

ISSO-publicatie 44 Ontwerp van hydraulische schakelingen voor verwarmen

ISBN: 978-90-5044-064-6

Uitgever: ISSO

Taal: nl

Herkomst print: 30/10/23

Deze ISSO-publicatie beschrijft een methode voor het ontwerp van hydraulische schakelingen bij verwarmen. De ontwerpmethode omvat zowel de vollast-situatie als de deellast-situatie van een hydraulische schakeling. De ontwerpmethode gaat uit van gestandaardiseerde hydraulische subschakelingen (modulen). De gestandaardiseerde modulen zijn geschikt voor alle soorten installaties met hoge, lage of verschillende temperatuurniveaus. De publicatie geeft aan welke gegevens nodig zijn uit voorliggende ontwerpactiviteiten en welke na het ontwerp van de hydraulische schakeling. De in deze publicatie gepresenteerde ontwerpmethode is een basismethode waarmee in principe een goed functionerende hydraulische schakeling voor verwarmen kan worden gerealiseerd. De ontwerper kan en mag van deze basismethode afwijken als het gaat om een creatieve oplossing voor een hydraulische schakeling. Hij dient dan wel voldoende kennis te hebben van het gedrag van een hydraulische schakeling, niet in strijd met de in deze publicatie vermelde ontwerpeisen en ontwerpregels, zoals genoemd bij het samenstellen van de modulen.

windex-ac2e5479-0b60-4978-8718-f3717d0f5abc

ISSO

ISSO-PUBLICATIE 44 ONTWERP VAN HYDRAULISCHE SCHAKELINGEN VOOR VERWARMEN

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	7
Summary	9
Grafische symbolenlijst	11
Begrippenlijst	13
1 Inleiding, werkwijze en toepassingsgebied	15
1.1 Inleiding	15
1.2 Werkwijze en toepassingsgebied	16
2 Ontwerp van hydraulische schakelingen voor verwarmen	19
2.1 Minimaal benodigde gegevens en uitgangspunten	19
2.2 Selectie apparaten voor warmtegebruikers en warmteopwekking	21
2.2.1 Apparaten voor warmtegebruikers	21
2.2.2 Apparaten voor warmteopwekkers	25
2.3 Regeling besturings- en beveiligingsstrategieën	29
2.4 Samenstellen hydraulische schakeling met modulen	33
2.4.1 Werkwijze	33
2.4.2 Overzicht gebruikermodulen, distributiemodulen en opwekkermodulen	34
2.5 Dimensioneren hydraulische schakeling	38
2.5.1 Werkwijze	38
2.5.2 Werkbladen voor warmtegebruikermodulen	39
2.5.3 Werkbladen voor warmteopwekkermodulen	52
2.6 Inregelen van de volumestromen	71
2.7 Voorbeelden	71
2.7.1 Voorbeeld 1: Warmtegebruikers aangesloten op ketels	71
2.7.2 Voorbeeld 1 met andere opwekkers	91
2.7.3 Voorbeeld 2: Warmtegebruikers aangesloten op stadsverwarming, directe aansluiting	99
Bijlage A Ontwerpeisen en ontwerpregels voor distributiesystemen in de warmtegebruiker- en warmteopwekkermodulen	103
Bijlage B Thermische eigenschappen van warmtewisselaars	111
Bijlage C Regelafsluiters testmethode volgens VDI/VDE 2173 en overige van belang zijnde selectiegegeven	121
C.1 Testen van regelafsluiters	121
C.2 Benodigde gegevens voor selectie en dimensionering	121
C.2.1 Vloeistoffen	121
C.2.2 Grondkarakteristiek	121
C.2.3 Berekening van de kvs-waarde	125
C.2.4 Temperatuur	126
C.2.5 Maximaal drukverschil (werkdruk) Δp_{max}	126
C.2.6 Maximaal drukverschil Δp_{RA}	126
C.2.7 Lekverlies	126
C.2.8 Montage	127
C.2.9 Servomotor	127
C.2.10 Hysteresis (servomotor)	127
C.2.11 Regelaar	127
Bijlage D Bedrijfskarakteristieken van de gebruikermodulen	129
D.1 Autoriteit A van een regelafsluiter	129
D.2 Bedrijfskarakteristiek voor de volumestromen	130
D.3 Bedrijfskarakteristiek voor het vermogen en temperaturen	137
Bijlage E Hydraulisch en thermisch analyseren van opwekkermodulen	141

Bijlage F Circulatiepompen CP	155
F.1 Testen van pompen	155
F.2 Benodigde gegevens van selectie en dimensionering	155
F.2.1 Δp als functie van de qv -karakteristiek	155
F.2.2 Maximale werkdruck	156
F.2.3 Maximale stroomsnelheid	156
F.2.4 Minimaal benodigde statische druk aan de zuigzijde van een pomp	156
F.2.5 Minimale en maximale temperatuur	157
F.2.6 Minimale volumestroom (natte motor)	157
F.2.7 Geluidsproductie	157
F.2.8 Isolatie pomphuis	157
F.2.9 Inbouwvoorschriften	157
F.2.10 Motorgegevens (elektrisch)	157
F.2.11 Motorbeveiliging	157
F.2.12 Regeling en besturing	157
F.3 Serie- en parallelenschakeling van pompen	158
F.4 Energiebesparing	159
Bijlage G Benodigde gegevens van inregelaflsuiters (IRA's) en andere componenten	161
G.1 Algemeen	161
G.2 Benodigde gegevens voor selectie en dimensionering	161
G.3 Inregelaflsuiters	161
Bijlage H Uitvoering van open verdeler/verzamelaar, bypassen en recirculatieleidingen	163
Bijlage I Ongewenste stroming ten gevolge van thermische drukverschillen	167
I.1 Natuurlijke convectiestromen in een afgesloten buis	167
Bijlage J Ontwerpeisen voor temperatuurgelaagde buffervaten	171
J.1 Doel en uitgangspunten	171
J.2 Ontwerpeisen	171
J.3 Voorbeeld	171
Bijlage K Soorten drukverschilregeling en de positie van de drukverschilmeting	173
Bijlage L Plaats expansievat of drukregelaar	175
Bijlage M Gelyktijdig geleverd vermogens en het inregelen van volumestromen	177
Bijlage N Drukverliesgegevens van buizen en hulpstukken	179
Bijlage O Te hanteren symboliek en codering	181
Literatuurlijst	183

SAMENVATTING

ISSO-publicatie 44 geeft een methode voor het ontwerp van hydraulische schakelingen voor verwarmen. De ontwerpmethode omvat zowel de vollastsituatie als de deellastsituatie van een hydraulische schakeling. Rekening houden met deellastsituaties is en wordt binnen het ontwerp steeds belangrijker in verband met de eisen die worden gesteld aan het binnenklimaat en energiegebruik. De ontwerpmethode gaat uit van gestandaardiseerde hydraulische subschakelingen (modulen), waarbij een complete hydraulische schakeling wordt samengesteld. In deze modulen zijn ook de aan te brengen temperatuurmeetpunten en drukmeetpunten aangegeven, waarvan in de ISSO-publicaties 31 en 42 'Meetpunten en meetmethoden' gebruik wordt gemaakt. De gestandaardiseerde modulen zijn geschikt voor alle soorten installaties met hoge, lage of verschillende temperatuurniveaus. Het ontwerp van een hydraulische schakeling hangt nauw samen met de overige ontwerpcategorieën. In deze publicatie is daarom aangegeven welke gegevens nodig zijn uit voorliggende ontwerpcategorieën. De in deze publicatie gepresenteerde ontwerpmethode is een basismethode waarmee in principe een goed functionerende hydraulische schakeling voor verwarmen kan worden gerealiseerd. De ontwerper kan van deze basismethode afwijken als het gaat om een creatieve oplossing voor een hydraulische schakeling die met of zonder de standaardmodules kan worden gerealiseerd. Men dient in dit geval wel voldoende kennis te hebben van het gedrag van een hydraulische schakeling en niet in strijd te zijn met de in deze publicatie vermelde regels voor het samenstellen van modulen en de bij de modulen vermelde ontwerpeisen en ontwerpregels.

SUMMARY

ISSO-publication 44 provides a method to design a hydraulic circuit for heating. The design method includes both the full load situation and partial load situation of a hydraulic circuit. The taking into account of the partial load situations becomes more and more important during the design, due to demands made on the interior climate and the energy consumption. The design method assumes standardized hydraulic subcircuits (modules) with which a complete hydraulic circuit can be realized. These modules also show what temperature measuring points and pressure points will have to be included and which the ISSO-publications 31 and 42 'Measuring points and measuring methods' use. The standarized modules are suited for all types of installations with high, low and varying temperature levels. The design of a hydraulic circuit is closely connected to other design activities. That is why this publication indicates what data will be needed for the design acitvities included. The design method given by this publication is a basic method which basically helps to realize a good functioning hydraulic circuit. Naturally the designer may deviate from this basic method if a more creative solution for the hydraulic circuit with or without standard modules is desired. In that case sufficient knowledge of the behaviour of the hydraulic circuit is required and the design should not run counter to the rules for composition of modules, the design requirements and design rules included in this publication.

GRAFISCHE SYMBOLENLIJST

Symbol	Benaming
	Warmtegebruiker (warmtewisselaar) of een groep warmtegebruikers (meerdere warmtewisselaars) met of zonder naregeling
	Warmteopwekker (WO)
	2-wegregelafsluiter (RA) met servomotor of motorafsluiter (MA) (open/dicht)
	2-wegregelafsluiter (RA) met servomotor
	Circulatiepomp (CP)
	Inregelafsluiter (IRA) met meetnippels voor het meten van het drukverschil
	Meetpunt voor temperatuur. De codering bijvoorbeeld TP1 staat voor temperatuurmeetpunt TP1 waar de temperatuur θ_1 gemeten wordt
	Meetpunt voor druk. De codering bijvoorbeeld PP1 staat voor drukmeetpunt PP1, waar de druk p_1 gemeten wordt
	Regelaar
	Buffer (BUF)

BEGRIPPENLIJST

Begrip	Omschrijving
Aansluitwaarde	Het vollastvermogen dat door de opwekker(s) aan de waterzijde wordt geleverd.
Actieve moduul	Een moduul die door middel van zijn circulatiepomp(en) voldoende drukverschil genereert over zijn aansluitpunten, zodat transport van een medium in de op de moduul aangesloten schakeling mogelijk is.
Autoriteit A	Verhouding van het drukverlies $\Delta p_{RA,100}/\Delta p_{RA,0}$ over een regelafsluiter in volledig geopende toestand (index 100) en gesloten toestand (index 0). Op basis van deze definitie zijn voor de regelafsluuters in de modulen op de werkbladen verschillende definities voor de autoriteit afgeleid gebaseerd op het drukverlies in vollastsituaties.
Basisverwarming	Beperkte levering van het warmtevermogen, voldoende om bijvoorbeeld het verlies door transmissie te compenseren.
Bedrijfskarakteristiek van een moduul	Verband tussen de volumestromen, vermogen en temperaturen en de stand [h/h_{100}] van de regelafsluiter.
Blinddruk	De maximale opvoerhoogte van een pomp bij ($q_v = 0$).
Boiler	Opslagvat voor warmtapwater.
CP	Circulatiepomp
Distributie	In deze publicatie worden twee soorten distributie onderscheiden: <ol style="list-style-type: none"> 1. Distributiemoduul vormt de verbinding tussen de gebruikermodulen en de opwekkermoduul(en); 2. Distributiesysteem waarmee de warmtegebruikers of warmteopwekkers in een gebruiker- of opwekkermoduul zijn verbonden, zie bijlage A.
Eénpijpsysteem	Distributiesysteem waarbij de gebruikers 'in serie' op de gemeenschappelijke aanvoer- en retourleiding zijn aangesloten, zie bijlage A.
Grondkarakteristiek regelafsluiter	Het verband tussen de volumestroom en de stand van de regelafsluiter (h/h_{100}), waarbij het drukverschil over de regelafsluiter constant wordt gehouden op 1 bar, zie bijlage C.
Hydraulische weerstand (R)	Weerstand tegen stroming naar analogie met de elektriciteitsleer.
IRA	Met de hand te bedienen inregelafsluiter voor de volumestromen met een voorziening voor het meten van het drukverschil Δp .
k_v-waarde	De volumestroom in m ³ /h van water met een temperatuur van 5 tot 30 °C bij een drukverschil van 1 bar over de regelafsluiter, zie bijlage C.
Moduul	Deel van een hydraulische schakeling te onderscheiden naar: <ul style="list-style-type: none"> • Warmtegebruikermoduul; • Distributiemoduul; • Opwekkermoduul.
Naverwarmer	Warmtewisselaar waar de ingaande (lucht)temperatuur met behulp van regeling constant wordt gehouden, bijvoorbeeld radiatoren of convectoren.
Nullastsituatie (aangegeven met index 0)	Staat voor situatie dat de regelafsluiter volledig dicht staat.
Ontwerpeis	Eis betreffende een constant drukverschil, grootte van de autoriteit of toelaatbaar drukverlies in een buis, zie werkbladen in hoofdstuk 2.5.

Begrip	Omschrijving
Ontwerpregel	Procedure waarmee bijvoorbeeld de k_{vs} -waarde wordt berekend, de opvoerhoogte van een pomp wordt bepaald of de modulen worden samengesteld, zie werkbladen in hoofdstuk 2.5.
Parallelschakeling modulen	Schakeling waarbij de aansluitdruk over de modulen gelijk is. Bij deze definitie wordt geen rekening gehouden met het drukverlies in de aansluiteidingen.
Passieve moduul	Een moduul die niet in staat is over zijn aansluitpunten voldoende drukverschil te genereren, zodat geen transport van een medium in de op de moduul aangesloten schakeling mogelijk is.
Pendelen	Het niet of onvoldoende uitdempen van de regeling na een regelactie.
PP	Meetpunt voor druk. Bijvoorbeeld drukmeetpunt 1 (PP1) voor de druk p_1 .
Pompregeling	Regeling van bijvoorbeeld een constant drukverschil in de hydraulische schakeling door middel van variatie van het toerental van de pomp.
Regelaar	Apparaat dat het ingangssignaal van de geregelde grootheid verwerkt tot een uitgangssignaal voor de servomotor van het corrigerende apparaat.
Regelafsluiter RA	Corrigerend apparaat, in dit geval een regelafsluiter, in een hydraulische schakeling waarmee de volumestroom wordt beïnvloed.
Regelbereik	Het onder gespecificeerde condities vastgestelde verschil tussen de maximale en minimale waarde van de geregelde grootheid.
Serieschakeling modulen	Schakeling van modulen waarbij een gelijke volumestroom q_{v5} door de modulen stroomt.
Setpoint	Ingestelde waarde van een regelaar.
Shuntpomp	Parallel aan een opwekker geschakelde pomp.
Stooklijn	Een vastgesteld verband tussen bijvoorbeeld de buitenluchttemperatuur en de aanvoertemperatuur Θ_1 of Θ_2 .
TP	Meetpunt voor temperatuur. Bijvoorbeeld temperatuur meetpunt 1 (TP1) voor de temperatuur Θ_1 .
Vollast (aangegeven met de index 100)	De bedrijfssituatie van de hydraulische schakeling waar de ontwerpvolumestromen, ontwerptemperaturen en ontwerpvermogens worden gerealiseerd en dus de regelafsluuters volledig open staan.
Voorverwarmer	Warmtewisselaar waar de uitgaande (lucht)temperatuur met behulp van regeling constant wordt gehouden.
Warmtegebruiker	Warmtewisselaar waar de uitgaande (lucht)temperatuur met behulp van regeling constant wordt gehouden.
WO = warmteopwekker	Apparaat waarmee warmte wordt overgedragen aan het 'water' of medium in de hydraulische schakeling.

1 INLEIDING, WERKWIJZE EN TOEPASSINGSGEBIED

1.1 INLEIDING

Het doel van ISSO-publicatie 44 is de ontwerper de middelen te verschaffen om een hydraulische schakeling te ontwerpen, die voldoet aan een vooraf gespecificeerd gewenste gedrag voor vollast- en deellastsituaties. Het gewenste gedrag van een hydraulische schakeling wordt bepaald door:

- Programma van eisen;
- Gebouweigenschappen;
- Regeling, besturing en beveiliging;
- Eigenschappen of eisen van apparaten (opwekkers, warmtewisselaars);
- Bedrijfsvoering van de installatie.

Hoofdstuk 2.1 geeft een overzicht van de minimaal benodigde gegevens en uitgangspunten die men moet kennen voordat kan worden aangevangen met het ontwerp van de hydraulische schakeling.

Kernpunt van de hier gepresenteerde ontwerp methode is dat wordt uitgegaan van gestandaardiseerd hydraulische subschakelingen voor warmtegebruikers en warmteopwekkers. Deze subschakelingen worden in de publicatie modulen genoemd. Met deze modulen wordt een complete hydraulische schakeling samengesteld. Ten behoeve van meten aan een hydraulische schakeling zijn in deze modulen het benodigd aantal meetpunten voor druk en temperatuur opgenomen. Tijdens het samenstellen van de modulen en met kennis van de uitvoering en projectie van de hydraulische schakeling in het gebouw, kunnen meetpunten worden geschrapt of toegevoegd. Voor meetprocedures wordt verwezen naar ISSO-publicatie 31 [1] of 42 [2].

De ontwerp methode vangt aan met de selectie van apparatuur voor warmteafgifte en warmteopwekking. In hoofdstuk 2.2 zijn deze apparaten genoemd, waarbij ontwerprichtlijnen ten aanzien van regeling en temperatuurniveaus zijn gegeven. Bij deze apparaten is vermeld welke gegevens de fabrikant of leverancier moet overleggen om het apparaat op de juiste wijze in de hydraulisch schakeling te integreren. Zo zijn er opwekkers die een constante volumestroom eisen en/of een minimale retourtemperatuur. Tevens hebben opwekkers, een eigen (autonome) regeling, besturing en beveiligingsstrategie. De ontwerper dient deze gegevens te kennen, zodat hij voor het betreffende apparaat de juiste moduul kan kiezen en voorzieningen kan treffen. Hierna moet een regelings-, besturings- en beveiligingsstrategie worden ontwikkeld voor de hydraulische schakeling. In hoofdstuk 2.3 wordt hierop ingegaan door die aspecten te noemen die van belang zijn bij de keuze van de modulen. De eigenlijke uitwerking van de regeling, besturings- en beveiligingsstrategieën geschieft nadat de hydraulische schakeling is samengesteld en gedimensioneerd en is geen onderdeel van deze publicatie.

Met de verkregen gegevens worden in hoofdstuk 2.4 de hydraulische modulen geselecteerd. Er zijn in hoofdstuk 2.4 drie soorten modulen met hun technische kenmerken gegeven:

- Warmtegebruikermodulen;
- Distributiemodulen;
- Warmteopwekkermodulen.

Tijdens het selecteren van de modulen op basis van hun technische kenmerken dient een aantal ontwerpregels in acht te worden genomen die te maken hebben met het samenstellen van de verschillende modulen tot een complete hydraulische schakeling.

Deze ontwerpregels voor samenstellen zijn de eerste stap om ervoor te zorgen dat de modulen in de hydraulische schakeling zich blijven gedragen volgens het gespecificeerde gewenste gedrag en dat er bijvoorbeeld tijdens deellast niet onverwacht omkeren van een volumestroom optreedt.

Nadat de hydraulische schakeling is samengesteld dienen de buizen, regelafsluiters, pompen, etc. waaruit de modulen zijn opgebouwd te worden geselecteerd en gedimensioneerd. Hiervoor zijn in hoofdstuk 2.5 voor elke moduul werkbladen met ontwerp eisen en ontwerpregels opgenomen. Tevens is voor iedere moduul op de werkbladen grafisch het hydraulisch en thermisch gewenste gedrag gegeven.

