
p_5	Totaal benodigde druk t.o.v. peil bij q_{\max} .	
Δp_1	Drukverlies tussen A en B bij q_{\max} .	
Δp_2	Drukverlies tussen B en C bij q_{\max} .	
p_{\min}	Minimaal toelaatbare druk in drukketel.	
p_{\max}	Maximale druk die in de drukketel kan optreden.	
p_{i1}	Druk in ketel waarbij laatste pomp inschakelt.	
p_{u1}	Druk in ketel waarbij eerst ingeschakelde pomp weer uitschakelt.	
p_{ix}	Druk in ketel waarbij laatste pomp inschakelt.	
p_{ux}	Druk in ketel waarbij laatst ingeschakelde pomp weer uitschakelt.	
p_l	Insteldruk van het luchtkussen bij drukketels met membraan tussen water-lucht.	
q_{\max}	Grootste kortstondig benodigde volumestroom.	Liter per seconde (l/s)
q_p	Gezamenlijke volumestroom van de pompen minus de reservepomp.	
q_{p1}	$= q_{p2} = q_{p3}$ volumestroom van één pomp bij p_{\min} .	
q_c	Volumestroom luchtcompressor bij atmosferische druk.	
S	Schakelfrequentie.	Hertz (Hz)
n	Aantal pompen.	
V_{tot}	Totale inhoud van de drukketel(s).	liter (l)
V_{max}	Luchtinhoud van de drukketel(s) bij P_{\min}	
V_i	Luchtinhoud van de drukketel(s) bij P_{i1}	
V_u	Luchtinhoud van de drukketel(s) bij P_{u1}	
V_s	Schakelinhoud van de drukketel(s) tussen elkaar opvolgende pompen.	
V_r	Reserve-inhoud van de drukketel (min 0,1 V_{tot}).	
V_n	Nuttige inhoud van de drukketel(s) $V_i - V_u$ als één pomp in werking komt.	
peil	Aanduiding hart van de pompen.	
ρ (rho)	Volumieke massa van water	1000 kg/m ³

www.infodwi.nl