

Auteur

dr.ir. A.H.T.M. (Alet) van den Brink BSc, ing. S. (Steven) Bax (Kropman B.V.), Peter Jan Huisman (ClimateControl), Sjaak de Graas (Reflex Nederland B.V.), Berend de Bie (Spirotech B.V.)

# Drukverandering in het nulpunt bij toepassing van twee expansievaten in één gesloten systeem

*De algemene theorie over positionering en selectie van een enkel expansievat met een enkele pomp in een gesloten systeem is goed omschreven. In meer complexe installaties worden om verschillende redenen soms meerdere expansievaten geplaatst. Het plaatsen van meerdere expansievaten met meer pompen kan leiden tot klachten op korte en lange termijn: de druk in het nulpunt is niet langer constant. Naar aanleiding van een praktijkcase wordt in dit artikel inzicht gegeven in wat er fout kan gaan in de praktijk door een foutieve combinatie van pomp(en) en expansievat(en).*

In een gesloten CV- of GKW-systeem zullen door opwarming of afkoeling van het medium (hier water) en het leidingmateriaal beide een volumeverandering ondergaan. Hierbij zet of krimpt het water harder uit dan het leidingmateriaal. Worden voor deze volumeveranderingen geen voorzieningen getroffen, dan zal de systeemdruk bij opwarming ongecontroleerd stijgen en bij afkoeling dalen. Een te hoge systeemdruk door opwarming kan ervoor zorgen dat een leiding of onderdeel scheurt. Om dit te voorkomen worden twee maatregelen toegepast. In de eerste plaats worden als bescherming tegen te hoge drukken veiligheidstoestellen geplaatst. In de tweede plaats worden voor de netto volumeverandering van het water één of meerdere expansievaten geplaatst. Het opvangen van de volumeverandering is de eerste hoofdfunctie van het expansievat. Volledigheidshalve: bij een afgekoelde installatie dient de minimale druk behouden te worden.

De tweede hoofdfunctie is het zorgen voor drukbehoud. Drukbehoud in een gesloten installatie is van essentieel belang om zuurstoftoetreding te voorkomen [1]. Toetreding van zuurstof is de belangrijkste veroorzaker van corrosie. De hoeveelheid van zuurstof die toetreedt tot het systeem is rechtstreeks verbonden tot de hoeveelheid corrosie(slib)

die gevormd wordt [1]. Op termijn resulteert corrosie in vervuiling, klachten en verstoringen. Een voldoende hoge druk is een systeemdruk boven de luchtdruk. Leveranciers adviseren om de overdrukmargin hoger in te stellen om luchtintreding via ontluchters te voorkomen. Voor drukbehoud is het ook nodig dat het expansievat enig waterverlies of gaszijdig drukverlies kan opvangen en dus een reële waterreserve bezit [1].

De derde hoofdfunctie is het zorgen van een voldoende hoge voordruk aan de zuigzijde van de pomp om cavitatie te voorkomen. Cavitatie in de pomp zorgt voor een implosie van dampbellen, die schade kunnen veroorzaken aan de waaier en afdichtingen: als de dampdruk daalt tot onder de dampdruk van de vloeistof bij de bijbehorende temperatuur, treedt cavitatie op. Cavitatie treedt eerder op bij een hogere mediumtemperatuur dan bij een lagere mediumtemperatuur. Pompleveranciers geven de benodigde minimale voordruk op. Sommige leveranciers baseren de voordruk niet alleen op de statische hoogte maar ook op de vereisten van pompleveranciers.

Om deze drie hoofdfuncties - (i) opvangen volumeverandering, (ii) toetreding zuurstof voorkomen en (iii) voldoende voordruk - voor circulatiepompen te vervullen, zijn een juiste dimensionering, uitvoering en onderhoud van het expansievat van groot belang. Het expansievat zorgt voor een vaste, constante druk (bij constante temperatuur) op een bijzonder punt in het systeem [2]: het nulpunt van de installatie. *"De aansluiting van het expansievat in de installatie heet nulpunt, omdat de druk op dat punt niet kan wijzigen onder invloed van regeltechnische invloeden, zoals starten, stoppen of toerentalwijziging van circulatiepompen, de stand van regelventielen of andere oorzaken."* [1]. *"Expansievaten worden waar mogelijk gemonteerd aan de zuigzijde van de pomp in de retourleiding, waarbij de afstand tot de pomp niet groter dan 1 à 2 m."* [2]. Voor achtergrond over de selectie van expansievaten zie ISSO 50 [2] en over nut en noodzaak geeft ISSO 13 [1] de nodige verdiepingsslagen met betrekking tot inwendige corrosie. In de nieuwe ISSO 44 wordt het centraal nulpunt bewust gedefinieerd in de voorbeelden [4].