De belangrijkste aspecten van het gewenste gedrag kunnen als volgt worden samengevat:

- Geen omkeren van volumestromen in de buizen van de modulen tijdens deellast als dit niet bedoeld is. Hiervoor dienen in eerste instantie de ontwerpregels voor samenstellen;

- In een buis met constante volumestroom is $\pm 10\%$ variatie toelaatbaar ten opzichte van vollast volumestroom, dit bijvoorbeeld in verband met nivelleren onderlinge hydraulische beïnvloeding;
- Lineair verband tussen het warmtevermogen en stand van de regelafsluiter ten behoeve van de regeling (constante versterkingsfactor);
- Voldoende ver kunnen terugregelen van het warmtevermogen tot $\Phi/\Phi_0 < 0,1$.

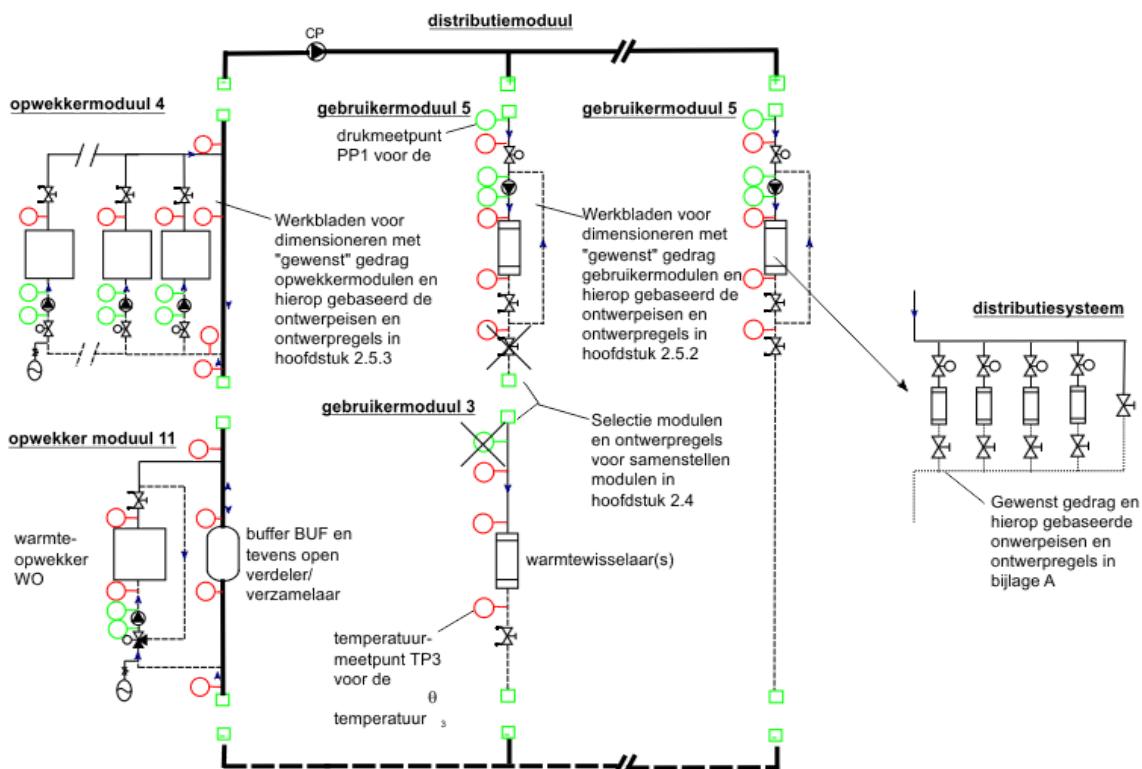
Dit gewenste gedrag wordt gerealiseerd mits men zich houdt aan de genoemde ontwerpeisen en ontwerpregels op de werkbladen.

De regels voor samenstellen van de modulen, de ontwerpeisen en ontwerpregels zijn gebaseerd op een groot aantal simulatieberekeningen [3, 4, 5] aangevuld en bevestigd met de door de jaren heen verkregen praktische kennis omtrent het ontwerp van hydraulische schakelingen.

De bijlagen geven specifieke informatie over apparaten en onderdelen van de hydraulische schakelingen, die van belang zijn bij het ontwerp. Tevens worden in de bijlagen rekenmethoden gegeven waarmee de ontwerper een hydraulische schakeling of onderdelen hiervan kan analyseren.

In figuur 1.1 is in hoofdlijnen het samenstellen van een hydraulische schakeling met modulen weergegeven met verwijzing naar de relevante hoofdstukken in deze publicatie.

In deze publicatie wordt niet ingegaan op de uitwerking van de regeling, wat na het samenstellen van de hydraulische schakeling en het dimensioneren van de componenten als de volgende stap bij de realisatie van een klimaatinstallatie kan worden beschouwd.



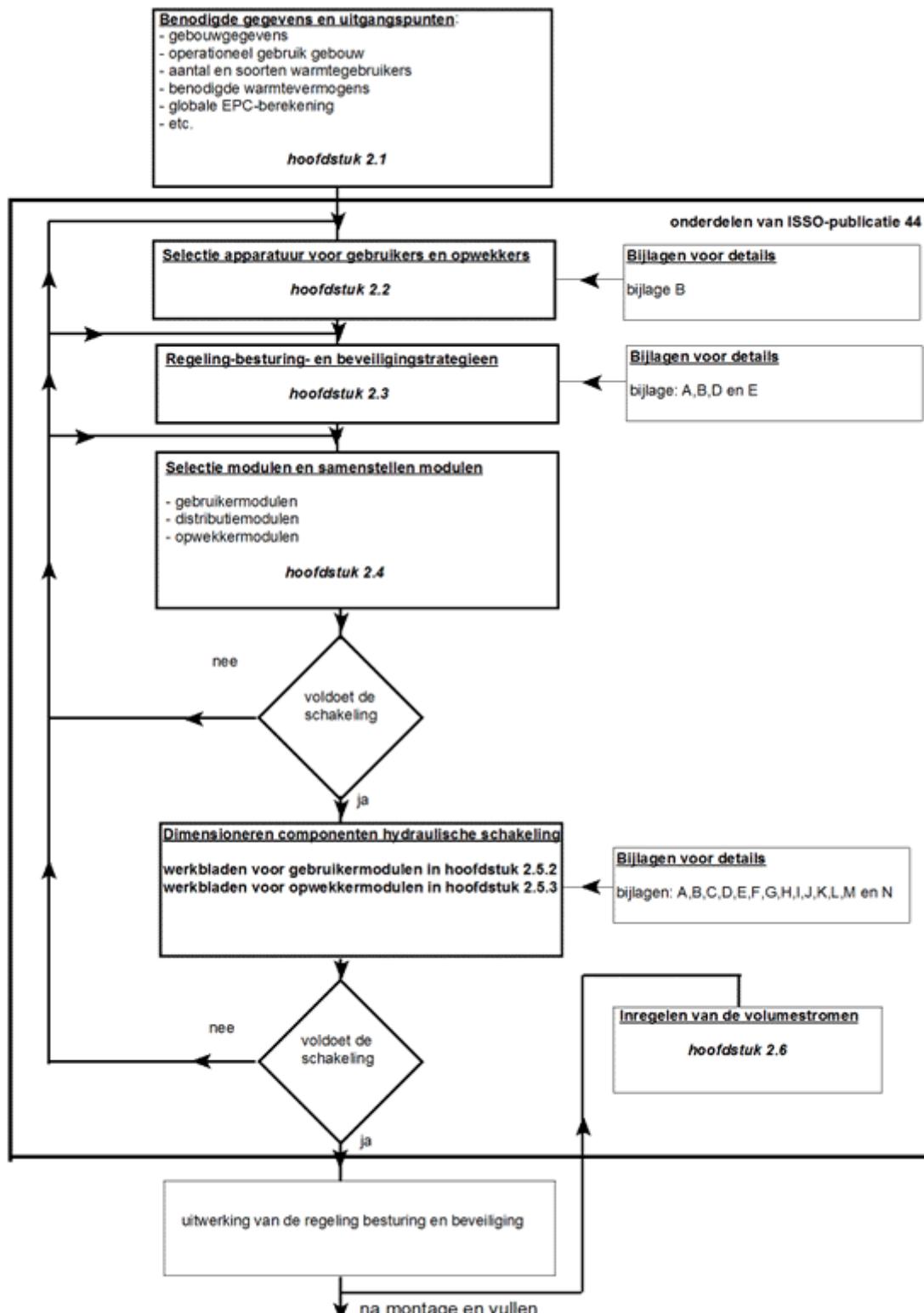
figuur 1.1: Hoofdlijnen van ISSO-publicatie 44; samenstellen van de hydraulische schakeling met modulen en daarna dimensioneren van de componenten in de modulen. In de figuur zijn ook enkele belangrijke begrippen gedefinieerd.

Figuur 1.1 Doel en middelen ISSO-publicatie 44 in hoofdlijnen visueel weergegeven

Figuur 1.1 definieert tevens een aantal belangrijke begrippen van deze publicatie. In hoofdstuk 7 is een volledig rekenvoorbeeld uitgewerkt waarmee snel duidelijk wordt hoe de ontwerpmethode functioneert.

1.2 WERKWIJZE EN TOEPASSINGSGEBIED

In figuur 1.2 is de werkwijze van ISSO-publicatie 44 weergegeven. Het toepassingsgebied van ISSO-publicatie 44 is in figuur 1.2 vet omkaderd.



Figuur 1.2 Stroomschema waarin in hoofdlijnen het ontwerp van hydraulische schakelingen is gegeven. De onderdelen binnen de dik omkaderde rand behoren tot het toepassingsgebied van deze ISO-publicatie 44

Toelichting bij figuur 1.2:

De bijlagen gaan in op ontwerpdetails die niet direct van belang zijn voor de hoofdlijnen van de ontwerpmethodiek. De niet in hoofdstuk 2 (ontwerp) genoemde bijlagen zijn ter informatie en hoeven niet per se te worden geraadpleegd. Bijzondere bijlagen zijn D en E, die de ontwerper de middelen bieden warmtegebruiker- en warmteopwekkermodulen te analyseren, om hiermee ontwerpbeslissingen te onderbouwen.

De selectie van apparatuur voor warmteopwekking en warmtegebruikers vindt plaats in hoofdstuk 2.2. In hoofdstuk 2.3 worden de verschillende regeling-, besturings- en beveiligingsstrategieën genoemd in relatie tot de modulen.

Het selecteren van de warmtegebruiker- en warmteopwekkermodulen in hoofdstuk 2.4 geschiedt met behulp van de reeds vastgestelde gegevens in de hoofdstukken 2.1, 2.2 en 2.3. Hiervoor zijn van de modulen de technische kenmerken (eigenschappen) gespecificeerd. De modulen die het best passen bij de bekende gegevens worden gekozen. Tijdens het selecteren dienen de hydraulische ontwerpregels voor samenstellen in de modulen in acht te worden genomen, die betrekking hebben op het soort modulen dat met elkaar mag worden gecombineerd. Met de modulen wordt de complete hydraulische schakeling samengesteld.

Het dimensioneren van de componenten in de modulen geschiedt met de gegevens in hoofdstuk 2.5. Voor elke moduul zijn 2 soorten werkbladen gerealiseerd:

- Werkblad(en) voor GEDRAG EN ONTWERPEISEN met:
 - Hydraulisch en thermisch gewenste gedrag grafisch weergegeven;
 - Functie inregelafsluiters;
 - Ontwerpeisen.
- Werkblad voor ONTWERPREGELS EN REGELING met:
 - Dimensioneren van regelafsluiters en pompen;
 - Regeling.

De informatie op deze werkbladen is alleen maar interessant als een bepaalde moduul is geselecteerd en de ontwerper concreet geïnteresseerd is in het gedrag, de ontwerpeisen en de ontwerpregels voor deze moduul.

In principe gaat het bij de werkbladen alleen om de volgende aspecten:

- Hydraulische ontwerpeisen;
- Dimensioneren van regelafsluiters en pompen.

De ontwerpeisen geven bijvoorbeeld aan hoe groot een autoriteit van een regelafsluiter moet zijn of onder welke voorwaarden een inregelafsluiter mag worden weggelaten. Met de regels voor dimensioneren wordt aangegeven op welke wijze de regelafsluiter en de pomp moeten worden gedimensioneerd.

Door uit te gaan van de ontwerpeisen en ontwerpregels wordt het gewenste gedrag in de hydraulische schakeling gerealiseerd.

Het hydraulisch en thermisch gedrag wordt mede bepaald door het type regeling dat is toegepast.

Daarom zijn er voor een moduul soms meerdere werkbladen ontwikkeld met een andere vorm van regeling. De ontwerpeisen en ontwerpregels op deze bladen verschillen weinig ten opzichte van elkaar. De voor- en nadelen van de regeling worden onder de kop 'regeling' in de werkbladen toegelicht. Voor de duidelijkheid wordt opgemerkt dat het uitwerken van regeling, besturing en beveiliging niet binnen het kader van deze publicatie valt. Dit betekent bijvoorbeeld dat in de grafieken met gedrag een eenduidig verband tussen k_v -waarde en stand van de spindel van een regelafsluiter wordt verondersteld. De eigenschappen van de servomotor die dit verband moet realiseren blijft buiten beschouwing. Evenzo komt de dynamica van het regelproces, waarin dode tijd en tijdconstante een rol spelen niet aan de orde. De gedachtengang is dat eerst de hydraulica op de juiste wijze dient te worden uitgewerkt alvorens met de uitwerking van de regeling kan worden aangevangen.

2 ONTWERP VAN HYDRAULISCHE SCHAKELINGEN VOOR VERWARMEN

2.1 MINIMAAL BENODIGDE GEGEVENS EN UITGANGSPUNten

Voordat met het ontwerp van de hydraulische schakeling kan worden aangevangen dienen op basis van het Programma van Eisen minimaal de volgende gegevens en uitgangspunten te worden/zijn vastgesteld. Let op dit overzicht geeft niet het verloop van een bouwproces weer.

Onderdeel	Benodigde gegevens en uitgangspunten	Te gebruiken ontwerpmethode of richtlijn
Gebouw	<ul style="list-style-type: none"> Vorm van het gebouw, verdeling van de vertrekken, verkeersruimten, kantine etc; Afmetingen; Gebouwfysische gegevens (U-waarden massa etc.); Open of gesloten gevels; Oriëntatie (i.v.m. zoneregeling); Locatie en afmetingen technische ruimte(n); Bouwkundige beperkingen en bijzonderheden in relatie tot plaatsen van apparatuur en leidingloop, bijvoorbeeld breedte ramen, hoogte borstwering, beschikbare ruimte boven verlaagd plafond, opdeelbaarheid van de vertrekken, ruimten zonder leidingen, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> ISSO-19 'Behaaglijkheid'; ISSO/SBR 1995 'Binnenmilieufactoren'; ISSO-37 'Energiewijzer'; ISSO-43 'Installatieconcepten'; ISSO-800 Sturingsinstrument GTO/EPC kantoorgebouwen.
Operationeel gebruik van het gebouw	<ul style="list-style-type: none"> Aantal personen; Bedrijfstijden; Verlichting; Machines. 	-
Installatieconcept	<ul style="list-style-type: none"> Eisen voor binnenklimaat; Mechanische ventilatie nodig? Koelen nodig? 	<ul style="list-style-type: none"> ISSO-19 'Behaaglijkheid'; ISSO/SBR 1995 'Binnenmilieufactoren'; ISSO-37 'Energiewijzer'; NEN 1087 'Ventilatie van gebouwen'; TO/GTO berekeningen.
Specifieke project-voorwaarden	<ul style="list-style-type: none"> Gebruik maken van restwarmte; Beperken uitstoot CO₂; Mogelijkheid tot uitbreiding installatie; Andere. 	
	Inventarisatie <ul style="list-style-type: none"> Verwarmen vertrekken ten behoeve van personen; Verwarmen vertrekken (handhaven minimale temperatuur); Centrale luchtverwarming als mechanische ventilatie wordt toegepast; Warmtapwater; Verwarmen water in andere circuits. 	
Warmtegebruikers	Ontwerpvermogens <ul style="list-style-type: none"> Verwarmen vertrekken; Tapwater; Luchtverwarming. 	<ul style="list-style-type: none"> NEN 5066/ISSO-4/ISSO-10/ISSO-29 'warmteverliesberekening'; ISSO-30 'tapwater' (woningen); Bijlage B van deze publicatie.

Energieprestatienormering	Keuzen naar aanleiding van globale EPC-berekening • Installatieconcept; • Opwekkingsprincipe; • Toerengeregelde pompen.	• NEN 2916; • ISSO-37 'energiewijzer'; • ISSO-43 'Installatieconcepten'.
	Concept • Ketel(s); • Stadsverwarming; • Warmtepomp(en); • Warmtekracht; • Combinaties.	ISSO-43 'Installatieconcepten'
Warmteopwekking	Ontwerpvermogens • Ketel(s); • Stadsverwarming; • Warmtepomp(en); • Warmtekracht; • Combinaties.	• ISSO-4, aanvulling 1994; • ISSO-38 'Warmtepompen'.
1e voorlopige keuze ontwerpaanvoer- en retourtemperatuur		

2.2 SELECTIE APPARATEN VOOR WARMTEGEBRUIKERS EN WARMTEOPWEKKING

Om belangrijke apparaten zoals warmtegebruikers en warmteopwekkers in een hydraulische schakeling te integreren zijn ontwerprichtlijnen en gegevens van de fabrikant/leverancier nodig. Ontwerprichtlijnen en de minimaal benodigde gegevens van de fabrikant/leverancier zijn in onderstaande tabellen voor de verschillende apparaten gespecificeerd.

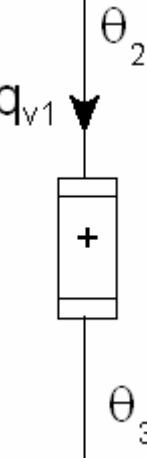
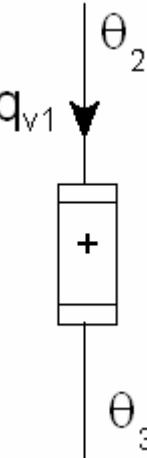
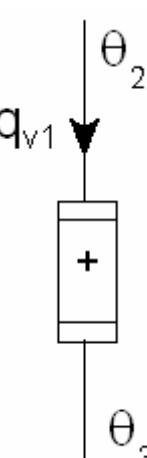
Het is mogelijk dat niet alle mogelijke apparaten in dit hoofdstuk worden genoemd. In dit geval geeft dit hoofdstuk voldoende informatie aan de ontwerper welke gegevens nodig zijn voor selectie.

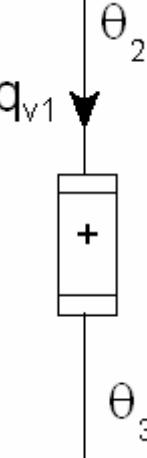
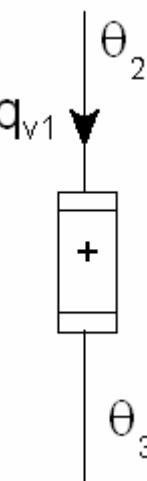
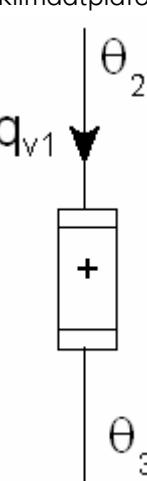
2.2.1 Apparaten voor warmtegebruikers

Voor warmtegebruikers worden de volgende soorten apparaten (warmtewisselaars) onderscheiden:

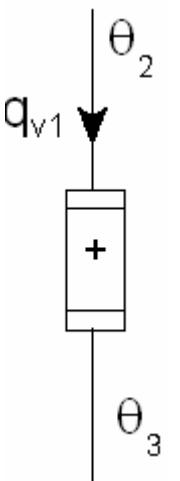
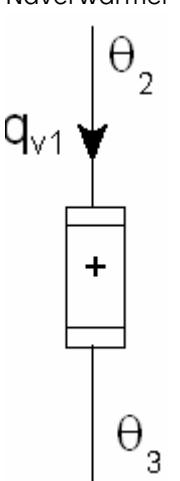
- Voor ruimteverwarming;
- Voor verwarmen van lucht;
- Voor verwarmen van tapwater;
- Warmtewisselaars (water/water).

Ruimteverwarming

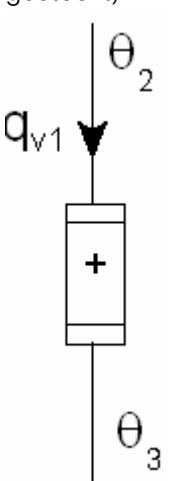
Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden fabrikant/leverancier
Radiator	 <ul style="list-style-type: none"> • Wand- en putopstelling; • Regeling vermogen d.m.v. θ_2 en/of q_{v1}, zie bijlage B; • $\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \leq 85 \text{ } ^\circ\text{C}$ $40 \text{ } ^\circ\text{C} \leq \left(\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \right) \leq 85 \text{ } ^\circ\text{C}$ • $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) \leq 20\text{K}$; • $q_{v1,min}$ deellast, zie bijlage B; • Correctie vermogen met behulp van ISSO-publicatie 1 bij niet genormeerde situaties. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermogenskarakteristiek volgens NEN 5066; • Percentage straling/convectie; • $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; • Maximaal toegelaten druk; • Inbouwvoorschriften.
Convector	 <ul style="list-style-type: none"> • Wand- en putopstelling; • Regeling vermogen d.m.v. θ_2 en/of q_{v1}, zie bijlage B; • $\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \leq 85 \text{ } ^\circ\text{C}$ $60 \text{ } ^\circ\text{C} \leq \left(\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \right) \leq 85 \text{ } ^\circ\text{C}$ • $q_{v1,min}$ deellast , zie bijlage B; • Correctie vermogen met behulp van ISSO-publicatie 1 bij niet genormeerde situaties. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermogenskarakteristiek volgens NEN 5066; • Percentage straling/convectie; • $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; • Maximaal toegelaten druk; • Inbouwvoorschriften.
Vloerverwarming	 <ul style="list-style-type: none"> • Regeling vermogen d.m.v. θ_2, zie bijlage B; • Volumestroomregeling aan-/ uitregeling. • $\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} < 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ $25 \text{ } ^\circ\text{C} < \left(\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \right) < 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ • $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) \leq 10\text{K}$; • $q_{v1} \approx \text{constant}$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermogenskarakteristiek; • $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; • Maximaal toegelaten druk; • Inbouwvoorschriften.
Stralingspaneel	<ul style="list-style-type: none"> • Plafondmontage; • Regeling vermogen d.m.v. θ_2, zie bijlage B; 	<ul style="list-style-type: none"> • Vermogenskarakteristiek; • Percentage straling/ convectie; • $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; • Maximaal toegelaten druk; • Inbouwvoorschriften.

	<ul style="list-style-type: none"> Lage ruimten $25^{\circ}\text{C} < \left(\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \right) < 50^{\circ}\text{C}$; Hoge ruimten $40^{\circ}\text{C} < \left(\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \right) < 85^{\circ}\text{C}$; $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) \leq 20\text{K}$; $q_{v1} \approx \text{constant}$. 	
Wandverwarming 	<ul style="list-style-type: none"> Regeling vermogen d.m.v. θ_2, zie bijlage B; Volumestroomregeling aan-/uitregeling; $25^{\circ}\text{C} < \left(\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \right) < 45^{\circ}\text{C}$ $q_{v1} \approx \text{constant}$. 	<ul style="list-style-type: none"> Vermogenskarakteristiek; $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; Maximaal toegelaten druk; Inbouwvoorschriften.
Klimaatplafond 	<ul style="list-style-type: none"> Regeling vermogen d.m.v. θ_2, zie bijlage B; $25^{\circ}\text{C} < \left(\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \right) < 50^{\circ}\text{C}$ $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) \leq 20\text{K}$; $q_{v1} \approx \text{constant}$. 	<ul style="list-style-type: none"> Vermogenskarakteristiek; $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; Maximaal toegelaten druk; Inbouwvoorschriften.

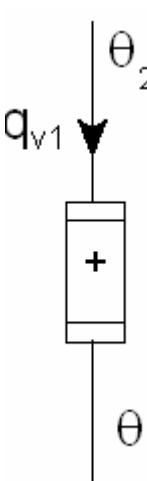
Verwarmen van lucht (water/lucht)

Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden fabrikant/leverancier
Voorverwarmer 	<ul style="list-style-type: none"> Regeling vermogen d.m.v. θ_2, zie bijlage B; $60 \text{ }^{\circ}\text{C} < \frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} < 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) \leq 20\text{K}$; $q_{v1} \approx \text{constant}$. 	<ul style="list-style-type: none"> Vermogenskarakteristiek; $\Delta p/q_v$-karakteristiek waterzijde; $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek luchtzijde; Maximale waterdruk.
Naverwarmer 	<ul style="list-style-type: none"> Regeling vermogen d.m.v. q_{v1}, zie bijlage B; $40 \text{ }^{\circ}\text{C} < \frac{\theta_{2,00} + \theta_{3,100}}{2} < 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 20\text{K}$; 	<ul style="list-style-type: none"> Vermogenskarakteristiek; $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek waterzijde; $\Delta p/q_v$-karakteristiek luchtzijde; Maximale waterdruk.

Verwarmen van tapwater

Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden fabrikant/leverancier
Boiler (indirect gestookt) 	<ul style="list-style-type: none"> Regeling vermogen d.m.v. q_{v1}, zie bijlage B; $40 \text{ }^{\circ}\text{C} < \frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} < 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 30\text{K}$; Minimale watertemperatuur aan tappunten $65 \text{ }^{\circ}\text{C}$; Voor bepalen toe te voeren vermogen en afkoelkarakteristiek, zie bijlage B. 	<ul style="list-style-type: none"> Vermogen- en opwarmkarakteristiek; $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; Maximale waterdruk.

Warmtewisselaars (water/water)

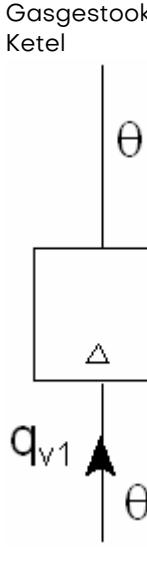
Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden fabrikant/leverancier
	<ul style="list-style-type: none"> Regeling vermogen d.m.v. θ_2 of q_{v1}, zie bijlage B; $\frac{\theta_{2,100} + \theta_{3,100}}{2} \leq 85^\circ\text{C}$ 40 °C $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 20\text{K};$ 	<ul style="list-style-type: none"> Vermogenskarakteristiek; $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; Maximale waterdruk.

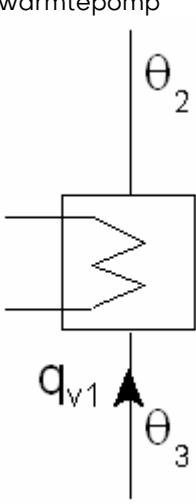
2.2.2 Apparaten voor warmteopwekkers

Voor warmteopwekkers worden de volgende apparaten onderscheiden:

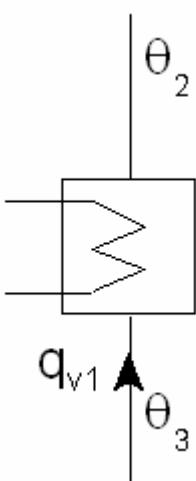
- Ketels;
- Warmtepompen;
- Warmtekrachtinstallatie;
- Stadsverwarming;
- Warmtewisselaars (water/water).

Ketels

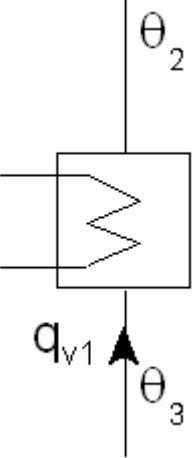
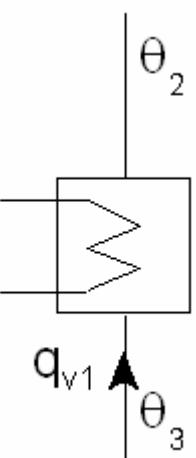
Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden fabrikant/leverancier
	<ul style="list-style-type: none"> $\theta_{2,100} \leq 90^\circ\text{C};$ $q_{v1} = \text{constant};$ $\theta_2 \approx \text{constant}$ of afhankelijk van bijvoorbeeld de buitentemperatuur (stooklijn); Regeling vermogen: <ul style="list-style-type: none"> Aan/uit; Hoog/laag/uit; Modulerend. Bij hogrendement ketel een lage retourtemperatuur θ_3 realiseren, zie hiervoor de technische kenmerken van warmtegebruikermodulen en warmteopwekkermodulen tijdens de selectie en het samenstellen van modulen in hoofdstuk 2.4. 	<ul style="list-style-type: none"> Aansluitwaarde; $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; Regeling, besturing, beveiliging: <ul style="list-style-type: none"> Regeling vermogen; Terugregelen vermogen tot xx % van $\Phi_{0,100}$; θ_2 is: <ul style="list-style-type: none"> Constant (ingestelde waarde); Afhankelijk van bijvoorbeeld buitenluchtttemperatuur. θ_2 maximaal; θ_3 minimaal; θ_3 maximaal; $q_{v1} = \text{constant}$ of variabel; $q_{v1} - \text{minimaal}.$ <p>Houd er rekening mee dat de regeling, besturing en beveiliging van de ketel autonoom zijn en niet gewijzigd kunnen worden.</p>

Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden fabrikant/leverancier
Condensor warmtepomp 	<ul style="list-style-type: none"> • $\theta_{2,100} \leq 60^\circ\text{C}$; • $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 20\text{K}$; • $\theta_3 < \theta_{3,100}$; • Een lage retourtemperatuur θ_3 realiseren in verband met hoge COP-waarde, zie hiervoor de technische kenmerken van warmtegebruikermodulen en warmteopwekkermodulen tijdens de selectie en het samenstellen van modulen in hoofdstuk 2.4; • Vermogen niet te groot kiezen, zie ISSO-publicatie 38 [8]; • Voldoende aandacht besteden aan vermogensregeling. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aansluitwaarde; • $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; • Regeling, besturing, beveiliging: <ul style="list-style-type: none"> • Regeling vermogen; • Terugregelen vermogen tot xx % van $\Phi_{0,100}$; • θ_2 is: <ul style="list-style-type: none"> • Constant (ingestelde waarde); • Afhankelijk van bijvoorbeeld buitenluchttemperatuur. • θ_2 maximaal; • θ_3 minimaal; • θ_3 maximaal; • $q_{v1} = \text{constant of variabel}$; • $q_{v1} = \text{minimaal}$. <p>Houd er rekening mee dat de regeling, besturing en beveiliging van de warmtepomp autonoom zijn en niet gewijzigd kunnen worden.</p>

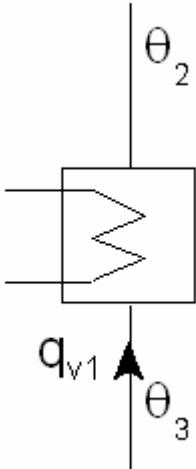
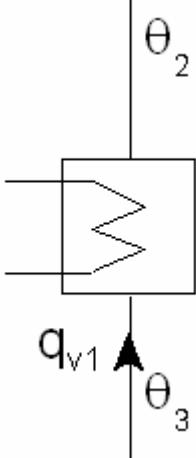
Warmtekrachtinstallatie

Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden fabrikant/leverancier
Motorkoeler 	<ul style="list-style-type: none"> • Afhankelijk van type motor (vrij aanzuigend of met drukvulling); • $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 20\text{K}$; • $q_{v1} = \text{constant}$; • Steeds een duidelijke scheidingslijn vaststellen waarbinnen de verantwoordelijkheden van de motorleverancier en installatieontwerper zijn vastgesteld. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aansluitwaarde thermisch vermogen; • $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; • Regeling, besturing, beveiliging: <ul style="list-style-type: none"> • Regeling vermogen; • Terugregelen vermogen tot xx % van $\theta_{0,100}$; • θ_2 is: <ul style="list-style-type: none"> • Constant (ingestelde waarde); • Afhankelijk van bijvoorbeeld buitenluchttemperatuur. • θ_2 maximaal; • θ_3 minimaal; • θ_3 maximaal; • $q_{v1} = \text{constant of variabel}$; • $q_{v1} = \text{minimaal}$. <p>Houd er rekening mee dat de regeling, besturing en beveiliging van de warmtekrachtinstallatie autonoom zijn en niet gewijzigd kunnen worden.</p>

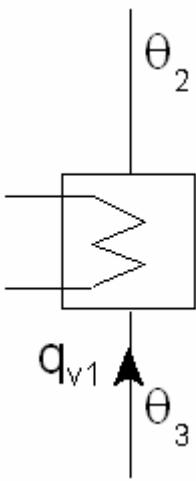
Warmtekrachtinstallatie (vervolg)

Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden nutsbedrijf
Smeeroliekoeler 	<ul style="list-style-type: none"> • $\theta_2 \leq 50^\circ\text{C}$; • $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 20\text{ K}$; • $q_{v1} = \text{constant}$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aansluitwaarde thermisch vermogen; • $\Delta p/q_{v1}$-karakteristiek; • Regeling, besturing, beveiliging: • Regeling vermogen; • Terugregelen vermogen tot xx % van $\Phi_{0,100}$; • θ_2 is: <ul style="list-style-type: none"> • Constant (ingestelde waarde); • Afhankelijk van bijvoorbeeld buitenluchttemperatuur
Rookgaskoeler 	<ul style="list-style-type: none"> • $\theta_2 \leq 70^\circ\text{C}$; • $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 20\text{ K}$; • $q_{v1} = \text{constant}$. 	<ul style="list-style-type: none"> • θ_2 maximaal; • θ_3 minimaal; • θ_3 maximaal; • $q_{v1} = \text{constant of variabel}$; • $q_{v1} = \text{minimaal}$. <p>Houd er rekening mee dat de regeling, besturing en beveiliging van de warmtekrachtinstallatie autonoom zijn en niet gewijzigd kunnen worden.</p>

Stadsverwarming

Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden nutsbedrijf
Afleveringsstation indirecte aansluiting op gebouwinstallatie, bijvoorbeeld bij hoge gebouwen > 30 m	 <ul style="list-style-type: none"> • $\theta_2 \leq 90^\circ\text{C}$; • $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 20\text{K}$; • $\theta_3 \leq 60^\circ\text{C}$ of andere waarde volgens opgave nutsbedrijf – voor lage retourwatertemperatuur θ_3, zie technische kenmerken warmtegebruikermodulen tijdens de selectie van de warmtegebruikermodulen in hoofdstuk 2.4; • Houd rekening met de autonome regeling, besturing en beveiliging van het afleveringsstation; • Scheiding c.v. en tapwater is soms nodig als θ_2 lager wordt dan 70°C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aansluitwaarde uitgedrukt in vollastwaarde voor θ_2, θ_3 en q_v1 (maximale waarden); • θ_2 weersafhankelijk voorgeregeerd $\theta_2 = f(\theta_b)$; • Maximale begrenzing voor θ_3 bijvoorbeeld $< 40^\circ\text{C}$; • $\Delta p/q_v$-karakteristiek warmtewisselaar; • begrenzing q_v1 op minimale en/of maximale waarde. <p>Houd er rekening mee dat de regeling, besturing en beveiliging links van de leveringsgrens autonoom zijn en niet gewijzigd kunnen worden.</p>
Afleveringsstation Directe aansluiting op gebouwinstallatie	 <ul style="list-style-type: none"> • $\theta_2 \leq 90^\circ\text{C}$; • $\theta_{2,100} - \theta_{3,100} \leq 30\text{K}$; • $\theta_3 \leq 60^\circ\text{C}$ of andere waarde volgens opgave nutsbedrijf; • Geleverde statische druk in de aanvoer? • Voor lage retourwatertemperatuur θ_3, zie technische kenmerken warmtegebruikermodulen in hoofdstuk 2.4; • Houd rekening met de autonome regeling, besturing en beveiliging van het afleveringsstation; • Scheiding c.v. en tapwater is soms mogelijk. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aansluitwaarde uitgedrukt in vollastwaarde voor θ_1, θ_4 en q_v1 (maximale waarden); • θ_1 weersafhankelijk voorgeregeerd $\theta_1 = f(\theta_b)$; • Leveringsdruk Δp_o; • Begrenzing retourdruk op $p_{s,min}$; • Begrenzing q_v1 op minimale waarde; • Begrenzingen statische druk p_s in de aanvoer (drukregeling); • Geen expansievoorziening in de gebouwinstallatie; • Begrenzing minimale retourtemperatuur θ_4. <p>Houd er rekening mee dat de regeling, besturing en beveiliging links van de leveringsgrens autonoom zijn en niet gewijzigd kunnen worden.</p>

Warmtewisselaar water/water

Apparaat	Ontwerprichtlijnen	Producteigenschappen en voorwaarden fabrikant/leverancier
	<ul style="list-style-type: none"> • $\theta_2 \leq 90^\circ\text{C}$; • $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) \leq 20\text{K}$; • $\theta_3 \leq 80^\circ\text{C}$. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aansluitwaarde; • $\Delta p/q_v$-karakteristiek; • Regeling, besturing, beveiliging: <ul style="list-style-type: none"> • Regeling vermogen; • Terugregelen vermogen tot xx % van $\Phi_{0,100}$; • θ_2 is; <ul style="list-style-type: none"> • Constant (ingestelde waarde); • Afhankelijk van bijvoorbeeld buitenluchttemperatuur. • θ_2 maximaal; • θ_3 minimaal; • θ_3 maximaal; • $q_v = \text{constant or variabel}$; • $q_v = \text{minimaal}$.

2.3 REGELING BESTURINGS- EN BEVEILIGINGSSTRATEGIEËN

In dit hoofdstuk worden alleen de aspecten van regeling, besturing en beveiliging behandeld die betrekking hebben op de keuze van de modulen in hoofdstuk 2.4. Bij de selectie van de apparatuur in hoofdstuk 2.2 is bij de ontwerprichtlijnen reeds aangegeven op welke wijze het vermogen van de warmtegebruikers wordt geregeld door middel van θ_2 of q_v . De aspecten voor regeling, besturen en beveiligen worden behandeld voor:

- Warmtegebruikers in tabel 2.3.1;
- Distributie in tabel 2.3.2;
- Warmteopwekkers in tabel 2.3.3.