Er wordt bij de uitleg in ons vakgebied vaak uitgegaan van een enkel expansievat aan de zuigzijde van de pomp. De auteurs gaan ervan uit dat overwegingen, selecties, inbedrijfstelling en onderhoudsaspecten van een enkel expansievat bekend zijn bij de lezer. In meer complexe installaties worden in het ontwerp vaak meerdere expansievaten en meerdere pompen opgenomen, waarbij er mogelijk niet langer sprake is van een centraal nulpunt. De druk in het nulpunt is dan niet langer constant, doordat de combinatie van pompen en expansievaten de druk beïnvloeden. Hierdoor stijgt de kans dat expansievaten als ontwerpitem over het hoofd worden gezien of niet als mogelijk probleem worden onderkend. In dit artikel worden twee rekenmethoden omschreven en door middel van enkele rekenvoorbeelden inzicht gegeven hoe een installatie met twee expansievaten zich kan gedragen en welke risico's hieraan verbonden zijn. Al is het expansievat een relatief eenvoudig component, het vraagt meer aandacht dan het veelal krijgt.

### Intermezzo

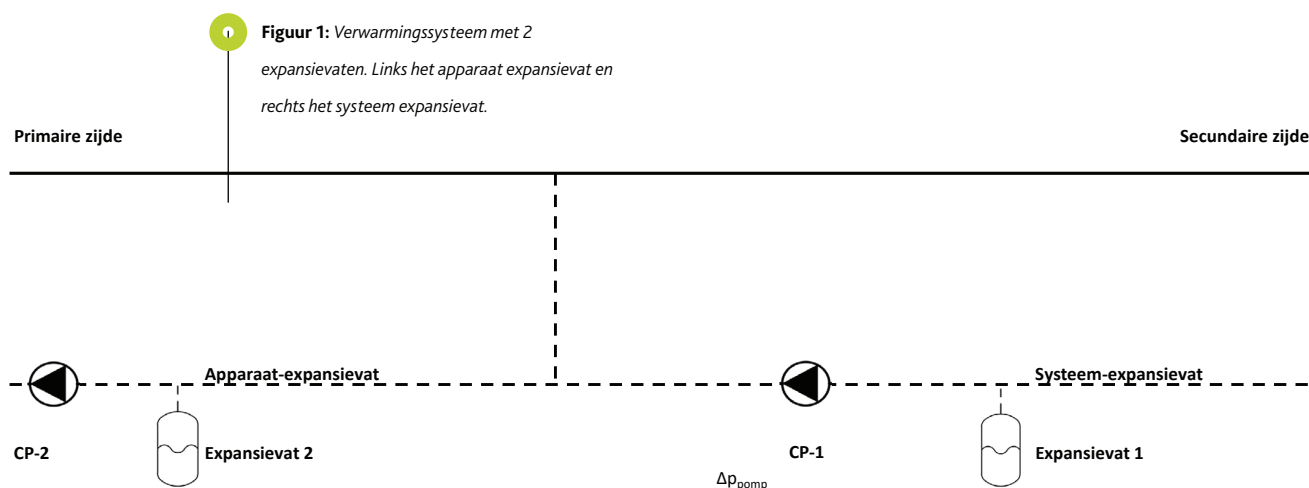
De waarden in dit artikel zijn berekend met een methodiek gebaseerd op de algemene gaswet van Boyle en Gay-Lussac. De bijbehorende formules worden in dit artikel niet gedeeld. Het artikel heeft als doel achtergrond en inzicht te verlenen voor ontwikkelingen/fouten in ons vakgebied, geen absolute waarheid. Formules geven altijd een uitkomst, maar daar kan met de hier ontwikkelde formules geen goed of fout aan gekoppeld worden voor alle praktische gevallen. De toelichting, figuren en rekenwaarden bieden geïnteresseerde lezers de mogelijkheid om zelf de stappen te reproduceren. Basis is dat bij elke stap de druk in het apparaat-expansievat minus de druk in het systeem-expansievat gelijk is aan de opvoerhoogte van de pomp. Mocht de lezer inhoudelijke vragen hebben na het lezen van dit artikel, dan is het advies om contact op te nemen met een van de leveranciers van expansievaten.

### Methodiek

Voor de toelichting bij de tekst wordt verwezen naar Figuur 1. Het betreft een primair-secundair systeem met hierin twee expansievaten. De primaire zijde (links) en de secundaire zijde (rechts) zijn hydraulisch ontkoppeld door een zogenaamde open verdeler van voldoende grootte, waardoor de pomp (curv) en elkaar niet beïnvloeden. Om spraakverwarring te voorkomen wordt het expansievat aan de secundaire zijde het systeem expansievat (expansievat 1) genoemd, het expansievat aan de primaire zijde wordt het apparaat expansievat (expansievat 2) genoemd. Het systeem expansievat is het beoogde nulpunt en heeft als functie het opvangen van volumeveranderingen.

Door de hydraulische ontkoppeling hebben de beide circulatiepompen, CP-1 aan de secundaire zijde en CP-2 aan de primaire zijde, geen invloed op elkaar qua debiet en opvoerhoogte. Het inschakelen van CP-1 zorgt voor een stijging van de systeemdruk aan de zuigzijde CP-2 met een waarde  $\Delta p_{pomp}$  [bar]. Door deze stijging van de systeemdruk ter plaatse van het apparaat-expansievat (en de hydraulische ontkoppeling), wordt het gasvolume in dit apparaat expansievat verder samengedrukt met een waarde  $\Delta V$  [dm<sup>3</sup>] en neemt het watervolume toe met dezelfde hoeveelheid  $\Delta V$ .