Tabel 2.3.1 Aandachtspunten regeling-, besturings- en beveiligingsstrategieën bij warmtegebruikers

Warmtegebruikers	Methode	Type gebruikermoduul	Opmerkingen betreffende het hydraulisch ontwerp
Regeling vermogen	d.m.v. aanvoertemperatuur θ_2	mengschakeling	Ook mogelijk centrale aanvoertemperatuurregeling θ_1 m.b.v. de opwekker(s), eventueel in combinatie met de genoemde gebruikermodulen
	d.m.v. volumestroom q_{v1}	smoor- of verdeelschakeling	
	d.m.v. θ_2 en q_{v1}	Mengschakeling met naregeling bij de individuele gebruikers	
In en uit bedrijf nemen ten gevolge van bedrijfsvoering: • Dag,- nacht of weekendbedrijf; • Gevraagd vermogen.	• In en uit bedrijf nemen van strangen in een moduul, waarop de gebruiker(s) zijn aangesloten; • In en uit bedrijf nemen van een warmtegebruikermoduul.		Let bij het aan- of uitschakelen van pompen en/ of het openen/sluiten van afsluiters op de hydraulische consequenties (druk, volumestroom en temperatuur) voor de moduul en de rest van de hydraulische schakeling.
Beveiligen tegen minimale en maximale waarden	temperatuur volumestroom	Houd bij de selectie van de modulen tevens rekening met de eigenschappen van deze modulen betreffende volumestromen en temperaturen bij vollast en deellast	• Voorkom 'dood' water, volumestroom = 0, d.m.v. doorstroomleidingen; • Let op hydraulische consequenties voor de schakeling bij ingrijpen van de beveiliging.
Energiegebruik	Vermindering energiegebruik d.m.v. selectie bepaald opwekkingsprincipe D.m.v. toerengeregelde pompen verminderen van het energiegebruik	Let op de voor de opwekker gunstige eigenschappen van de gebruikermodulen zoals dalende retourtemperatuur θ_4 bij deellast Alleen mogelijk met modulen met naregeling met 2-weg regelafsluiters, dus een variabele volumestroom q_{v1} in het distributiesysteem	Toerengeregelde pompen dienen in eerste instantie voor handhaving van een constant drukverschil over een groep warmtewisselaars

Tabel 2.3.2. Aandachtspunten regeling-, besturings- en beveiligingsstrategieën bij distributiemodulen en distributiesystemen.

Distributie	Methode	Type distributie	Opmerkingen betreffende het hydraulisch ontwerp
Regeling drukverschillen, zie bijlage K	smoren verdelen toerengeregelde pomp	-	<ul style="list-style-type: none"> Toepassen afhankelijk van de eisen die worden gesteld aan het aansluitdrukverschil over de gebruikermodulen, zie werkbladen; Plaats drukopnemers afwegen t.o.v. gestelde eisen en functioneren van de installatie bij deellast, zie bijlage K; Verdelen leidt tot verhoging van de retourtemperatuur.
In en uit bedrijf nemen ten gevolge van bedrijfsvoering	-	-	Zie gebruiker- en opwekkermodulen, tabel 2.3.1 en 2.3.3
Beveiliging tegen minimale en maximale waarden	Statische drukregelaar of expansievat	-	Voor plaats statische drukregelaar of expansievat(en), zie bijlage L
Energiegebruik	Vermindering transportvermogen door middel van toerengeregelde pompen	<ul style="list-style-type: none"> In de distributiemodul waarvan de volumestroom q_{v5} variabel is; In distributiesystemen modulen waar naregeling met 2-weg regelafsluiters wordt toegepast, zodat q_{v1} variabel is. 	Let er hierbij op dat een minimale volumestroom t.b.v. apparaateisen en/of regelbaarheid gewaarborgd is

Tabel 2.3.3 Aandachtspunten regeling-, besturings- en beveiligingsstrategieën bij warmteopwekkers

Warmteopwekkers	Methode	Type opwekkermoduul	Opmerkingen betreffende het hydraulisch ontwerp
Regeling vermogen	Opwekker aan/uit, hoog/laag/uit, modulerend	-	
	Aan-/uitschakelen van parallel geschakeld opwekkers in een opwekkermoduul	Bij voorkeur modulen hanteren waarbij iedere opwekker een pomp heeft	Let bij het aan-/ uitschakelen op het gedrag (volumestromen, druk en temperatuur) van de schakeling, zie technische eigenschappen modulen in hoofdstuk 2.5.3. en hulpmiddelen bij analyse bijlagen A, D, E en F
	Aan-/uitschakelen seriegeschakelde opwekkermodulen	Gebruik alleen modulen waarmee serieschakeling mogelijk is, zie hoofdstuk 2.4	Zie voor hulpmiddel bij analyse bijlage E
in en uit bedrijf nemen ten gevolge van bedrijfsvoering • Dag-, nacht- en weekendbedrijf; • Commandowisseling.			Let bij het in of uit bedrijf nemen van opwekkers of opwekkermodulen op de consequenties voor de drukken, volumestromen en temperaturen in de hydraulische schakeling, zie voor hulpmiddelen bij analyse bijlagen A, D, E en F
Beveiliging tegen minimale en maximale waarden	retourtemperatuur θ_3	<ul style="list-style-type: none"> Warmtegebruikermodulen met smoorregeling of mengregeling overwegen als een lage retourtemperatuur θ_4 gewenst is; Opwekkermodulen met open verdeler/verzamelaar toepassen als een minimale retourtemperatuur θ_3 voor de opwekker geëist wordt. 	
	volumestroom q_{v1}	<ul style="list-style-type: none"> Opwekkermodulen met open verdeler/verzamelaar hebben in principe een constante volumestroom door de opwekker(s); Opwekkermodulen met gesloten verdeler/verzamelaar is q_{v1} afhankelijk van de som van de q_{v1}'s gebruikermodulen 	<ul style="list-style-type: none"> Let op de volumestroom q_{v5} van de gebruikermodulen, zie hoofdstuk 2.5; Doorstroomleiding parallel aan de gebruikermodulen schakelen;

			<ul style="list-style-type: none"> Let op het effect van afschakelen van parallel geschakelde opwekkers, zie hier voor eigenschappen modulen hoofdstuk 2.5.3 en bijlagen A en E.
	statische druk		Plaats statische druk regelaar, expansievat, zie bijlagen K en L
Energiegebruik	Opwekkers met een lang rendement lang in bedrijf houden	Serieschakelen van opwekkermodulen of parallelschakelen van opwekkers	Zie werkbladen hoofdstuk 2.5.3 en voor verdere analyse bijlage E

2.4 SAMENSTELLEN HYDRAULISCHE SCHAKELING MET MODULEN

2.4.1 Werkwijze

Het samenstellen van de hydraulische schakeling geschieft op basis van de gegevens uit de hoofdstukken:

2.1	Benodigde gegevens en uitgangspunten
2.2	Selectie apparatuur voor warmtegebruikers en warmteopwekking
2.3	Regeling besturings- en beveiligingsstrategieën

En met de in hoofdstuk 2.4.2 gegeven overzichten van:

- Warmtegebruikermodulen (blz. 33);
- Distributiemodulen (blz. 34);
- Opwekkermodulen (blz. 35, 36, 37).

Bij deze modulen is aangegeven:

- Toepassingsgebied;
- Regels voor het samenstellen van modulen (passief, actief);
- Relevante technische kenmerken.

1 Het samenstellen van de modulen bestaat uit drie stappen:
Selecteer eerst toepassingsgebied voor parallelschakeling van de warmtegebruikermodulen alleen passieve of actieve modulen en maak hierbij gebruik van de aanwijzingen en technische kenmerken op het blad gebruikermodulen;

2. Selecteer een distributiemodul en volg de aanwijzingen op het blad distributiemodulen;
3. Selecteer een opwekkermodul en volg de aanwijzingen en technische kenmerken op de 3 bladen voor opwekkermodulen.

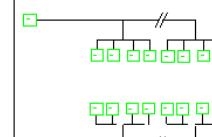
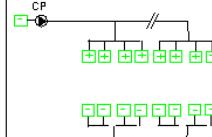
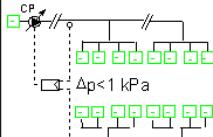
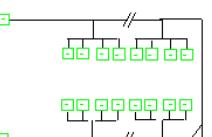
Nadat de hydraulische schakeling is samengesteld met de modulen volgt het dimensioneren van de hydraulische schakeling in hoofdstuk 2.5.

2.4.2 Overzicht gebruikermodulen, distributiemodulen en opwekkermodulen

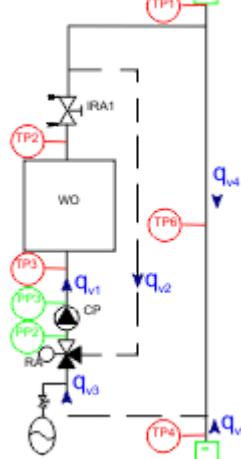
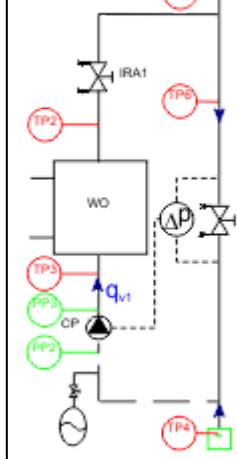
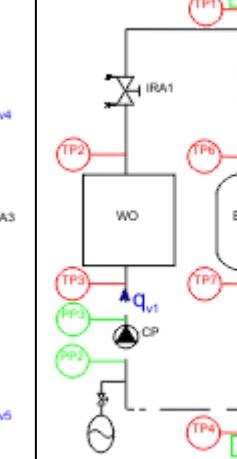
Overzicht Warmtegebruikermodulen	Moduul 1 blz. 32	Moduul 2 blz. 35	Moduul 3 blz. 40	Moduul 4 blz. 42	Moduul 5 blz. 45
Overzicht mogelijke toepassingen					
a. Radiator- of convectorverwarming (nv) b. Vloerverwarming (nv) c. Stralingspanelen (nv) d. Wandverwarming (nv) e. Klimaatplafond (nv) f. Beperkt aantal warmtewisselaars (nv; vv) g. Voorverwarmer l.b. installatie (vv) h. Voorverwarmer l.b. installatie met WTW (vv) i. Naverwarmer(s) l.b. installatie (nv) j. Boiler t.b.v. tapwater k. Warmtewisselaar water/water (nv; vv) (nv = naverwarmer) (vv = voorverwarmer)					
Toepassing en regels voor schakelen modulen					
aanwijzing voor toepassing	a,c,e,g	a,b,c,d,e,g,i	a,k	h,i,j,k	a,b,c,d,e,g
parallel schakeling modulen: selecteer alleen passieve (P) of actieve (A) modulen *	P	P	P	P	P
serie schakeling mogelijk met modulen**)	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	3
Technische kenmerken modulen					
type moduul (smoren, verdelen en mengen)	verdeel en meng	verdeel en meng	n.t.v.	verdeel	meng
regeling vermogen warmtegebruikers met	θ ₂	θ ₂	θ ₂	θ _{v1}	θ ₂
naregeling met regelaarsluiters mogelijk	ja	ja	ja	nee	ja
vaste voormenging mogelijk θ ₂ < θ ₁ bij vollast	nee	ja	nee	nee	ja
volumestroom q _{v5} ***)	constant	constant	constant	constant	variabel
retourtemperatuur θ ₄ moduul bij deellast	stijgt	stijgt	daalt als θ ₂ daalt	stijgt	daalt
*)	• een (P)assieve moduul kan (A)ctief worden gemaakt door een pomp in de buis met volumestroom q _{v5} op te zetten. • meerdere (P)assieve modulen in serie of parallel kunnen (A)ctief worden gemaakt door een pomp in de gehele combinatie.				
**) de combinatie serieschakeling (P)assief + (P)assief = (P)assief en de combinatie serieschakeling (A)ctief + (P)assief = (A)ctief					

**)

als q_{v5} = constant grote afstand tussen gebruikermoduul en opwekkermoduul mogelijk (geen drukvariatie). Nu wel ee

DISTRIBUTIEMODULEN					ISSO - publicatie 44
uitgaande van de geselecteerde warmtegebruikermodulen die allen actief (A) of passief (P) moeten zijn volg 1 of 2.	Passief (P)	Actief (A)	Passief door regeling (P)	Neutraal (N)	
1. selecteer een distributiemoduul, hieruit volgt of de opwekkermoduul (A)ctief of (P)assief moet zijn, onderste regel tabel 2. selecteer een opwekkermoduul, hieruit volgt welke distributiemoduul (A)ctief, (P)assief of (N)eutraal moet worden gekozen					
Samenstellingsregels parallel schakelen modulen	(A)ctief	(P)assief	(P)assief	(A)ctief	(A)ctief
geselecteerde warmtegebruikermodulen					
te selecteren warmteopwekkermoduul	(P)assief	(A)ctief	(P)assief	(P)assief	(A)ctief
juiste combinatie modulen opwekker+distributie+gebruikers	P+P+A,A,...A	A+P+P,P,...P	P+A+P,P,...P	P+P+A,A,...A	A+N+A,A,...A

Overzicht warmteopwekkermodulen blad 1 van 3	Modul 1 bladzijde 59	Modul 2 bladzijde 61	Modul 3 *) bladzijde 63	Modul 4 *) bladzijde 65
Overzicht mogelijke toepassingen				
Toepassing en regels voor schakelen modulen				
aanwijzing voor toepassing	a,c	a	a,b,d	a,b,d
selecteer alleen passieve (P) of actieve (A) modulen volgens de richtlijn bij het blad distributiemodulen	P	(P)assief CP = uit (A)ctief CP = aan	P	P
serieschakeling mogelijk met modulen	geen	geen	3,4,5,6,8,9,10,11	3,4,5,6,8,9,10,11
Technische kenmerken				
volumestroom q_{v1} door opwekker(s)	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen	constant	constant
hydraulisch beveiligd tegen lage retourtemperatuur θ_3	nee	ja	nee **)	nee **)
retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s) bij deellast	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen	stijgt **)	stijgt **)
hydraulische regeling aanvoertemperatuur θ_1 mogelijk	nee	nee	nee	nee
volumestroom q_{v5}	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen	variabel	variabel
*)	<ul style="list-style-type: none"> parallel schakelen van opwekkers met of zonder pomp in de moduul kan worden uitgebreid tot meer dan "distributiesystemen" serieschakeling van condensor en/of warmtewisselaar in een tak van de moduul, zonder toevoeging van mogelijk 			
**) *	<ul style="list-style-type: none"> θ_3 stijgt ten gevolge van open verdeler/verzamelaar lagere temperatuur θ_3 mogelijk door stromingsrichting q_{v4} te veranderen (vollast instelling) of volumestroom verminderen, zie werkbladen hoofdstuk 2.5.3 			

Overzicht warmteopwekkermodulen blad 2 van 3	Modul 6 *) bladzijde 71	Modul 7 *) bladzijde 74	Modul 8 *) bladzijde 76	Modul 9 *) bladzijde 78
Overzicht mogelijke toepassingen	a. warmwaterketel b. condensor warmtepomp c. warmtewisselaar stadsverwarming d. warmtewisselaar warmtekracht e. warmtewisselaar (water/water)			
Toepassing en regels voor schakelen modulen		$\Delta p = \text{klein}$		
aanwijzing voor toepassing	a,b,d	a,e	a,b,d	a,b,d
selecteer alleen passieve (P) of actieve (A) modulen volgens de richtlijn bij het blad distributiemodulen	P	P	P	P
serieschakeling mogelijk met modulen	3,4,5,6,8,910,11	geen	3,4,5,6,8,910,11	3,4,5,6,8,910,11
Technische kenmerken				
volumestroom q_{v1} door opwekker(s)	constant	variabel	constant	constant
hydraulisch beveiligd tegen lage retourtemperatuur θ_3	ja/nee **)	nee	nee	nee
retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s) bij deellast	stijgt	daalt (q_{v4} laag door CP)	daalt (als buffer ontladt)	daalt (als buffer ontladt)
hydraulische regeling aanvoertemperatuur θ_1 mogelijk	ja/nee ***)	nee	nee	ja
volumestroom q_{v5}	variabel	variabel	variabel	variabel
*) • parallel schakelen van opwekkers, met pomp CP en RA, in de modul kan worden uitgebreid tot meer dan 2 opwekkers • serieschakeling van condensor en/of warmtewisselaar in een tak van de modul, zonder toevoeging van extra componenten.				
**) • ja als RA wordt ingezet voor beveiliging van θ_3 ; nee als RA wordt ingezet voor regeling van θ_1				
***) • ja als RA wordt ingezet voor regeling van θ_1 ; nee als RA wordt ingezet voor beveiliging van θ_3				

Overzicht warmteopwekkermodulen blad 3 van 3	Modul 11 *) bladzijde 82	Modul 12 *) bladzijde 84	Modul 13 *) bladzijde 86	Modul 14 *) bladzijde 89
Overzicht mogelijke toepassingen				
Toepassing en regels voor schakelen modulen				
aanwijzing voor toepassing	a,b,d	a,c,e	a,c,e	a,c,e
selecteer alleen passieve (P) of actieve (A) modulen volgens de richtlijn bij het blad distributiemodulen	P	A	A	A
serieschakeling mogelijk met modulen	3,4,5,6,8,9,10,11	geen	geen	geen
Technische kenmerken				
volumestroom q_{v1} door opwekker(s)	constant	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen
hydraulisch beveiligd tegen lage retourtemperatuur θ_3	ja	nee	nee	nee
retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s) bij deellast	daalt (als buffer ontladt)	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen
hydraulische regeling aanvoertemperatuur θ_1 mogelijk	nee	nee	nee	nee
volumestroom q_{v5}	variabel	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen	afhankelijk van gebruikermodulen
*)	<ul style="list-style-type: none"> parallel schakelen van opwekkers, met pomp CP en RA, in de modul kan worden uitgebreid tot meer dan "distributiesystemen" serieschakeling van condensor en/of warmtewisselaar in een tak van de modul, zonder toevoeging van extra componenten 			
**)	<ul style="list-style-type: none"> als Δp_a onvoldoende groot is, pomp projecteren in buis 5 			

2.5 DIMENSIONEREN HYDRAULISCHE SCHAKELING

2.5.1 Werkwijze

In hoofdstuk 2.5.2 en 2.5.3 zijn voor de warmtegebruikermodulen en warmteopwekkermodulen werkbladen gereserveerd. Op deze werkbladen staan de ontwerpeisen en ontwerpregels vermeld voor selectie en dimensionering van de componenten waaruit de modulen zijn opgebouwd zoals pompen en regelafsluiters. Volg de gegevens op de werkbladen van de modulen, waarmee de hydraulische schakeling is samengesteld.

2.5.2 Werkbladen voor warmtegebruikermodulen

- Gebruikermodul 1, verdeel- en mengschakeling; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen naverwarmer(s);
 - Gedrag en ontwerpeisen voorverwarmer(s);
 - Dimensioneren en regeling.
- Gebruikermodul 2, verdeel- en mengschakeling; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen naverwarmer(s):
 - Zonder vaste voormenging $\alpha = 1$;
 - Met vaste voormenging $\alpha = 0,67$;
 - Met vaste voormenging $\alpha = 0,33$.
 - Gedrag en ontwerpeisen voorverwarmer(s);
 - Dimensioneren en regeling.
- Gebruikermodul 3; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen naverwarmer(s);
 - Dimensioneren en regeling.
- Gebruikermodul 4, verdeelschakeling; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen naverwarmer(s);
 - Gedrag en ontwerpeisen voorverwarmer(s);
 - Dimensioneren en regeling.
- Gebruikermodul 5, mengschakeling; passief:
 - Gebruikermodul 5, mengschakeling; passief:
 - Zonder vaste voormenging $\alpha = 1$;
 - Met vaste voormenging $\alpha = 0,67$;
 - Met vaste voormenging $\alpha = 0,33$.
 - Gedrag en ontwerpeisen voorverwarmer(s);
 - Dimensioneren en regeling.
- Gebruikermodul 6, smoorschakeling; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen naverwarmer(s);
 - Gedrag en ontwerpeisen voorverwarmer(s);
 - Dimensioneren en regeling.
- Gebruikermodul 7, mengschakeling; actief:
 - Gedrag en ontwerpeisen naverwarmer(s);
 - Gedrag en ontwerpeisen voorverwarmer(s);
 - Dimensioneren en regeling.
- Gebruikermodul 8, mengschakeling; actief:
 - Gedrag en ontwerpeisen naverwarmer(s):
 - Met vaste voormenging $\alpha = 0,67$.
 - Dimensioneren en regeling.