Omdat het leidingwerk en het water niet of minimaal samendrukbaar zijn, zal dit volume  $\Delta V$  geleverd moeten worden vanuit het aanwezige water in het systeem expansievat. Kern is wel dat dit volume  $\Delta V$  aanwezig is in het systeem expansievat. Als dit water hier niet aanwezig is, wordt het expansievat leeg, wordt de gasdruk van het vat niet overgezet naar op het water en wordt de tweede hoofdfunctie, drukbehoud om zuurstoftoetreding te voorkomen, niet gerealiseerd [1]. Als drukbehoud niet gerealiseerd wordt, wordt de derde hoofdfunctie, voldoende voordruk voor de circulatiepomp, ook niet gerealiseerd. Als het volume van de beide expansievaten groot genoeg is, wordt wel voldaan aan de eerste hoofdfunctie, het opvangen van het expansievolume.



Echter, een voldoende groot expansievolume garandeert nog niet een voldoende hoge voordruk voor de pomp of het voorkomen van zuurstoftoetreding. In dat geval is de gekozen oplossing niet correct.

Met behulp van de gaswet van Boyle-Gay-Lussac is het mogelijk om effecten inzichtelijk te maken voor twee situaties:

**bij de begintemperatuur:** situatie in koude toestand,

**bij de eindtemperatuur:** situatie in warme toestand.

De omschreven stappen zijn voor een constante temperatuur van het gas, al genoemde drukken zijn absoluut en beide expansievaten hangen op dezelfde hoogte.

### Begintemperatuur

Eerst wordt het opstarten van de verwarmingsinstallatie beschouwd. De temperatuur van het medium is nu laag.  $V_2$  is het gasvolume in het apparaat expansievat [dm<sup>3</sup>] bij de vuldruk  $p_2$  [bar(a)] in rust. De nieuwe gasdruk  $p_2'$  [bar(a)] van het apparaat expansievat aan de perszijde van pomp CP-1 ten gevolge van de waterverplaatsing  $\Delta V$  [dm<sup>3</sup>] door de pompdruk  $\Delta p_{pomp}$  wordt als volgt berekend. Er wordt water aan het apparaat expansievat toegevoegd waardoor het gasvolume kleiner wordt (wordt verder samengedrukt). Het kleinere gasvolume  $V_2'$  [dm<sup>3</sup>] is gelijk aan  $V_2 - \Delta V$ .

$V_1$  is het gasvolume in het systeem-expansievat [dm<sup>3</sup>] bij de vuldruk  $p_1$  [bar(a)] in rust. In rust (pomp uit) is de vuldruk  $p_1$  gelijk aan de vuldruk  $p_2$ . De nieuwe gasdruk  $p_1'$  [bar(a)] van het systeem expansievat daalt aan de zuigzijde van pomp CP-1 ten gevolge van de waterverplaatsing  $\Delta V$  door de pompdruk. In het systeem expansievat wordt het watervolume kleiner en het gasvolume groter. Het grotere gasvolume  $V_1'$  [dm<sup>3</sup>] is gelijk aan  $V_1 + \Delta V$ . Het verschil tussen  $p_2'$  en  $p_1'$  is gelijk aan de pompdruk  $\Delta p_{pomp}$ . Na uitwerking kan het verplaatst volume  $\Delta V$  berekend worden en aansluitend  $p_2'$  en  $p_1'$ .

### Eindtemperatuur

De eerste hoofdfunctie van het systeem-expansievat is het opvangen van een thermisch volumetoename  $\Delta V_{th}$  [dm<sup>3</sup>] ten gevolge van het opwarmen (of afkoelen) van het medium. De volumetoename wordt berekend op dezelfde wijze als bij een systeem met één expansievat. Deze thermische volumetoename wordt door de beide expansievaten opgevangen, echter niet in gelijke mate. Een deel  $x \cdot \Delta V_{th}$  wordt opgevangen door het apparaat expansievat, het resterend deel  $(1-x) \cdot \Delta V_{th}$  wordt opgevangen door het systeem-expansievat. De nieuwe gasdruk  $p_2''$  [bar(a)] in het apparaat-expansievat als gevolg van het inschakelen van de pomp en de thermische expansie wordt nu berekend. Het nieuwe gasvolume in het apparaat-expansievat is  $V_2''$  [dm<sup>3</sup>]. Aansluitend wordt de nieuwe gasdruk in het systeem expansievat door de uitzetting en pomp  $p_1''$  [bar(a)] berekend. Door de uitzetting van het water neemt het gasvolume in beide expansievaten af. De opvoerhoogte van de pomp blijft gelijk en wordt geschreven als het drukverschil tussen beide gasdrukken  $p_2''$  en  $p_1''$ . De waarde van  $x$ , de volume verdeling over beide vaten, wordt nu berekend.

### Voorbeeld 1: vaten van gelijke grootte

#### Uitgangspunten:

Apparaat-expansievat  $V_2 = 25/1,5$

Systeem-expansievat  $V_1 = 25/1,5$

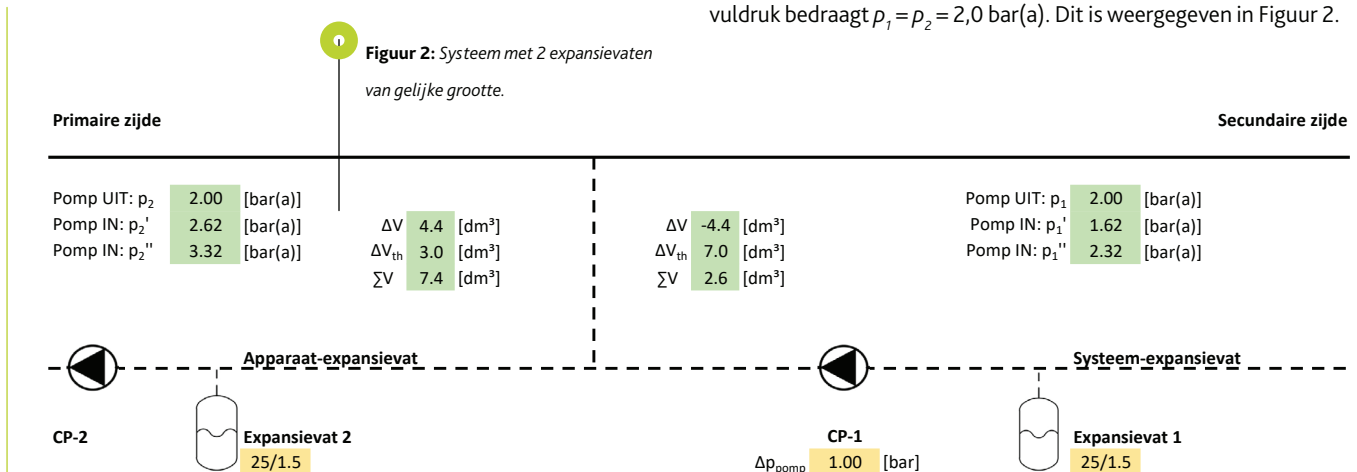
Vuldruk  $p_1 = p_2 = 2,0$  bar(a)

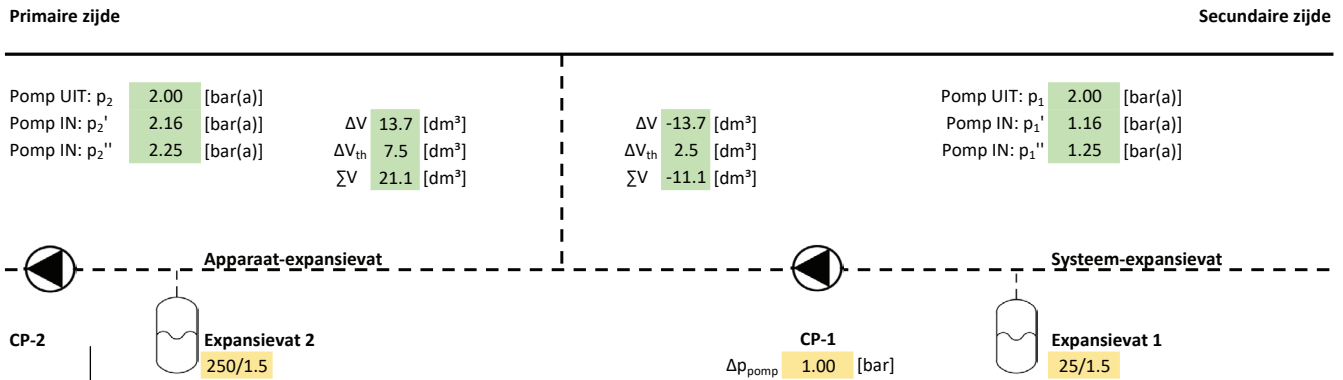
Opvoerhoogte pomp CP01 = 1 bar

Thermische uitzetting  $\Delta V_{th} = 10$  dm<sup>3</sup> (in warme toestand)

De uitgangspunten zijn weergegeven in de gele velden en de berekende resultaten in de groene velden in Figuur 2. Hier is  $\Delta V_{th}$  al verdeeld over het apparaat-expansievat en het systeem-expansievat.

In een verwarmingsinstallatie worden twee expansievaten geplaatst met een gelijk volume:  $V_0 = 25$  dm<sup>3</sup> en beide met een voordruk  $p_0$  van 1,5 bar(a). De opvoerhoogte van de pomp bedraagt 1 bar. De secundaire pomp CP-1 is in de centrale retour geplaatst, het systeem-expansievat als bedacht nulpunt met een apparaat expansievat. De vuldruk bedraagt  $p_1 = p_2 = 2,0$  bar(a). Dit is weergegeven in Figuur 2.