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 1: GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 2)		Regeling: - naverwarmers $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta_i = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul (verdeel - en mengschakeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
		zonder naregeling 	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)		2-weg naregeling met toerenregeling	
<ul style="list-style-type: none"> - vullast watertemperatuur $\theta_{1,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - intrude luchttemperatuur $\theta_{ref} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ (uitrede onder vullast = 40°C) 		3-weg naregeling (of 1-pijpsysteem) 	
Functie inregelafluiters voor de vollastsituatie			
<ul style="list-style-type: none"> - instellen vullast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1 - instellen vullast volumestroom $q_{V1,100} = q_{V4,100}$ met IRA5 			
Hydraulische ontwerpeisen			
<ul style="list-style-type: none"> - aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ bij voorkeur constant houden - $\Delta p_{2,p} < 1\text{kPa}$, dus korte buis en/of grote diameter (= normale praktijk) - $\Delta p_{4,p} < 1\text{kPa}$, dus korte buis en/of grote diameter (= normale praktijk) - $\Delta p_{3,100} \sim 3 \cdot \Delta p_{4,p}$. In verband met voldoende drukverschil over RA - RA=equiprocentueel en complementair met $30 < SVO < 60$ - $A > 0,5$ 			
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 1: GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 2)		Regeling: - voorverwarmers $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta_i = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul (verdeel - en mengschakeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
		zonder naregeling 	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ
Uitgangspunten bij de grafieken (vullast = index 100 en nullast = index 0)		zonder naregeling 	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ
Functie inregelafluiters voor de vollastsituatie			
<ul style="list-style-type: none"> - instellen vullast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1 - instellen vullast volumestroom $q_{V1,100} = q_{V4,100}$ met IRA5 			
Hydraulische ontwerpeisen			
<ul style="list-style-type: none"> - aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ bij voorkeur constant houden - $\Delta p_{2,p} < 1\text{kPa}$, dus korte buis en/of grote diameter (= normale praktijk) - $\Delta p_{4,p} < 1\text{kPa}$, dus korte buis en/of grote diameter (= normale praktijk) - $\Delta p_{3,100} \sim 3 \cdot \Delta p_{4,p}$. In verband met voldoende drukverschil over RA - RA=equiprocentueel en complementair met $30 < SVO < 60$ - $A > 0,5$ 		-zonder naregeling 	-gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ

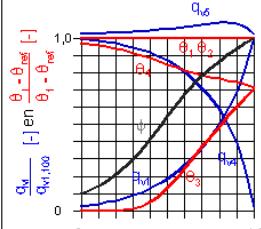
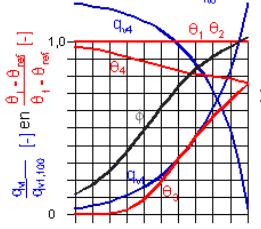
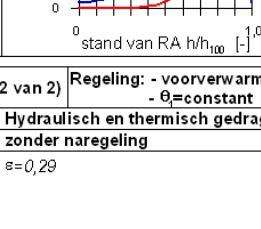
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 1; ONTWERPREGELS EN REGELING		ISSO - publicatie 44
Dimensioneren regelaarsluiters RA en pomp(en)		
<ul style="list-style-type: none"> $\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot \Delta p_{3,100}$ ($\Delta p_{3,100} > 3$ kPa kiezen) $k_e = 36000 \cdot q_{v,100} \cdot (\rho / \Delta p_{RA,100})^{0.5}$. Hierin is: k_e in [m^3/h]; $q_{v,100}$ in [m^3/s]; ρ in [kg/m^3] en $\Delta p_{RA,100}$ in [Pa] selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_e-waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelaarsluiters RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C. 		
$\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{v,100}) / k_e)^2 \cdot \rho$		
<ul style="list-style-type: none"> Drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_3, \Delta p_4$ en RA ten laste van CP Drukverlies in de lus: $\Delta p_5, \Delta p_4$ en Δp_v ten laste van Δp_p (=opwekker- of distributiepomp) 		
Hydraulisch ontwerp		
<ul style="list-style-type: none"> als er meerdere gebruikermodulen zijn met variabele volumestroom q_v, de aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ bij voorkeur constant houden door: <ol style="list-style-type: none"> 1) korte dikke leidingen $\Delta p < 70$ Pa/m en/of 2) passieve opwekkermodulen met open verdeler/verzamelaar toepassen. Dan wel hoge retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s). 3) pomp Δp_p met vlakke karakteristiek selecteren geschikt voor grote afstanden tussen opwekker(s) en gebruiker(s). Dus grote lengten voor buis 5 moduul is geschikt om te worden toegepast bij uitbreiding bestaande installaties 		
Regeling		
<ul style="list-style-type: none"> vergroting regelbereik en RA in rechtergedeelte van de bedrijfskarakteristiek laten opereren door de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk voor te regelen. Hiermee wordt ook een daling van de andere temperaturen bereikt. 		

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 2; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 4)		Regeling: - naverwarmers $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul (verdeel - en mengschakeling)	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
<p>2-pijp distributiesysteem, zie bijlage A</p> <p>zonder naregeling</p> <p>met 2-weg naregeling</p> <p>met 3-weg naregeling</p>	<p>zonder naregeling</p> <p>gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ</p> <p>zonder naregeling</p>		
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	2-weg naregeling met pompregeling	3-weg naregeling (of 1-pijpsysteem)	
<ul style="list-style-type: none"> vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ intredende luchtttemperatuur $\theta_{ref} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ (uittrede onder vollast = 40°C) 			
Functie inregelaarsluiters			
Zonder vaste voorregeling $q_{v,100} = 0$, dus voor vollast geldt: $\theta_1 = \theta_2$ <ul style="list-style-type: none"> instellen vollast volumestroom $q_{v1,100}$ met IRA1 instellen vollast volumestroom $q_{v6,100} = q_{v1,100}$ met IRA5 			
Hydraulische ontwerpeisen			
<ul style="list-style-type: none"> aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ zo constant mogelijk houden $\Delta p_{p,0} < 1$ kPa en $\Delta p_{p,100} < 1$ kPa, korte buizen/grote diameter (=normale praktijk) $\Delta p_{3,100} \sim 3 \cdot \Delta p_{4,100}$. In verband met voldoende drukverschil over RA RA=equiprocentueel en complementair met $30 < SVO < 60$ $A > 0,6$ zonder 2-weg naregeling of $A > 0,8$ met 2-weg naregeling met 2-weg naregeling omkeren van q_v, ook zonder pompregeling, zie regeling op blad dimensionering en regeling 			

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 2; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 4)		Regeling: - naverwarmers $\theta_{ref}=\text{constant}$ - $\theta=\text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve modul (verdeel - en mengschakeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
		zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ
		zonder naregeling	
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)		2-weg naregeling met pompregeling	3-weg naregeling (of 1-pijpsysteem)
<ul style="list-style-type: none"> - vollast watertemperatuur $\theta_{1,100}=70^\circ\text{C}$, $\theta_{2,100}=60^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=\theta_{4,100}=40^\circ\text{C}$ - intrede luchttemperatuur $\theta_{ref}=\text{constant}=20^\circ\text{C}$ (uittrede onder vollast= 30°C) 			
Functie inregelafluiters			
<p>Met vaste voormenging $q_{v2,100} > 0$, dus voor vollast geldt: $\theta_2 < \theta_1$</p> <ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $q_{v1,100}$ met IRA1 - instellen vollast volumestroom $q_{v6,100}=a \cdot q_{v1,100}$ met IRA5 $a=[(\theta_2-\theta_3)/(\theta_1-\theta_3)]_{100}=(60-40)/(70-40)=0,67$ 			
Hydraulische ontwerpeisen			
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 2; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 3 van 4)		Regeling: - naverwarmers $\theta_{ref}=\text{constant}$ - $\theta=\text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve modul (verdeel - en mengschakeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
		zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ
		zonder naregeling	
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)		2-weg naregeling met pompregeling	3-weg naregeling (of 1-pijpsysteem)
<ul style="list-style-type: none"> - vollast watertemperatuur $\theta_{1,100}=70^\circ\text{C}$, $\theta_{2,100}=50^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=\theta_{4,100}=40^\circ\text{C}$ - intrede luchttemperatuur $\theta_{ref}=\text{constant}=20^\circ\text{C}$ (uittrede onder vollast= 30°C) 			
Functie inregelafluiters			
<p>Met vaste voormenging $q_{v2,100} > 0$, dus voor vollast geldt: $\theta_2 < \theta_1$</p> <ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $q_{v1,100}$ met IRA1 - instellen vollast volumestroom $q_{v6,100}=a \cdot q_{v1,100}$ met IRA5 $a=[(\theta_2-\theta_3)/(\theta_1-\theta_3)]_{100}=(50-40)/(70-40)=0,33$ 			
Hydraulische ontwerpeisen			

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 2; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 4 van 4)		Regeling: - voorverwarmer(s) $\theta_{ref}=\text{constant}$ - $q=\text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve modul (verdeel - en mengschakeling)	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
	zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ	
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ	
- vollarst watertemperaturen $\theta_{1,100}=\theta_{2,100}=70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=\theta_{4,100}=50^\circ\text{C}$ - uitstroom luchtemperatuur $\theta_{ref}=\text{constant}=20^\circ\text{C}$ - intrede luchtemperatuur vollast; grafieken boven 5°C, grafieken onder -7°C			
Functie inregelaflsluiters		zonder naregeling	
Zonder vaste voormenging $q_{1,100}=0$, dus voor vollast geldt: $\theta_1=\theta_2$ - instellen vollast volumestroom $q_{1,100}$ met IRA1 - instellen vollast volumestroom $q_{6,100}=q_{1,100}$ met IRA5			
Hydraulische ontwerpeisen		gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ	
- aansluitdruk $\Delta p_a=\Delta p_p-\Delta p_v$, zo constant mogelijk houden - $\Delta p_{p,0}<1\text{kPa}$ en $\Delta p_{p,0}<1\text{kPa}$, korte buizen/grote diameter (=normale praktijk) - $\Delta p_{1,100} \sim 3 \cdot \Delta p_{p,0}$. In verband met voldoende drukverschil over RA - RA=equiprocentueel en complementair met $30 < SVO < 60$ - $A>0,6$			
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 2; ONTWERPREGELS EN REGELING			ISSO - publicatie 44
Dimensioneren regelaflsluiter RA en pomp(en)			
- $\Delta p_{RA,100}=A/(1-A) \cdot \Delta p_{1,100}$			
- $k_{\phi}=36000 \cdot q_{1,100} \cdot (\rho \cdot \Delta p_{RA,100})^{0.5}$. Hierin is: k_{ϕ} in $[\text{m}^3/\text{h}]$; $q_{1,100}$ in $[\text{m}^3/\text{s}]$; ρ in $[\text{kg}/\text{m}^3]$ en $\Delta p_{RA,100}$ in $[\text{Pa}]$			
- selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_{ϕ} -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelaflsluiter RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C.			
$\Delta p_{RA,100}=((36000 \cdot q_{1,100})/k_{\phi})^2 \cdot \rho$			
- Drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_2$, ten laste van CP			
- Drukverlies in de lus: $\Delta p_5, \Delta p_4$, RA en Δp_v ten laste van Δp_p (=opwekker- of distributiepomp)			
Hydraulisch ontwerp			
- als er meerdere gebruikermodulen zijn met variabele volumestroom $q_{1,6}$, de aansluitdruk $\Delta p_a=\Delta p_p-\Delta p_v$ bij voorkeur constant houden door: 1) korte dikke leidingen $\Delta p<70\text{ Pa/m}$ en/of 2) passieve opwekkemodul met open verdeler/verzamelaar toepassen. Dan wel hoge retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s). 3) pomp Δp_p met vlakke karakteristiek selecteren			
- als de aansluitdruk Δp_a schommelt, omkeren van $q_{1,6}$ voorkomen door enige vaste voormenging toe te passen			
- geschikt voor grote afstanden tussen opwekker(s) en gebruiker(s). Dus grote lengten voor buis 5			
- modul is geschikt om te worden toegepast bij uitbreiding van bestaande installaties			
Regeling			
- vergroting regelbereik en RA in rechtergedeelte van de bedrijfskarakteristiek laten opereren door de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk voor te regelen. Hiermee wordt ook een daling van de andere temperaturen bereikt. - omkeren van $q_{1,6}$ is ongewenst omdat de regelaaf RA dichtstuurt totdat menging weer mogelijk is. Het gevolg is een klein regelbereik, pendelen van RA en een regelaflsluiter RA die de meeste tijd net open staat, met als gevolg een hoog drukverlies Δp_{RA} en daardoor hoger energieverbruik voor distributie. - door de stijgende retourtemperatuur θ_4 bij deze modul is de kans dat bij parallel geschakelde opwekkers in volgorde geregeld met $\theta_1=\text{constant}$ de temperatuur θ_2 van de opwekker(s) in vollast te hoog wordt (zie gedrag opwekkemodul 13)			

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 3; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 1)		Regeling :- naverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta_1 = \theta_2 = \text{ingestelde waarde}$	ISSO - publicatie 44						
Passieve modul		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>stooklijn voor $\theta = \theta_2$</th> <th>invloed aansluitdruk Δp_a</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>zonder naregeling</td> <td>zonder naregeling</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	stooklijn voor $\theta = \theta_2$	invloed aansluitdruk Δp_a	zonder naregeling	zonder naregeling			
stooklijn voor $\theta = \theta_2$	invloed aansluitdruk Δp_a								
zonder naregeling	zonder naregeling								
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)									
<ul style="list-style-type: none"> - vollast watertemperaturen en de referentietemperatuur (=constant) bepaald door: $\varepsilon = (\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) / (\theta_{2,100} - \theta_{ref})$. Het temperatuurrendement ε is bepaald voor het gedrag, zie grafieken 									
Functie inregelafluiters voor de vollastsituatie									
<ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1 									
Hydraulische ontwerpeisen									
<ul style="list-style-type: none"> - aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden als $\varepsilon > 0,5$ - kies $\varepsilon < 0,5$ om invloed aansluitdruk Δp_a op vermogen ϕ te minimaliseren 									
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 3: ONTWERPREGELS EN REGELING		ISSO - publicatie 44							
Dimensioneren pomp(en)									
<ul style="list-style-type: none"> - drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_v$ ten laste van Δp_p (= opwekker- of distributiepomp) 									
Hydraulisch ontwerp									
<ul style="list-style-type: none"> - in het geval van naregeling of bij meer gebruikermodulen en een variabele volumestroom in de distributiemodul de aansluitdruk Δp_a zo constant mogelijk houden door: <ol style="list-style-type: none"> 1) korte dikke leidingen $\Delta p < 70 \text{ Pa/m}$ en/ of 2) passieve opwekkermodul met open verdeler/verzamelaar toepassen. Dan wel hoge retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s). 3) pomp Δp_p met vlakke karakteristiek selecteren - minimale volumestroom in distributiemodul realiseren, als er 2-weg naregeling wordt toegepast 									
Regeling									
<ul style="list-style-type: none"> - constante aansluitdruk Δp_a d.m.v. toerengeregelde pomp in distributiemodul, tevens besparing op energieverbruik voor distributie - naregelen met 2-weg of 3-weg regelafluiters is mogelijk - vergroten regelbereik en naregeling in rechtergedeelte van de bedrijfskarakteristiek laten opereren door de aanvoertemperatuur weersafhankelijk voor te regelen 									

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 4: GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 2)		Regeling - naverwarmers $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta_i = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44	
Passieve (verdeelschakeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
		zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk $1,5\Delta p_{a,100}$	
		$\varepsilon=0,29$	$\varepsilon=0,29$	
				
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)		zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk $1,5\Delta p_{a,100}$	
- bovenste grafieken $\theta_{1,100}=\theta_{2,100}=90^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=70^\circ\text{C}$, $\theta_{ref}=20^\circ\text{C}$, dus $\varepsilon=0,29$ - onderste grafieken $\theta_{1,100}=\theta_{2,100}=70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=50^\circ\text{C}$, $\theta_{ref}=20^\circ\text{C}$, dus $\varepsilon=0,4$ - $\varepsilon=(\theta_{2,100}-\theta_{3,100})/(\theta_{2,100}-\theta_{ref})$		$\varepsilon=0,4$	$\varepsilon=0,4$	
Functie inregelaflsluiters				
- instellen vollast volumestroom $q_{w,100}=q_{M,100}$ met IRA5 - instellen nullast volumestroom $q_{v,0}=q_{M,100}$ met IRA4, zie ontwerpeisen				
Hydraulische ontwerpeisen				
- aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden - als $(\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100}) < 3 \cdot \Delta p_{1,100}$, dan IRA4 in buis 4 opnemen - RA=equiprocentueel en complementair - als: $\varepsilon < 0,2$; dan A>0,8 en SVO=100 $\varepsilon < 0,3$; dan A>0,5 en 50<SVO<70 $\varepsilon > 0,3$; dan A>0,3 en 50<SVO<70				
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 4: GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 2)		Regeling: - voorverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta_i = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44	
Passieve (verdeelschakeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
		zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk $1,5\Delta p_{a,100}$	
		$\varepsilon=0,29$	$\varepsilon=0,29$	
				
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)		zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk $1,5\Delta p_{a,100}$	
- bovenste grafieken $\theta_{1,100}=\theta_{2,100}=90^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=70^\circ\text{C}$, $\theta_{ref}=20^\circ\text{C}$, dus $\varepsilon=0,29$ - onderste grafieken $\theta_{1,100}=\theta_{2,100}=70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=50^\circ\text{C}$, $\theta_{ref}=20^\circ\text{C}$, dus $\varepsilon=0,4$ - $\varepsilon=(\theta_{2,100}-\theta_{3,100})/(\theta_{2,100}-\theta_{ref})$		$\varepsilon=0,4$	$\varepsilon=0,4$	
Functie inregelaflsluiters				
- instellen vollast volumestroom $q_{w,100}=q_{M,100}$ met IRA5 - instellen nullast volumestroom $q_{v,0}=q_{M,100}$ met IRA4, zie ontwerpeisen				
Hydraulische ontwerpeisen				
- aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden - als $(\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100}) < 3 \cdot \Delta p_{1,100}$, dan IRA4 in buis 4 opnemen - RA=equiprocentueel en complementair - als: $\varepsilon < 0,2$; dan A>0,8 en SVO=100 $\varepsilon < 0,3$; dan A>0,5 en 50<SVO<70 $\varepsilon > 0,3$; dan A>0,3 en 50<SVO<70				

Dimensioneren regelafsluiter RA en pomp(en)

$$\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot \Delta p_{1,100}$$

$$- k_v = 36000 \cdot q_{v1,100} \cdot (\rho / \Delta p_{RA,100})^{0.5} \text{ Hierin is: } k_v \text{ in } [\text{m}^3/\text{h}]; q_{v1,100} \text{ in } [\text{m}^3/\text{s}]; \rho \text{ in } [\text{kg/m}^3] \text{ en } \Delta p_{RA,100} \text{ in } [\text{Pa}]$$

- selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_v -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelafsluiter RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C.

$$\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{v1,100}) / k_v)^2 \cdot \rho$$

- Drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_5, RA$ en Δp_v ten laste van Δp_p (=opwekker- of distributiepomp)

Hydraulisch ontwerp

- in het geval van meer gebruikermodulen en een variabele volumestroom in de distributiemodul in de aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden door:

- 1) korte dikke leidingen $\Delta p < 70 \text{ Pa/m}$ en/of
- 2) passieve opwekkermodul in et open verdeler/verzamelaar toepassen. Dan wel hoge retourtemperatuur θ_3 naar Opwekker(s).
- 3) pomp Δp_p met vlakke karakteristiek selecteren

- geschikt voor grote afstanden tussen opwekker(s) en gebruiker. Dus grote lengten voor buis 5

Regeling

- vergroting regelbereik en RA in rechtergedeelte van de bedrijfskarakteristiek laten opereren door de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk voor te regelen

- in het geval van open/dicht regeling van RA (bijvoorbeeld bij een boiler) kan worden volstaan met een lineaire complementaire grondkarakteristiek voor RA

- door de stijgend retourtemperatuur θ_4 bij deze modul bestaat de kans dat bij parallel geschakelde opwekkers in volgorde geregel met $\theta_1 = \text{constant}$ de temperatuur θ_2 van de opwekker(s) in vollast te hoog wordt (zie gedrag opwekkermodul 13)

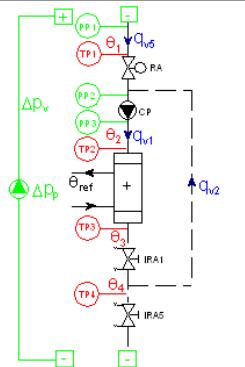
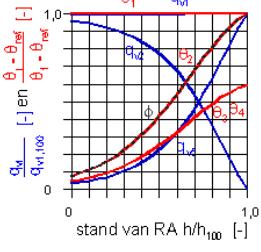
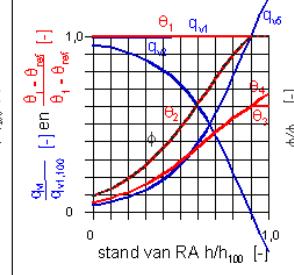
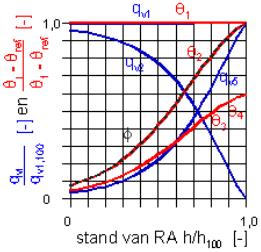
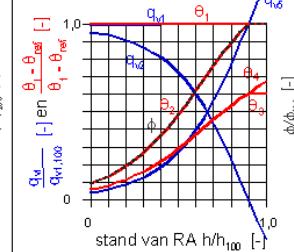
- bij voorverwarmers bestaat de kans op bevriezingsgevaar, zie verloop retourtemperatuur θ_3 . Deze kans neemt toe bij overdimensionering van de warmtewisselaar

- houd rekening met een ongelijkmatige temperatuurverdeling over de warmtewisselaar, bijvoorbeeld bij een luchtverwarmer

- berekening hydraulisch en thermisch gedrag van deze modul mogelijk met bijlage D

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 5: GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 4)		Regeling: - naverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta_1 = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve modul (mengschakeling)	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
<p>2-pijp distributiesysteem, zie bijlage A</p> <p>zonder naregeling</p> <p>met 2-weg naregeling</p> <p>met 3-weg naregeling</p>	<p>zonder naregeling</p> <p>gevolg hogere aansluitdruk $1.5\Delta p$</p> <p>zonder naregeling</p>		
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	2-weg naregeling met pompregeling	3-weg naregeling of eenpijpsysteem	
<ul style="list-style-type: none"> vollast watertemperatuur $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ intreden luchttemperatuur $\theta_{ref} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ (uittrede onder vollast = 40°C) 			
Functie inregelafsluters			
Zonder vaste voormenging $q_{v2,100} = 0$, dus voor vollast geldt: $\theta_1 = \theta_2$ - instellen vollast volumestroom $q_{v1,100}$ met IRA1 - instellen vollast volumestroom $q_{v6,100} = q_{v1,100}$ met IRA5			
Hydraulische ontwerpeisen			
<ul style="list-style-type: none"> aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden $\Delta p_{2,p} < 1 \text{ kPa}$, dus korte buis/grote diameter (=normale praktijk) RA=equiprocentueel met een $50 < \text{SVO} < 70$ $A > 0.4$ met 2-weg naregeling omkeren van q_{v2}, ook zonder pompregeling, zie regeling op blad dimensionering en regeling. 			

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 5; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 4)		Regeling: - naverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul (mengschakeling)	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
	2-pijp distributiesystemen, zie bijlage A zonder naregeling gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ zonder naregeling 		
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	2-weg naregeling met pompregeling	3-weg naregeling of eenpijpsysteem	
<ul style="list-style-type: none"> vollast watertemperaturen $\theta_{1,100}=70^\circ\text{C}$, $\theta_{2,100}=60^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=\theta_{4,100}=40^\circ\text{C}$ intredende luchttemperatuur $\theta_{ref}=\text{constant}=20^\circ\text{C}$ (uittrede onder vollast= 30°C) 			
Functie inregelaarsluiters			
<p>Met vaste voormenging $q_{v2,100} > 0$, dus voor vollast geldt: $\theta_2 < \theta_1$</p> <ul style="list-style-type: none"> instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1 instellen vollast volumestroom $q_{M,100}=a.q_{M,100}$ met IRA5 $a=[(\theta_2-\theta_3)/(\theta_1-\theta_3)]_{100}=(60-40)/(70-40)=0,67$ 			
Hydraulische ontwerpeisen			
<ul style="list-style-type: none"> aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden $\Delta p_{2,p} < 1\text{kPa}$, dus korte buis/grote diameter (=normale praktijk) RA=equiprocant met een $50 < \text{SVO} < 70$ $A > 0,2$ met 2-weg naregeling omkeren van q_{v2}, ook zonder pompregeling. Als $q_{v2,100}$ groter wordt (dus a kleiner) neemt de kans op omkeren van q_{v2} af, zie ook regeling op blad dimensioneren en regeling. 			
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 5; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 3 van 4)		Regeling: - naverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul (mengschakeling)	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
	2-pijp distributiesystemen, zie bijlage A zonder naregeling gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δ zonder naregeling 		
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	2-weg naregeling met pompregeling	3-weg naregeling of eenpijpsysteem	
<ul style="list-style-type: none"> vollast watertemperaturen $\theta_{1,100}=70^\circ\text{C}$, $\theta_{2,100}=50^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=\theta_{4,100}=40^\circ\text{C}$ intredende luchttemperatuur $\theta_{ref}=\text{constant}=20^\circ\text{C}$ (uittrede onder vollast= 30°C) 			
Functie inregelaarsluiters			
<p>Met vaste voormenging $q_{v2,100} > 0$, dus voor vollast geldt: $\theta_2 < \theta_1$</p> <ul style="list-style-type: none"> instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1 instellen vollast volumestroom $q_{M,100}=a.q_{M,100}$ met IRA5 $a=[(\theta_2-\theta_3)/(\theta_1-\theta_3)]_{100}=(50-40)/(70-40)=0,33$ 			
Hydraulische ontwerpeisen			
<ul style="list-style-type: none"> aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden $\Delta p_{2,p} < 1\text{kPa}$, dus korte buis/grote diameter (=normale praktijk) RA=lineair met een $50 < \text{SVO} < 70$ $A > 0,5$ met 2-weg naregeling omkeren van q_{v2}, ook zonder pompregeling. Als $q_{v2,100}$ groter wordt (dus a kleiner) neemt de kans op omkeren van q_{v2} af, zie grafiek en ook regeling op blad dimensioneren en regeling. 			

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 5: GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 4 van 4)		Regeling: - voorverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul (mengschakeling)	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
	zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δp	
			
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk 1,5	
- vallast watertemperatuur $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - uitstroom luchitemperatuur $\theta_{ref} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ - intrede luchitemperatuur vollast; grafieken boven -7°C , grafieken onder 5°C		zonder naregeling	
Functie inregelaarsluiters			
Zonder vaste voorvermenging $q_{v,100} = 0$, dus voor vollast geldt: $\theta_1 = \theta_2$			
- instellen vollast volumestroom $q_{v1,100}$ met IRA1 - instellen vollast volumestroom $q_{v,100} = q_{v1,100}$ met IRA5			
Hydraulische ontwerpeisen			
- aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden - $\Delta p_{2,p} < 1\text{kPa}$, dus korte buis/grote diameter (=normale praktijk) - RA=equiprocentueel met een 50<SV<70 - $A > 0,4$			
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 5: ONTWERPPREGELS EN REGELING			ISSO - publicatie 44
Dimensioneren regelaarsluitter RA en pomp(en)			
- $\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot 1,3 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ > voor toename van de pompdruk Δp_p is in deze formule 30% genomen van $(\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ > bij $\Delta p = \text{constant}$ regeling $\Delta p_{v,100}$ in rekening brengen vanaf $\Delta p = \text{constant}$. Factor 1,3 (30%) voor pomp vervalt. > houd het drukverlies $\Delta p_{v,100}$ laag, zie hydraulisch ontwerp			
- $k_e = 36000 \cdot q_{v,100} \cdot (p / \Delta p_{RA,100})^{0.5}$ Hierin is: k_e in $[\text{m}^3/\text{h}]$; $q_{v,100}$ in $[\text{m}^3/\text{s}]$; p in $[\text{kg}/\text{m}^3]$ en $\Delta p_{RA,100}$ in $[\text{Pa}]$ - selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_e -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelaarsluitter RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C. $\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{v,100}) / k_e)^2 \cdot p$			
- drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_2$, ten laste van CP - drukverlies in de lus: $\Delta p_5, \Delta p_v$ en RA ten laste van Δp_p (=opwekker- of distributiepomp)			
Hydraulisch ontwerp			
- aansluitdruk Δp_a zo constant mogelijk houden door: 1) korte dikke leidingen $\Delta p < 70\text{ Pa/m}$ en/of 2) passieve opwekkermoduul met open verdeler/verzamelaar toepassen. Dan wel hoge retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s). 3) pomp Δp_p met vlakke karakteristiek selecteren 4) $\Delta p = \text{constant}$ regeling - als aansluitdruk Δp_p schommelt (b.v. bij stadsverwarming), omkeren van q_v voorkomen door enige vaste voorvermenging toe te passen - eisen aan een maximale retourtemperatuur θ_4 , (b.v. bij stadsverwarming), dan bij varierende aansluitdruk en/of 2-weg naregeling terugslagklep in recirculatieleiding 2 overwegen. - minimale volumestroom in distributiemoduul realiseren - moduul is geschikt om te worden toegepast bij uitbreiding installaties			
Regeling			
- omkeren van q_v is ongewenst omdat de regelaars RA dichtstuurt, totdat menging weer mogelijk is. Het gevolg is een klein regelbereik, pendelen van RA en een regelaarsluitter die de meeste tijd net open staat, met als gevolg een hoog drukverlies Δp_{RA} en daardoor hoger energieverbruik voor distributie - constante aansluitdruk Δp_a d.m.v. toerengeregelde pomp in distributiemoduul, tevens besparing op energieverbruik voor distributie - vergroten regelbereik en regelaarsluitter RA en naregeling in het rechtergedeelte van de bedrijfskarakteristiek laten opereren door de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk voor te regelen - berekening hydraulisch en thermisch gedrag van deze moduul met stooklijn is mogelijk met bijlage D			

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 6; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 2)		Regeling: - naverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta_1 = \theta_2 = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul (smoorschakeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
	zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δp3,100	
		zonder naregeling	
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)			
- vollast watertemperaturen en de referentietemperatuur (=constant) bepaald door: $\epsilon = (\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) / (\theta_{2,100} - \theta_{ref})$. Het temperatuurrendement ϵ is bepalend voor het gedrag, zie grafieken			
Functie inregelafsluiter			
- instellen vollast volumestroom $q_{vl,100}$ met IRA1			
Hydraulische ontwerpeisen			
- aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden - RA=equiprocentueel - als: $\epsilon < 0,2$; dan A>0,8 en SVO=100 $\epsilon < 0,3$; dan A>0,5 en 50<SVO<70 $\epsilon > 0,3$; dan A>0,3 en 50<SVO<70			
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 6; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 2)		Regeling: - voorverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta_1 = \theta_2 = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul (smoorschakeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
	zonder naregeling	gevolg hogere aansluitdruk 1,5Δp3,100	
		zonder naregeling	
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)			
- vollast watertemperaturen en de referentietemperatuur (=constant) bepaald door: $\epsilon = (\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) / (\theta_{2,100} - \theta_{ref})$. Het temperatuurrendement ϵ is bepalend voor het gedrag, zie grafieken			
Functie inregelafsluters			
- instellen vollast volumestroom $q_{vl,100}$ met IRA1			
Hydraulische ontwerpeisen			
- aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ constant houden - RA=equiprocentueel - als: $\epsilon < 0,2$; dan A>0,8 en SVO=100 $\epsilon < 0,3$; dan A>0,5 en 50<SVO<70 $\epsilon > 0,3$; dan A>0,3 en 50<SVO<70			

Dimensioneren regelaarsluiters RA en pomp(en)

- $\Delta p_{RA,100} = A \cdot (1-A) \cdot 1,3 \cdot (\Delta p_{1,100} + \Delta p_{v,100})$
 - > voor toename van de pompdruk Δp_p is in deze formule 30% genomen van $(\Delta p_{1,100} + \Delta p_{v,100})$
 - > bij $\Delta p = \text{constant}$ regeling $\Delta p_{v,100}$ in rekening brengen vanaf $\Delta p = \text{constant}$. Factor 1,3 (30%) voor pomp vervalt.
 - > houd het drukverlies $\Delta p_{v,100}$ laag, zie hydraulisch ontwerp

- $k_v = 36000 \cdot q_{v,100} \cdot (\rho / \Delta p_{RA,100})^{0,5}$ Hierin is: k_v in [m^3/h]; $q_{v,100}$ in [m^3/s]; ρ in [kg/m^3] en $\Delta p_{RA,100}$ in [Pa]

- selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_v -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelaarsluiters RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C.
 $\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{v,100}) / k_v)^2 \cdot p$

- drukverlies in de lus: Δp_1 , Δp_v en RA ten laste van Δp_p (=opwekker of distributiepomp)

Hydraulisch ontwerp

- aansluitdruk Δp_a zo constant mogelijk houden door:
 - 1) korte dikke leidingen $\Delta p < 70 \text{ Pa/m}$ en/of
 - 2) passieve opwekkelmoduul met open verdeler/verzamelaar toepassen. Dan wel hoge retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s).
 - 3) pomp Δp_p met vlakke karakteristiek selecteren
 - 4) $\Delta p = \text{constant}$ regeling
- minimale volumestroom in distributiemoduul realiseren

Regeling

- constante aansluitdruk Δp_a d.m.v. toerengeregelde pomp in distributiemoduul, tevens besparing op energieverbruik voor distributie
- voor lage waarden van ϵ neemt de volumestroom q_M snel af t.o.v. het geleverde vermogen. Dit is nadelig voor de regelbaarheid, linker deel van de bedrijfskarakteristiek van RA, en geeft grotere afkoeling in de buizen
- vergroten regelbereik en regelaarsluiters RA in het rechtergedeelte van de bedrijfskarakteristiek laten opereren door de aanvoertemperatuur $\theta_1 = \theta_2$ weersafhankelijk voor te regelen. Berekening hydraulisch en thermisch gedrag met stooklijn mogelijk met bijlage D
- in speciale gevallen twee parallel geschakelde regelaarsluiters RA in volgorde laten regelen om warmteafgifte ver terug te kunnen regelen
- in het geval van open/dicht regeling van RA (bijvoorbeeld bij een boiler) kan worden volstaan met een lineaire grondkarakteristiek voor RA

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 7; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad1 van 2)		Regeling: - naverwarmers $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44		
Actieve moduul (mengschakeling)	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen				
<p>2-pijp distributiesystemen, zie bijlage A</p>	<table border="1"> <tr> <td>zonder naregeling</td> <td>ongewenst gevolg shunt pomp $\Delta p < 0$ zonder naregeling</td> </tr> </table>	zonder naregeling	ongewenst gevolg shunt pomp $\Delta p < 0$ zonder naregeling		
zonder naregeling	ongewenst gevolg shunt pomp $\Delta p < 0$ zonder naregeling				
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	2-weg naregeling met pompregeling	3-weg naregeling of eenpijpsysteem			
<ul style="list-style-type: none"> vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ intreden luchttemperatuur $\theta_{ref} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ (uittrede onder vollast = 40°C) 					
Functie inregelaarsluiters					
<ul style="list-style-type: none"> instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1 instellen nullast volumestroom $q_{M,0} = q_{M,100}$ met IRA2, zie ontwerpeisen. Als 2-weg naregeling wordt toegepast vervalt IRA2. 					
Hydraulische ontwerpeisen					
<ul style="list-style-type: none"> aansluitdruk $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ zonder pomp ($\Delta p_p < 1 \text{ kPa}$) uitvoeren $\Delta p_{p,1} < 1 \text{ kPa}$, dus korte buis en of grote diameter (=normale praktijk) als $\Delta p_{1,100} < 5 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$, dan IRA2 in buis 2 opnemen RA=equiproc entueel in complementair met $30 < SVO < 70$ als: $\Delta p_{1,100} > 5 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ dan; $A > 0,2$ $2 \cdot (\Delta p_{5,0} + \Delta p_{v,100}) < \Delta p_{1,100} < 5 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ dan; $A > 0,3$ $\Delta p_{1,100} < 2 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ dan; $A > 0,5$ 					

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 7; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 2)		Regeling: - voorverwarmer(s) $\theta_{ref}=\text{constant}$ - $\theta_1=\text{constant}$	ISSO - publicatie 44		
Actieve moduul (mengschakeling)	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen				
	zonder naregeling	ongewenst gevolg shuntpomp $\Delta p_p < 0$			
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	zonder naregeling	ongewenst gevolg shuntpomp $\Delta p_p < 0$			
- vollast watertemperatuur $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - uitstroom luchtttemperatuur $\theta_{ref}=\text{constant} = 20^\circ\text{C}$ - intrede luchtttemperatuur vollast, grafieken boven -7°C , grafieken onder 5°C		zonder naregeling			
Functie inregelaarsluiters					
- instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1 - instellen nullast volumestroom $q_{V,p} = q_{M,100}$ met IRA2, zie ontwerpeisen					
hydraulische ontwerpeisen					
- aansluitdruk: $\Delta p_a = \Delta p_p - \Delta p_v$ zonder pomp ($\Delta p_p < 1\text{kPa}$) uitvoeren - $\Delta p_{2,100} < 1\text{kPa}$, dus korte buis en of grote diameter (=normale praktijk) - als $\Delta p_{1,100} < 5 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$, dan IRA2 in buis 2 opnemen - RA=equiprocentueel in complementair met $30 < SVO < 70$ - als: $\Delta p_{1,100} > 5 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ dan; $A > 0,2$ 2. $(\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100}) < \Delta p_{1,100} < 5 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ dan; $A \sim 0,3$ $\Delta p_{1,100} < 2 \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ dan; $A > 0,5$					
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 7; ONTWERPREGELS EN REGELING					
Dimensioneren regelaarsluiters RA en pomp(en)					
- $\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot (\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100})$ > houd het drukverlies $\Delta p_{v,100}$ laag, zie hydraulisch ontwerp					
- $k_v = 36000 \cdot q_{v,100} \cdot (\rho / \Delta p_{RA,100})^{0,5}$ Hierin is: k_v in [m^3/h]; $q_{v,100}$ in [m^3/s]; ρ in [kg/m^3] en $\Delta p_{RA,100}$ in [Pa]					
- selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_v -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelaarsluitter RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C. $\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{v,100} / k_v)^2 \cdot \rho$					
- drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_5, \Delta p_v$ en RA ten laste van CP					
Hydraulisch ontwerp					
- drukverlies Δp_v laag houden door: 1) korte dikke leidingen en/of 2) passieve opwekkersmodule met open verdeler/verzamelaar toepassen. Dan wel hoge retourtemperatuur θ_5 naar opwekker(s).					
- als $\Delta p_p > 1\text{kPa}$ kan in combinatie met 2-weg naregeling, met of zonder pompregeling van CP, om kerken van q_{L2} optreden. In dit geval autoriteit $A > 0,7$ kiezen.					
- bij 2-weg naregeling minimale volumestroom q_M realiseren					
- minimale volumestroom in distributiemoduul realiseren					
Regeling					
- vergroten regelbereik plus RA en naregeling in rechtergedeelte van de bedrijfskarakteristiek laten opereren door de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk voor te regelen (stooklijn) - berekening thermisch en hydraulisch gedrag met stooklijn mogelijk met bijlage D					

WARMTEGEBRUIKERMODUUL 8: GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 1)		Regeling: - naverwarmer(s) $\theta_{ref} = \text{constant}$ - $\theta = \text{constant}$	ISSO - publicatie 44		
Actieve moduul (mengschakeling met vaste voorvergeling)		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen			
<p>2-pipe distributiesysteem, zie bijlage A</p> <p>zonder naregeling</p> <p>met 2-weg naregeling</p> <p>met 3-weg naregeling</p>		zonder naregeling ongewenst gevolg shuntpomp Δp<0 			
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)		2-weg naregeling met pompregeling	3-weg naregeling of eenpijpsysteem		
<ul style="list-style-type: none"> vollast watertemperaturen $\theta_{1,100}=70^\circ\text{C}$, $\theta_{2,100}=50^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=\theta_{4,100}=40^\circ\text{C}$ intrude luchtemperatuur $\theta_{ref} = \text{constant}=20^\circ\text{C}$ (uittrede onder vollast= 30°C) 					
Functie inregelafluiters					
<ul style="list-style-type: none"> met vaste voorvergeling $q_{v1,100} > 0$, dus voor vollast geldt: $\theta_2 < \theta_1$ instellen vollast volumestroom $q_{v1,100}$ met IRA1 instellen vollast volumestroom $q_{v1,100} = a \cdot q_{v1,100}$ met IRA6 instellen nullast volumestroom $q_{v0,100} = q_{v1,100}$ met IRA2, zie ontwerpeisen $a = (\theta_1 - \theta_2) / (\theta_1 - \theta_3)_{100} = (70-50)/(70-40) = 0,67$ 					
Hydraulische ontwerpeisen					
<ul style="list-style-type: none"> aansluitdruk $\Delta p = \Delta p_v - \Delta p_p$, zonder pomp ($\Delta p_p < 1\text{kPa}$) uitvoeren $\Delta p_{v,100} < 1\text{kPa}$ (=normale praktijk). Heeft weinig invloed op gedrag. $\Delta p_{p,100} < 1\text{kPa}$, dus korte buis en of grote diameter (=normale praktijk) $\Delta p_{p,100} > 1\text{kPa}$, dus korte buis en of grote diameter (=normale praktijk) als $\Delta p_{v,100} < 0,2 \cdot (\Delta p_{v,100} + \Delta p_{v,100})$, dan IRA2 in huis 2 opnemen RA=lineair en complementair met $30 < \text{SVO} < 70$ $A > 0,5$ 					
WARMTEGEBRUIKERMODUUL 8: ONTWERPREGELS EN REGELING					
Dimensioneren regelafluiters RA en pomp(en)					
<ul style="list-style-type: none"> $\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot (\Delta p_{v,100} + \Delta p_{p,100})$ > houd het drukverlies $\Delta p_{v,100}$ laag, zie hydraulisch ontwerp $k_v = 36000 \cdot q_{v1,100} \cdot (\rho / \Delta p_{RA,100})^{0.5}$. Hierin is: k_v in [m^3/h], $q_{v1,100}$ in [m^3/s], ρ in [kg/m^3] en $\Delta p_{RA,100}$ in [Pa] selecteer nu de dichtbijliggende (lagere) k_v-waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelafluitter RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C. $\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{v1,100}) / k_v)^2 \cdot \rho$ Drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_3, \Delta p_5, \Delta p_v$ en RA ten laste van CP 					
Hydraulisch ontwerp					
<ul style="list-style-type: none"> drukverlies Δp, laag houden door: <ol style="list-style-type: none"> 1) korte dikke leidingen en/of 2) passieve opwekkersmodule met open verdeler/verzamelaar toepassen. Dan wel hoge retourtemperatuur θ_3 naar opwekker(s). als $\Delta p_p > 1\text{kPa}$ kan in combinatie met 2-weg naregeling, met of zonder pompregeling van CP, omkeren van q_{v2} optreden. In dit geval autoriteit $A > 0,7$ kiezen. bij 2-weg naregeling minimale volumestroom q_{v1} realiseren minimale volumestroom in distributiemoduul realiseren 					
Regeling					
<ul style="list-style-type: none"> vergroten regelbereik plus RA en naregeling in rechtergedeelte van de bedrijfskarakteristiek laten opereren door de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk voor te regelen 					

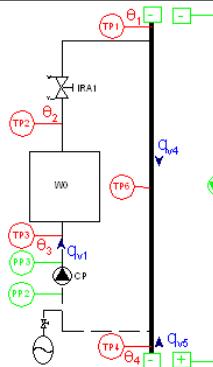
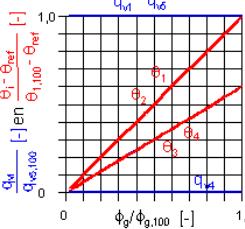
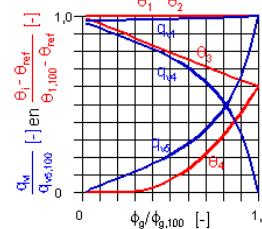
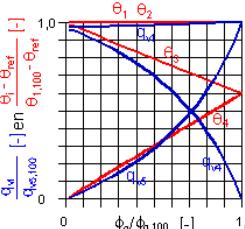
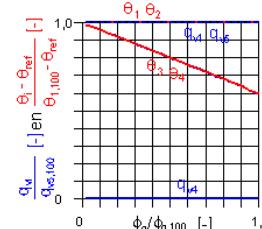
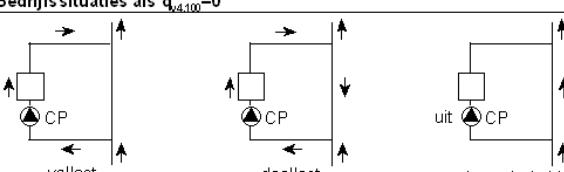
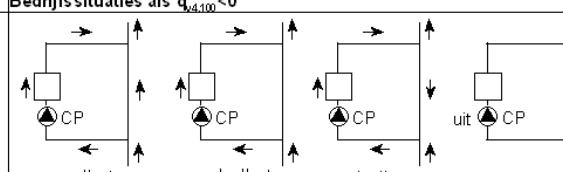
2.5.3 Werkbladen voor warmteopwekkermodulen

- Opwekkermoduul 1; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; $\theta_2 = \text{ingestelde waarde}$;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekkermoduul 2; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; $\theta_2 = \text{ingestelde waarde}$;
 - Dimensioneren en regeling

- Opwekermoduul 3; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_2 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 4; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_2 = ingestelde waarde;
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_1 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 5; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_2 = ingestelde waarde;
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_1 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 6; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_2 = ingestelde waarde;
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_1 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 7; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_2 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 8; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 9; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 10; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 11; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 12; passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_2 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 13; actief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_2 = ingestelde waarde;
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_1 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 14; actief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_2 = ingestelde waarde;
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_1 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.
- Opwekermoduul 15; actief/passief:
 - Gedrag en ontwerpeisen; θ_1 = ingestelde waarde;
 - Dimensioneren en regeling.

WARMTEOPWEKKERMODUUL 1; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 1)		Regeling: $\theta_1=\theta_2=\text{ingestelde waarde}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
		niet geregeld (stooklijn voor θ_2)	smoorschakeling ($\theta_2=\text{constant}$)
<p>Type warmtegebruikermoduul aangesloten op de opwekkermoduul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling <p>zie koptekst grafieken</p>			
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)		mengschakeling ($\theta_2=\text{constant}$)	verdeel- of verdeel en mengschak. ($\theta_2=\text{constant}$)
<ul style="list-style-type: none"> - vollast watertemperatuur $\theta_{1,100}=\theta_{2,100}=70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100}=\theta_{4,100}=50^\circ\text{C}$ - $\theta_{\text{ref}}=\text{constant}=20^\circ\text{C}$ 			
Functie inregelafluiters			
Hydraulische ontwerpeisen			
- geen eisen			
WARMTEOPWEKKERMODUUL 1; ONTWERPREGELS EN REGELING			ISSO - publicatie 44
Dimensioneren pomp(en)			
Hydraulisch ontwerp			
- let bij het gebruik van smorschakeling en/of mengschakeling op de minimale volumestroom q_{vl} door de opwekker gewaarborgd is. Minimale volumestroom opgave fabrikant/leverancier.			
Bedrijfs situaties			
Regeling			

WARMTEOPWEKKERMODUUL 2; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 1)		Regeling: - $\theta = \theta_2$ = ingestelde waarde - $\theta_4 < \theta_{3,min}$, dan shuntpomp=aan	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
<p>Type warmtegebruikermoduul aangesloten op de opwekkermoduul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling <p>zie koptekst grafieken</p>	gebruiker(s) niet geregeld geen gebruikelijke toepassing	smoorschakeling ($\theta_2=\text{constant}$) 	
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	mengschakeling ($\theta_2=\text{constant}$)	verdeel- of verdeel en mengschak.	
<ul style="list-style-type: none"> - vollast w atertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{ref}=\text{constant}=20^\circ\text{C}$ <p>Functie inregelaarsluiters</p> <ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $q_{v,100} = q_{v,1,100}$ met IRA5, shuntpomp CP uit. (IRA5 in principe niet nodig als de voorinstelmethode wordt toegepast) - instellen minimum volumestroom $q_{v,min}$ met IRA2, zie blad dimensioneren en regeling voor berekening $q_{v,min}$. Shuntpomp CP aan en stel ongeveer de bedielfsituatie in zoals gespecificeerd bij het blad dimensioneren <p>Hydraulische ontwerpeisen</p> <ul style="list-style-type: none"> - $q_{v,min} > q_{v1,min}$ (opgave fabrikant/leverancier opwekker b.v. $q_{v1,min} \sim 0,3 \cdot q_{v,1,100}$) 		<p>Opwekker met shuntpomp alleen zinvol bij gebruiker-modulen waarvan de retourtemperatuur θ_4 daalt.</p>	
WARMTEOPWEKKERMODUUL 2; ONTWERPREGELS EN REGELING		ISSO - publicatie 44	
Dimensioneren pomp(en)			
- drukverlies in lus: Δp_2 en Δp_1 ten laste van CP			
Hydraulisch ontwerp			
<ul style="list-style-type: none"> - als na inregelen van $q_{v,min}$ ongewenst gedrag optreedt, zoals bij gebruikermoduul 7, dan als mogelijke oplossing kleinere volumestroom $q_{v,min}$ overwegen - bij opwekkers met een lage hydraulische weerstand (klein drukverschil) blijft q_{v2} beter constant 			
Bedielfs situaties			
Regeling			

WARMTEOPWEKKERMODUUL 3; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 1)		Regeling: $\theta_1 = \theta_2$ = ingestelde waarde	ISSO - publicatie 44
Passieve modul	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
	<p>Type warmtegebruikermodul aangesloten op de opwekkermodule:</p> <ul style="list-style-type: none"> - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling <p>zie koptekst grafieken</p>	niet geregeld (stooklijn voor θ_2) 	smoorschakeling (θ_2=constant) 
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	mengschakeling (θ_2=constant)		verdeel- of verdeel en mengschak.
<ul style="list-style-type: none"> - vollast waternertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{\text{ref}} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ 		$\theta_2 = \text{constant}$	
Functie inregelaarsluiters			
- instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1			
Hydraulische ontwerpeisen			
<ul style="list-style-type: none"> - $\Delta p_{4,0} < 1,5 \text{ kPa}$ - $q_{M,100} \sim 0$, zie hydraulisch ontwerp voor $q_{M,100} < 0$ - eisen voor meerdere opwekkers parallel, zie bijlage A "distributiesystemen" 			<p>zie hydraulisch ontwerp</p>
WARMTEOPWEKKERMODUUL 3; ONTWERPREGELS EN REGELING			ISSO - publicatie 44
Dimensioneren pomp(en)			
- drukverlies in lus: Δp_1 en Δp_4 ten laste van CP			
Hydraulisch ontwerp			
<ul style="list-style-type: none"> - bij gebruikermodulen met $q_{M,0} = \text{constant}$ (niet geregeld en verdeelschakelingen) heeft de open verdeler/ verzamelaar in principe geen zin. Een voordeel is het onafhankelijk van elkaar kunnen inregelen van de vollastvolumestromen van de gebruikermodulen en de opwekkermodule - $q_{M,100} < 0$ leidt tot lagere retourtemperatuur θ_3, zie voorbeeld 2 van bijlage E. Let hierbij op de hogere temperatuur θ_2 voor de opwekker. 			
Bedrijfs situaties als $q_{M,100}=0$	Bedrijfs situaties als $q_{M,100}<0$		
			
Regeling			
<ul style="list-style-type: none"> - beperken volumestroom $q_M > 0$ door toerenregeling van CP. Hierdoor lagere waarden voor de retourtemperatuur θ_3. Let hierbij op de minimaal gewenste volumestroom q_M door de opwekker en de regeling en beveiliging van de opwekker, zie ook bijlage E. - berekening andere situaties dan gegeven d.m.v. de grafieken mogelijk met de rekenmethode in bijlage E - lagere temperaturen mogelijk door de aanvoertemperatuur θ_2 van de opwekker weersafhankelijk voor te regelen (stooklijn) 			

WARMTEOPWEKKERMODUUL 4; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 2)			Regeling: $\theta_2=02\theta_2$ = ingestelde waarde	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul			Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen niet geregeld (stooklijn voor θ_2)	
<p>Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermoduul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling <p>zie koptekst grafieken</p>				
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)			mengschakeling ($\theta_2=\text{constant}$)	
<ul style="list-style-type: none"> - gelijke vollast vermogens opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$ - vollast waternet temperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{\text{ref}} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ <p>Functie inregelafluiters</p> <ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $01q_{1,100}$ met 01IRA1 - instellen vollast volumestroom $02q_{1,100}$ met 02IRA1 <p>Hydraulische ontwerpeisen</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\Delta p_{4,p} < 1,5\text{kPa}$ - $q_{1,100} \sim 0$, zie hydraulisch ontwerp voor $q_{1,100} < 0$ - $q_{1,100} > 0$ tijdens deellast. Kans op $q_{1,100} < 0$ bij afschakelen opwekker. Voorkom dit door o.a. ten minste 75% van het vermogen ϕ_g onder te brengen bij gebruikermodulen met een variabele volumestroom $q_{4,p}$, dus meng- of smoorschakelingen - eisen voor meerdere opwekkers parallel, zie bijlage A "distributiesystemen" 				
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)			verdeel- of verdeel en mengschak.	
<ul style="list-style-type: none"> - gelijke vollast vermogens opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$ - vollast waternet temperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{\text{ref}} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ <p>Functie inregelafluiters</p> <ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $01q_{1,100}$ met 01IRA1 - instellen vollast volumestroom $02q_{1,100}$ met 02IRA1 <p>Hydraulische ontwerpeisen</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\Delta p_{4,p} < 1,5\text{kPa}$ - $q_{1,100} \sim 0$, zie hydraulisch ontwerp voor $q_{1,100} < 0$ - $q_{1,100} > 0$ tijdens deellast. Kans op $q_{1,100} < 0$ bij afschakelen opwekker. Voorkom dit door o.a. ten minste 75% van het vermogen ϕ_g onder te brengen bij gebruikermodulen met een variabele volumestroom $q_{4,p}$, dus meng- of smoorschakelingen - eisen voor meerdere opwekkers parallel, zie bijlage A "distributiesystemen" 				

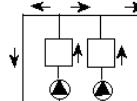
WARMTEOPWEKKERMODUUL 4; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 2)			Regeling: $\theta_1 = \text{ingestelde waarde}$	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul			Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen niet geregeld (stooklijn voor θ_1)	
<p>Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermoduul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling <p>zie koptekst grafieken</p>				
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)			mengschakeling ($\theta_1=\text{constant}$)	
<ul style="list-style-type: none"> - gelijke vollast vermogens opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$ - vollast waternet temperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{\text{ref}} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ <p>Functie inregelafluiters</p> <ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $01q_{1,100}$ met 01IRA1 - instellen vollast volumestroom $02q_{1,100}$ met 02IRA1 <p>Hydraulische ontwerpeisen</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\Delta p_{4,p} < 1,5\text{kPa}$ - $q_{1,100} \sim 0$, zie hydraulisch ontwerp voor $q_{1,100} < 0$ - $q_{1,100} > 0$ tijdens deellast. Kans op $q_{1,100} < 0$ bij afschakelen opwekker. Voorkom dit door o.a. ten minste 75% van het vermogen ϕ_g onder te brengen bij gebruikermodulen met een variabele volumestroom $q_{4,p}$, dus meng- of smoorschakelingen - eisen voor meerdere opwekkers parallel, zie bijlage A "distributiesystemen" 				
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)			verdeel- of verdeel en mengschak.	
<ul style="list-style-type: none"> - gelijke vollast vermogens opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$ - vollast waternet temperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{\text{ref}} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ <p>Functie inregelafluiters</p> <ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $01q_{1,100}$ met 01IRA1 - instellen vollast volumestroom $02q_{1,100}$ met 02IRA1 <p>Hydraulische ontwerpeisen</p> <ul style="list-style-type: none"> - $\Delta p_{4,p} < 1,5\text{kPa}$ - $q_{1,100} \sim 0$, zie hydraulisch ontwerp voor $q_{1,100} < 0$ - $q_{1,100} > 0$ tijdens deellast. Kans op $q_{1,100} < 0$ bij afschakelen opwekker. Voorkom dit door o.a. ten minste 75% van het vermogen ϕ_g onder te brengen bij gebruikermodulen met een variabele volumestroom $q_{4,p}$, dus meng- of smoorschakelingen - eisen voor meerdere opwekkers parallel, zie bijlage A "distributiesystemen" 				

Dimensioneren pomp(en)

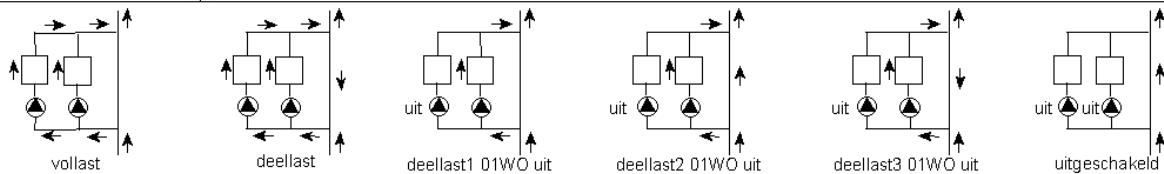
- drukverlies in lus: $01\Delta p_1, \Delta p_3$ en Δp_4 ten laste van 01CP
- drukverlies in lus: $02\Delta p_1, \Delta p_3$ en Δp_4 ten laste van 02CP