**Figuur 3:** Systeem met 2 expansievaten van ongelijke grootte: pompdruk van klein naar groot.

De resultaten worden stap voor stap bepaald.

**Stap 1:** bereken het gasvolume  $V_1$  in de expansievaten na het vullen in koude toestand. Omdat beide vaten gelijk zijn en het systeem in rust is:  $V_1 = V_2$ .

**Stap 2:** bereken de volumeverplaatsing  $\Delta V$  [dm<sup>3</sup>] door het inschakelen van de pomp in de koude- of begintoestand van het systeem.

**Stap 3:** bereken de nieuwe gasdrukken ter plaatse van beide expansievaten met behulp van de berekende volumeverplaatsing bij ingeschakelde pomp bij de begintemperatuur.

In koude toestand daalt de vuldruk bij het opstarten van de installatie met 0,38 bar van 2,0 bar(a) naar 1,62 bar(a). Het is duidelijk dat een zuiver nulpunt vanuit de definitie niet langer aanwezig is: de druk ter plaatse van het systeem-expansievat wijzigt ten gevolge van het inschakelen van de pomp CP-1. Was de initiële vuldruk  $p_1$  geen 2,0 bar(a) maar 1,3 bar(a), dan daalde de zuigdruk  $p_1'$  tot de omgevingsdruk of atmosferische druk, waardoor drukbehoud niet gegarandeerd is en zuurstof toe treedt als de druk verder daalt. Als de druk  $p_1'$  ter plaatse van de zuigzijde van pomp CP-1 is gedaald tot de omgevingsdruk, is de minimale voordruk van de pomp om cavitatie te voorkomen niet gewaarborgd. Dit betekent dat opstarten van een koude installatie kritisch is. De volumeverplaatsing  $\Delta V$  bedraagt 4,4 dm<sup>3</sup>. Dit is water dat van het systeem expansievat wordt verplaatst naar het apparaat expansievat ten gevolge van het inschakelen van de pomp. Voor de volgende stap zijn de gasvolumes nodig in deze toestand:  $V_2' = V_2 - \Delta V = 14,4$  dm<sup>3</sup> en  $V_1' = V_1 + \Delta V = 23,2$  dm<sup>3</sup>. Een praktisch aspect is dat de systeemdruk aan de zuigzijde van pomp CP-1 afhankelijk is van de bedrijfstoestand van de pomp: aan of uit. De afgelezen

druk op de manometer of drukopnemer moet niet alleen gecorrigeerd worden voor temperatuur als gevolg van uitzetting, maar ook ten gevolge van de bedrijfstoestand van de pomp.

**Stap 4:** bereken de nieuwe gasdrukken ter plaatse van beide expansievaten door de opwarming van het systeem waardoor het medium  $\Delta V_{th}$  [dm<sup>3</sup>] uitzet. In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een thermische uitzetting  $\Delta V_{th}$  van 10 dm<sup>3</sup>. De thermische uitzetting wordt niet gelijk verdeeld over beide identieke expansievaten. Er wordt 30,2% van dit volume opgenomen door het apparaat expansievat (3,0 dm<sup>3</sup>) en het restant, 69,8% (7,0 dm<sup>3</sup>), wordt opgenomen door het systeem expansievat. Intuïtief klopt dit: het is gemakkelijker om een balg met een druk van 1,62 bar(a) in te drukken dan een balg met een druk van 2,62 bar(a). Met deze waarde wordt het nieuwe gasvolume in beide expansievaten berekend:  $p_2'' = 3,32$  bar(a) en  $p_1'' = 2,32$  bar(a). Door opwarming stijgt de druk en worden in de warme bedrijfstoestand, zoals verwacht, hogere operationele drukken gerealiseerd. Het eindresultaat is dat het systeem-expansievat is gevuld met 2,6 dm<sup>3</sup> water en het apparaat expansievat met 7,4 dm<sup>3</sup> water bij ingeschakelde pomp en opgewarmde toestand.

In dit vereenvoudigde voorbeeld is het mogelijk om de pomp van de retour naar de aanvoer te verplaatsen en dit probleem te verhelpen. In de praktijk is gebleken dat als het principeschema minder overzichtelijk wordt, een correcte inpassing lastig is.

**Voorbeeld 2: vaten van ongelijke grootte I**

**Uitgangspunten:**

- Apparaat-expansievat  $V_2 = 250/1,5$
- Systeem-expansievat  $V_1 = 25/1,5$
- Vuldruk  $p_1 = p_2 = 2,0$  bar(a)
- Opvoerhoogte pomp CP01 = 1 bar
- Thermische uitzetting  $\Delta V_{th} = 10$  dm<sup>3</sup> (in warme toestand)

De uitgangspunten zijn weergegeven in de gele velden en de berekende resultaten in de groene velden in Figuur 3. Hetzelfde voorbeeld, maar het apparaat expansievat is geen 25 dm<sup>3</sup> maar 250 dm<sup>3</sup>. De overige invoergegevens blijven gelijk. Het is wel goed om te benadrukken dat dit situaties zijn die daadwerkelijk voorkomen in de praktijk. Verderop in het artikel wordt een praktijkcasus beschreven.

**Stap 1:** Na het vullen zijn de drukken gelijk. Door de ongelijke grootte zijn de gasvolumes in de expansievaten verschillend. In het systeem expansievat is het gasvolume gelijk gebleven: 18,7 dm<sup>3</sup>. In het apparaat-expansievat is het gasvolume 187,5 dm<sup>3</sup>. Het watervolume in het systeem expansievat bedraagt nu 25 dm<sup>3</sup> - 18,7 dm<sup>3</sup> = 6,3 dm<sup>3</sup>.

**Stap 2 en 3:** Door het inschakelen van pomp CP-1 wordt er (rekenkundig)  $\Delta V = 13,7$  dm<sup>3</sup> water verplaatst van het (kleine) systeem expansievat naar het (grote) apparaat expansievat. Echter, hier is maar 6,3 dm<sup>3</sup> water in aanwezig. Er kan niet meer water worden verplaatst dan aanwezig is! Rekenkundig komt het gasvolume uit op 32,4 dm<sup>3</sup> en dat is groter dan het expansievat zelf. Als gevolg daarvan ontstaat er aan de zuigzijde van pomp CP-1 een onderdruk. Deze druk is lager dan de omgevingsdruk, waardoor de toetreding van lucht/zuurstof niet wordt verhinderd (hoofdfunctie 2) en de minimale benodigde voordruk van de pomp (hoofdfunctie 3) niet wordt gerealiseerd. Kortom, dit is niet de gewenste situatie. Het is goed om te benadrukken dat de rekenmethodiek geen rekening houdt met negatieve getallen en/of onmogelijke situatie.

**Stap 4:** In de opgewarmde situatie of eindtoestand dient wederom 10 dm<sup>3</sup> thermische uitzetting opgevangen te worden. Een expansievat met een inhoud van 250 dm<sup>3</sup> zal hiervoor ruim voldoende zijn. Sterker nog, deze wordt voor de uitzetting ondersteund door het tweede vat. Na opwarming is het gasvolume in het systeem expansievat 29,9 dm<sup>3</sup>, wat nog steeds groter is dan het expansievat zelf. Zelfs in opgewarmde situatie zal hier ter plaatse een onderdruk ontstaan. Dus ondanks dat beide expansievaten samen van voldoende grootte zijn om de thermische expansie op te vangen, kunnen er op korte en lange termijn problemen optreden.

Merk op dat de volumeverplaatsing van de pompen geen rol speelt, alleen de opvoerhoogte. Een kleine pomp met een grote opvoerhoogte kan een zeer negatief effect hebben, indien verkeerd ingepast.

#### Voorbeeld 3: vaten van ongelijke grootte II

##### Uitgangspunten:

Apparaat-expansievat  $V_2 = 25/1,5$

Systeem-expansievat  $V_1 = 250/1,5$

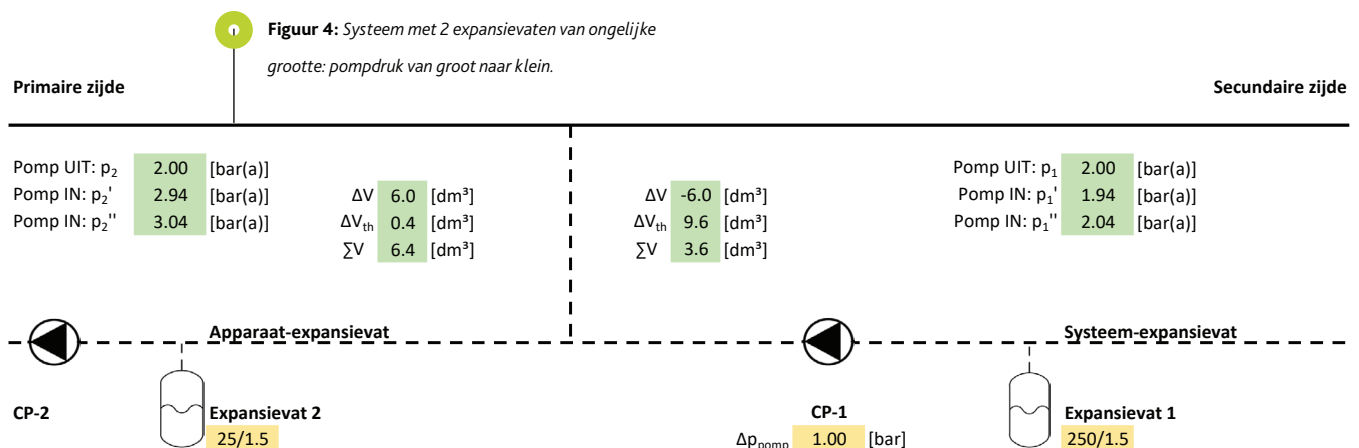
Vuldruk  $p_1 = p_2 = 2,0$  bar(a)

Opvoerhoogte pomp CP01 = 1 bar

Thermische uitzetting  $\Delta V_{th} = 10$  dm<sup>3</sup> (in warme toestand)

De uitgangspunten zijn weergegeven in de gele velden en de berekende resultaten in de groene velden in Figuur 4.

Was ten opzichte van voorbeeld 1 niet het apparaat-expansievat vergroot maar het systeem expansievat van 25 dm<sup>3</sup> naar 250 dm<sup>3</sup>, dan wordt  $\Delta V = 6,0$  dm<sup>3</sup> water verplaatst. De druk in het systeem expansievat daalt dan van 2,0 bar(a) in rust naar 1,94 bar(a) met de circulatiepomp in bedrijf en de druk in het apparaat-expansievat stijgt van 2,0 dm<sup>3</sup> naar 2,94 dm<sup>3</sup>. Dit voorbeeld laat duidelijk zien dat bij



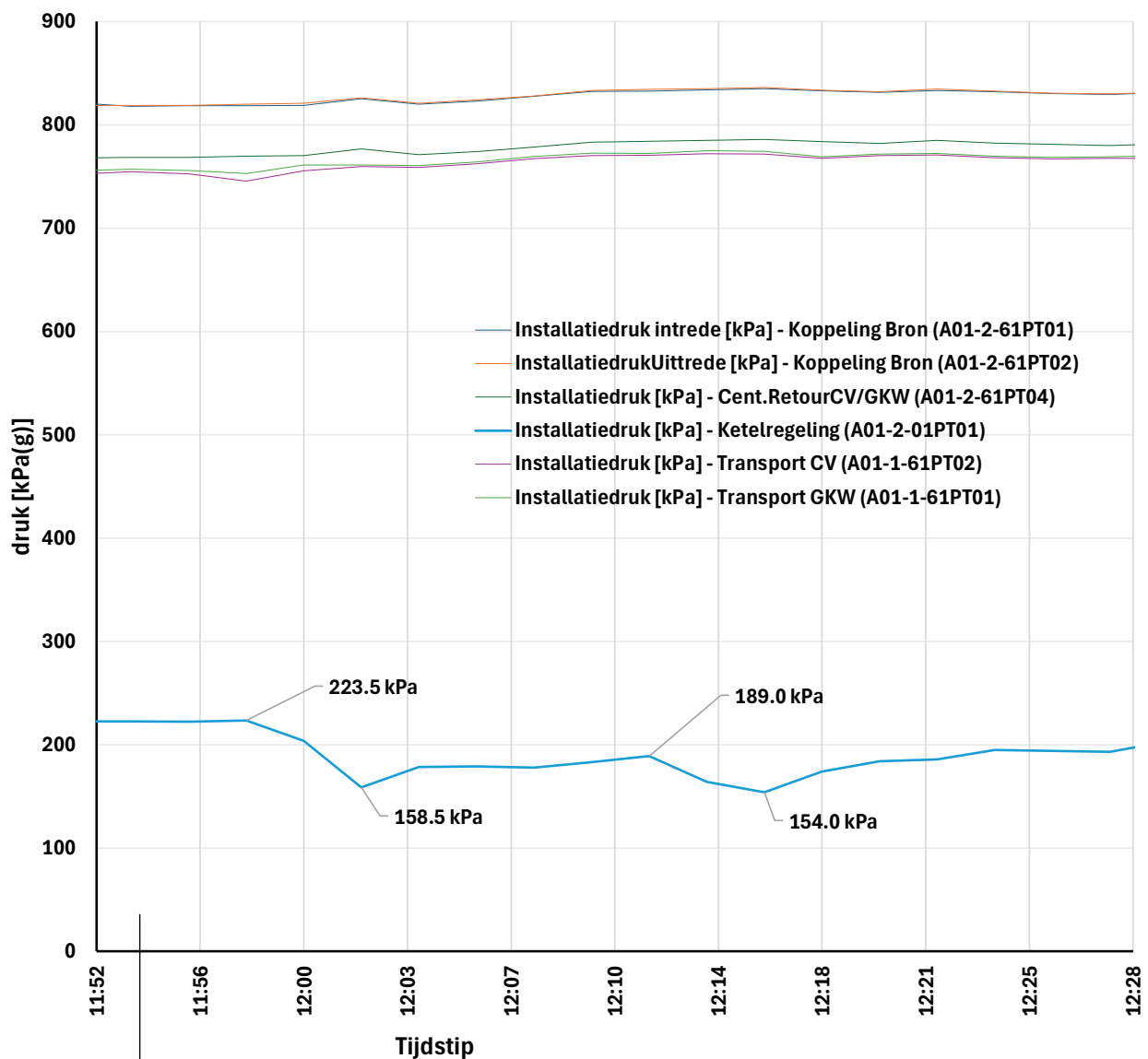
“groot” naar “klein” pompen het risico kleiner is. In opgewarmde toestand zijn de einddrukken 2,04 bar(a) en 3,04 bar(a) voor het systeem expansievat en het apparaat expansievat respectievelijk. Met voldoende benadering wordt hier wel een centraal nulpunt gerealiseerd.

#### Praktijkcase

Het betreft een bestaande installatie, bestaande uit een WKO met twee warmtepompen op niveau +1. Voor bijverwarming en tapwaterbereiding zijn twee CV-ketels met transportpomp opgesteld op niveau +20. De installatie heeft langdurig te maken met

drukverlies. In de installatie bevinden zich 3 systeem expansievaten van 1000, 600 en 400 dm<sup>3</sup> op niveau +1. Deze expansievaten zijn samen van voldoende grootte om de thermische expansie en krimp op te vangen. Daarnaast zit er nog 1 expansievat welke gezien kan worden als systeem expansievat van 35 dm<sup>3</sup> op niveau +20. Elke ketel heeft een eigen apparaat expansievat van 18 dm<sup>3</sup>. Op niveau -1 zijn er nog 2 drukopnemers.

Op basis van een bureaustudie van het prinsipeschema bleek dat de transportpomp van de ketels persend was ingebouwd op de drie grote systeem expansievaten. Vertaald naar Figuur 3: de transportpomp is CP-1, het expansievat van 35 dm<sup>3</sup> is het systeem expansievat



**Figuur 5:** Meetresultaten praktijkcase: veranderende drukken door in- en uitschakelen van pomp.

en de expansievaten van 1000, 600 en 400 dm<sup>3</sup> worden als één gezien als het apparaat expansievat. Er is een testprotocol opgesteld om de verbanden tussen druk en pompschakelingen eenduidig vast te stellen. De testen zijn oktober 2025 uitgevoerd, waarbij telkens vanuit rust een transportpomp werd bijgeschakeld, de drukken genoteerd werden en de pompen werden uitgeschakeld. De meetpunten zijn ook genoteerd in het gebouwbeheersysteem. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 5.

De installatie is in rust (alle pompen uitgeschakeld) en de druk bij de ketels op niveau +20 bedraagt 223,5 kPa. Na het inschakelen van de transportpomp daalt op niveau +20 de druk van 223,5 kPa naar 158,5 kPa. Ten gevolge van regelacties van diverse regelventielen varieert de druk tussen de 154,0 kPa en 189,0 kPa. De druk varieert aanzienlijk en het begrip centraal nulpunt is hier niet van toepassing. De druk op niveau +1 varieert weinig. Dit komt overeen met de resultaten van voorbeeld 2: vaten van ongelijke grootte II. Het effect op het enkele, kleine vat is groot, terwijl het effect op de grote vaten veel minder is. Omdat de installatie in warme toestand is getest en dezelfde installatie ook koeling levert, zullen de drukken in de zomer dalen doordat de temperatuur in de centrale installatie daalt.

### Overweging

Er zijn meerdere manieren om een technisch vraagstuk op te lossen. Werken vanuit een centraal nulpunt heeft in algemene zin de voorkeur, omdat dit herkenbaar is voor niet alleen de ontwerper maar vooral voor de collega's die het onderhoud en beheer uitvoeren. Als hier bewust van wordt afgeweken, is het van belang om een inschatting te maken van de gevolgen en dit goed te documenteren. Ervaring leert dat diverse storingen met expansievaten geen storingen zijn, maar het gevolg van ontwerpfouten. Bij (meer) complexe of niet standaard expansievoorziening hoort een goede toelichting in het onderhouds- en bedieningsvoorschrift. Bedenk ook dat in een koelinstallatie de installatie in rust warmer is dan in bedrijf en dat dan een omgekeerde situatie optreedt.

### Conclusie

Installaties met meerdere pompen en expansievaten vragen extra aandacht. In complexe schema's met meerdere expansievaten en pompen kan een enkele pomp die perst op het systeem expansievat, zorgen voor een onderdruk ten opzichte van de omgeving. In het algemeen zal het persen van 'klein' naar 'groot' meer problemen opleveren dan van 'groot' naar 'klein'. Er zijn meerdere oplossingen mogelijk. In Figuur 1 was het eenvoudig geweest om pomp CP-1 te verplaatsen van de retour naar aanvoer. In dat geval was de hydraulische ontkoppeling het nulpunt geworden. Echter, de praktijkcase laat zien dat dit niet altijd het geval is. Het is gebruikelijk dat pompen in de retour geplaatst worden en dit wordt veelal ook geadviseerd: *"Expansievaten worden waar mogelijk gemonteerd aan de zuigzijde van de pomp in de retour, afstand tot de pomp niet groter dan 1 à 2 m."* [2]. Echter, dit is niet langer de standaard keuze. Het is dus van belang dat er in de ontwerpfase voldoende aandacht is voor de complexiteit rondom het nulpunt, bij nieuwbouw en renovaties. Specialisten staan u graag bij met raad en daad.

### Referenties

1. ISSO-publicatie 13, Voorkomen van corrosie en vervuiling, 2019
2. ISSO-publicatie 50, Warmwaterverwarmingsinstallaties, 2016
3. NEN-EN 12828+A1 (en), Verwarmingssystemen in gebouwen - Ontwerp voor water-voerende verwarmingssystemen, 2014
4. ISSO-publicatie 44, Ontwerp van hydraulische schakelingen voor verwarmen, 2025