Hydraulisch ontwerp

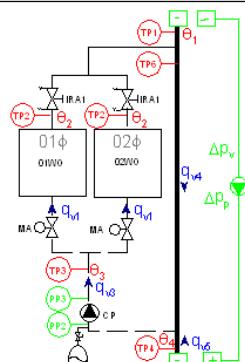
- $q_{v4,100} < 0$ leidt tot lagere retourtemperatuur θ_3 . Situatie verder analyseren met behulp van bijlage E
 - bij afschakelen opwekker, pomp uit, voorkomen dat q_{v4} omkeert m.b.v. MA of terugslagklep
 - open verdeler/verzamelaar links van de opwekkers monteren, zie figuur rechts
- Voordeel rechter opwekker krijgt tijdelijk de lage retourwaternettemperatuur van de gebruikers aangeboden (hoger rendement, langer in bedrijf). Moduul blijft passief. Analyseren met bijlage E



in de tekst genoemde deellastsituatie

Bedrijfs situaties voor $q_{v4,100}=0$ **Regeling**

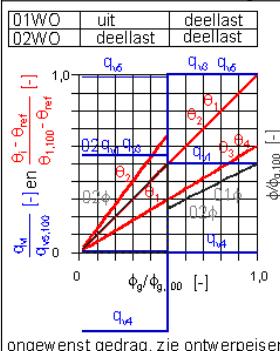
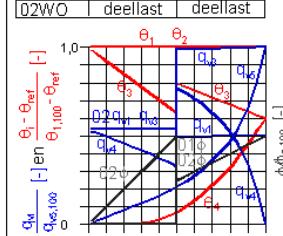
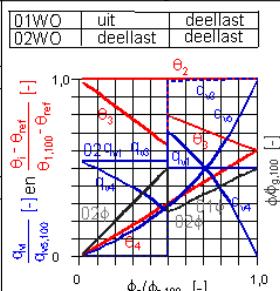
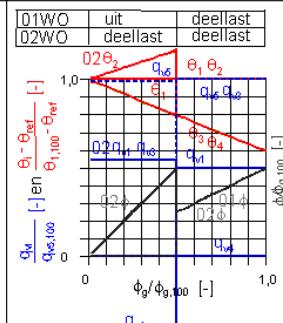
- oplopen temperatuur $02\theta_2$ tijdens deellast bij regeling $\theta_1=\text{constant}$, zie grafieken blad 2. Hiermee rekening houden bij instellen maximaalthermostaat van opwekker 2 (02WO)
- temperatuur θ_1 niet hoger maken dan nodig, door bijvoorbeeld weersafhankelijk voor te regelen (stooklijn). Dit voorkomt tevens het aanspreken van de maximaalthermostaat van 02WO
- beperken volumestroom q_{v4} door toerenregeling van 01CP en 02CP. Hierdoor lagere waarden voor de retourtemperatuur θ_3 . Let hierbij op de minimaal gewenste volumestroom q_{v4} door de opwekkers en/of de minimale gewenste retourtemperatuur θ_3 . Berekening deellastsituaties thermisch en hydraulisch met bijlage E. Hydraulisch gedrag bij toerenregeling en hydraulische eisen in bijlage A "distributiesystemen"
- andere vormen van regeling kunnen worden geanalyseerd met bijlage E

Passieve moduul

Type warmtegebruikermoduul aangesloten op de opwekkermodule:

- niet geregeld
- smoorschakeling
- mengschakeling
- verdeelschakeling
- verdeel en mengschakeling

zie koptekst grafieken

Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen**niet geregeld (stooklijn voor θ_2)****smoorschakeling ($\theta_2 = \text{constant}$)****ongewenst gedrag, zie ontwerpeisen****mengschakeling ($\theta_2 = \text{constant}$)****verdeel- of verdeel en mengschak.****ongewenst gedrag, zie ontwerpeisen****Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index**

- gelijke vollast vermogen opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$
- vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$
- $\theta_{\text{ref}} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$

Functie inregelafsluiters

- instellen vollast volumestroom $01q_{v1,100}$ met 01IRA1
- instellen vollast volumestroom $02q_{v1,100}$ met 02IRA1

Hydraulische ontwerpeisen

- $\Delta p_{4,0} < 1,5 \text{ kPa}$
- $q_{v4,100} \sim 0$, zie hydraulisch ontwerp voor $q_{v4,100} < 0$
- $q_{v4} > 0$ tijdens deellast. Kans op $q_{v4} < 0$ bij afschakelen opwekker voorkom dit door o.a. ten minste 75% van het vermogen ϕ_g onder te brengen bij gebruikermodulen met een variabele volumestroom q_{v6} , dus meng- of smorschakelingen
- eisen voor meerdere opwekkers parallel, zie bijlage A "distributiesystemen"

WARMTEOPWEKKERMODUUL 5; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 2)			Regeling: θ_1 =ingestelde waarde	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul			Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen niet geregeld (stooklijn voor θ_1)	
<p>Type warmtegebruikermoduul aangesloten op de opwekkermodule: - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling zie koptekst grafieken</p>			<p>ongewenst gedrag, zie ontwerpeisen mengschakeling (θ_1=constant)</p>	<p>smoorschakeling (θ_1=constant)</p>
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)			verdeel- of verdeel en mengschakeling (θ_1=constant)	
<ul style="list-style-type: none"> - gelijke vollast vermogen opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$ - vollast w aartemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{ref}=20^\circ\text{C}$ 			<p>verdeel- of verdeel en mengschakeling (θ_1=constant)</p>	<p>ongewenst gedrag, zie ontwerpeisen</p>
Functie inregelafluiters				
<ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $01q_{M,100}$ met 01IRA1 - instellen vollast volumestroom $02q_{M,100}$ met 02IRA1 				
Hydraulische ontwerpeisen				
<ul style="list-style-type: none"> - $\Delta p_{4,0} < 1,5 \text{ kPa}$ - $q_{4,100} > 0$, zie hydraulisch ontwerp voor $q_{4,100} < 0$ - $q_{4,0} > 0$ tijdens deellast. Kans op $q_{4,0} < 0$ bij afschakelen opwekker voorkom dit door o.a. ten minste 75% van het vermogen Φ_g onder te brengen bij gebruikermodulen met een variabele volumestroom $q_{M,i}$, dus meng- of smoorschakelingen - eisen voor meerdere opwekkers parallel, zie bijlage A "distributiesystemen" 				
WARMTEOPWEKKERMODUUL 5; ONTWERPREGELS EN REGELING			ISSO - publicatie 44	
Dimensioneren pomp(en)				
<ul style="list-style-type: none"> - drukverlies in lus: $01\Delta p_1 + \Delta p_3 + \Delta p_4$ ten laste van CP of - drukverlies in lus: $02\Delta p_1 + \Delta p_3 + \Delta p_4$ ten laste van CP. De lus met het grootste drukverlies, voordat is ingeregd, is maatgevend voor CP 				
Hydraulisch ontwerp				
<ul style="list-style-type: none"> - $q_{4,100} < 0$ leidt tot lagere retourtemperatuur θ_3. Situatie verder analyseren met behulp van bijlage E 				
Bedrijfs situaties voor $q_{4,100} = 0$			ongewenst	
Regeling				
<ul style="list-style-type: none"> - openen temperatuur $02\theta_2$ tijdens deellast bij regeling $\theta_1 = \text{constant}$, zie grafieken blad 2. Hiermee rekening houden bij instellen maximaalthermostaat van opwekker 2 (02WO) - temperatuur θ_1 niet hoger maken dan nodig, door bijvoorbeeld weersafhankelijk voor te regelen (stooklijn). Dit voorkomt tevens het aanspreken van de maximaalthermostaat van 02WO - beperken volumestroom $q_{M,i}$ door toerenregeling van CP. Hierdoor lagere waarden voor de retourtemperatuur θ_3 alsmede lagere waarden voor $02\theta_2$. Let hierbij op de minimaal gewenste volumestroom q_M door de opwekkers en/of de minimale gewenste retourtemperatuur θ_3. Afname $01q_M$ en $02q_M$ is afhankelijk van de hydraulische weerstand van beide afzonderlijke circuiten, zie bijlage A "distributiesystemen". - andere vormen van regeling kunnen worden geanalyseerd met bijlage E 				

WARMTEOPWEKKERMODUUL 6; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 2)		Regeling: $\theta_1 = \theta_2$ = ingestelde waarde	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
<p>Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermodule: - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling zie koptekst grafieken</p>			niet geregeld (stooklijn voor θ_2) sмоorschакeling (θ_2=constant)
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index - vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{ref}=20^\circ\text{C}$			mengschakeling (θ_2=constant)
Functie inregelafluiters - instellen vollast volumestroom $q_{w,1,100}$ met IRA1. Hierbij is RA volledig open dus $q_{l2}=0$			verdeel- of verdeel en mengschak.
Hydraulische ontwerpeisen - $\Delta p_{4p} < 1,5\text{kPa}$ - $q_{4,100} \sim 0$ - $\Delta p_{2,100} < 1\text{kPa}$ - RA=lineair en complementair met $30 < \text{SVO} > 70$ (functie van RA is verzoigen minimale retourtemperatuur θ_3 voor de opwekker bijvoorbeeld tijdens het starten) - $A > 0,3$			θ_2=constant
WARMTEOPWEKKERMODUUL 6; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 2)		Regeling: - θ_1 =stooklijn m.b.v. RA - θ_2 =constant	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul		Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen	
<p>Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermodule: - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling zie koptekst grafieken</p>			niet geregeld (stooklijn voor θ_1) sмоorschакeling (stooklijn voor θ_1)
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index - vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{ref}=20^\circ\text{C}$			mengschakeling (stooklijn voor θ_1)
Functie inregelafluiters - instellen vollast volumestroom $q_{w,1,100}$ met IRA1. Hierbij is RA volledig open dus $q_{l2}=0$			verdeel- of verdeel en mengschak.
Hydraulische ontwerpeisen - $\Delta p_{4p} < 1,5\text{kPa}$ - $q_{4,100} \sim 0$ - $\Delta p_{2,100} < 1\text{kPa}$ - RA=equiprocentueel en complementair met $40 < \text{SVO} > 70$ (functie van RA is regelen van de aanvoertemperatuur θ_1 , bijvoorbeeld afhankelijk van de buittemperatuur (=stooklijn)) - $A > 0,4$			stooklijn voor θ_1

Dimensioneren regelafsluiter RA en pomp(en)

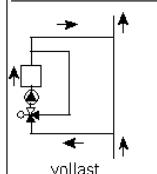
- $\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot \Delta p_{3,100}$
- $k_e = 36000 \cdot q_{4,100} \cdot (\rho \Delta p_{RA,100})^{0.5}$. Hierin is: k_e in [m^3/h]; $q_{4,100}$ in [m^3/s]; ρ in [kg/m^3] en $\Delta p_{RA,100}$ in [Pa]
- selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_e -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en berekend daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelafsluiter RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C.

$$\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{4,100})/k_e)^2 \cdot \rho$$

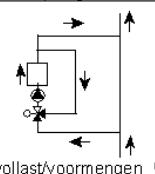
Drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_3, \Delta p_4$ en RA ten laste van CP

Hydraulisch ontwerp

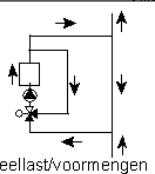
- op blad 1 m et regeling $\theta_1 = \theta_2 =$ ingestelde waarde, en de gebruikermodulen met $q_{4,100} =$ constant (niet gereeld en verdeelschakelingen) heeft de open verdelers/ verzamelaar in principe geen zin. Een voordeel is het onafhankelijk van elkaar kunnen inregelen van de ontwerpvolumestromen van de gebruikermodulen en de opwekkermodulen

Bedrijfs situaties voor $\theta_1 = \theta_2 =$ ingestelde waarde en $q_{4,100} = 0$, zie blad 1

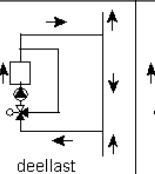
vollast



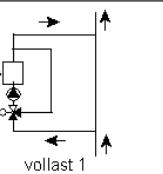
vollast/voormengen



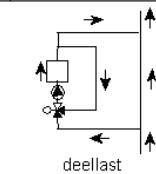
deellast/voormengen



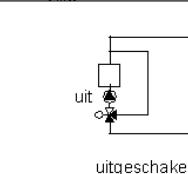
deellast

Bedrijfs situaties voor $\theta_1 =$ ingestelde waarde en $q_{4,100} = 0$, zie blad 2

vollast 1



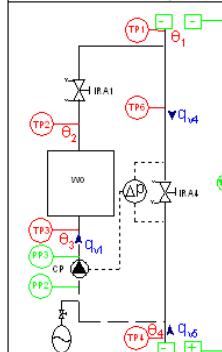
deellast



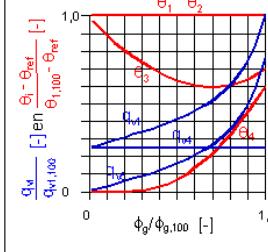
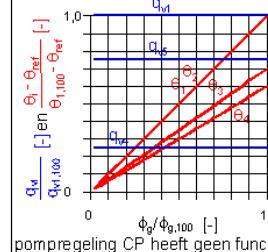
uitgeschakeld

Regeling

- RA op blad 1 t.b.v. minimale retourtemperatuur θ_3
- RA op blad 2 t.b.v. regeling aanvoertemperatuur θ_1
- berekening andere situaties dan gegeven in de grafieken mogelijk met bijlage E

Passieve module (alleen als Δp voldoende klein is < 3 kPa)

Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermodule:
 - niet gereeld
 - smoorschakeling
 - mengschakeling
 - verdeelschakeling
 - verdeel en mengschakeling
 zie koptekst grafieken

Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen
niet gereeld (stooklijn voor θ_2) smoorschakeling ($\theta_2 =$ constant)

Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index

- vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ C$ en $\theta_{4,100} = 50^\circ C$
- $\theta_{ref} =$ constant = $20^\circ C$

mengschakeling ($\theta_2 =$ constant)

verdeel- of verdeel en mengschak.

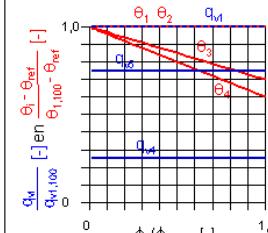
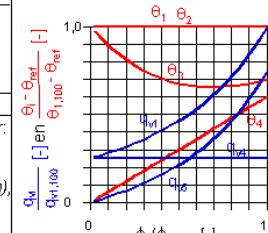
Functie inregelafsluiter

- instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1
- instellen klein meetbaar drukverschil Δp met IRA4, zie ontwerpeisen

 $\theta_2 =$ constant

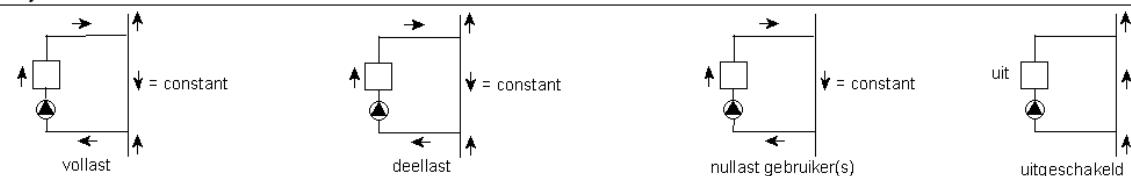
Hydraulische ontwerpeisen

- $q_{4,100} =$ constante waarde kiezen op basis van voorwaarden warmteopwekker:
 $> q_{4,100} \geq q_{V,min}$ (minimale volumestroom door de opwekker) en/of
 $> q_{4,100} = (\theta_4 - \theta_{3,min})/(\theta_{3,min} - \theta_1)$. $q_{4,100}$ Hoogste waarde $q_{4,100}$ is van toepassing.
 $>$ de waarden θ_4, θ_1 en $q_{4,100}$ dienen te worden bepaald via rekenen, (schatting), afhankelijk van types warmtegebruikermodulen, zie bijlage E
- $\Delta p_{RA,100} < 3$ kPa (meten van het drukverschil moet net mogelijk zijn)

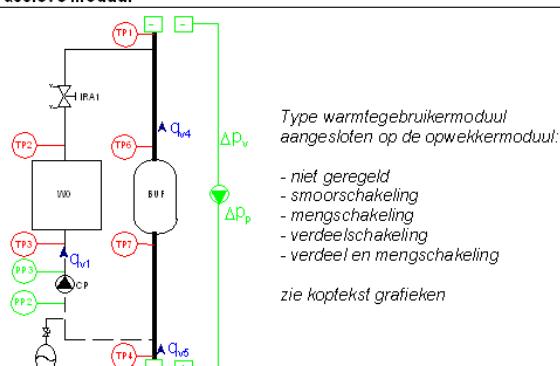
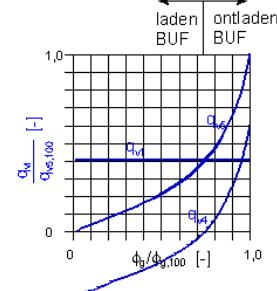
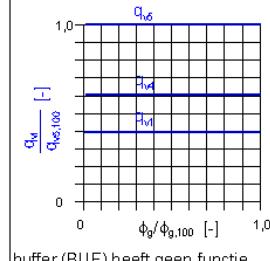


Dimensioneren pomp(en)

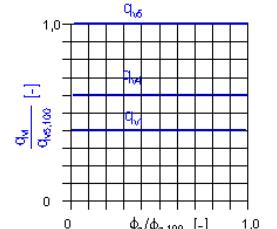
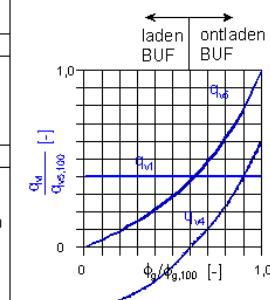
- drukverlies in lus: Δp_1 en Δp_4 ten laste van CP

Hydraulisch ontwerp**Bedrijfs situaties****Regeling**

- toerenregeling CP om daarmee lage retourtemperatuur θ_3 naar opwekker te realiseren. Zie grafieken voor beperkt effect lage retourtemperatuur bij lage vermogensvraag warmtegebruiker(s) met smoer- en mengschakeling. Berekening (andere) situaties mogelijk met rekenmethode in bijlage E
- lagere temperaturen mogelijk door de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk voor te regelen (stooklijn)

Passieve moduul**Hydraulisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen****niet geregeld****smoorschakeling****Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index**

- verband tussen volumestromen en vermogen is indicatief
- $q_{w,100} > 0$ grootte is afhankelijk van ontwerp

mengschakeling**verdeel- of verdeel en mengschak.****Functie inregelaarsluiters**

- instellen vollast volumestroom $q_{w,100}$ met IRA1

Hydraulische ontwerpeisen

- $\Delta p_{40} < 1,5 \text{ kPa}$
- $q_{w,100}$ variabel en neemt af bij lagere vermogensvraag
- als $q_{w,100} > 0$ ontladen buffer (BUF) bij vollast en hogere vermogensvraag en laden buffer bij lagere vermogensvraag, zie grafieken smoer- en mengschakeling
- als $q_{w,100} \sim 0$, buffer (BUF) kan alleen ontladen als CP wordt uitgezet
- meerdere opwekkers parallel, zie bijlage A "distributiesystemen"

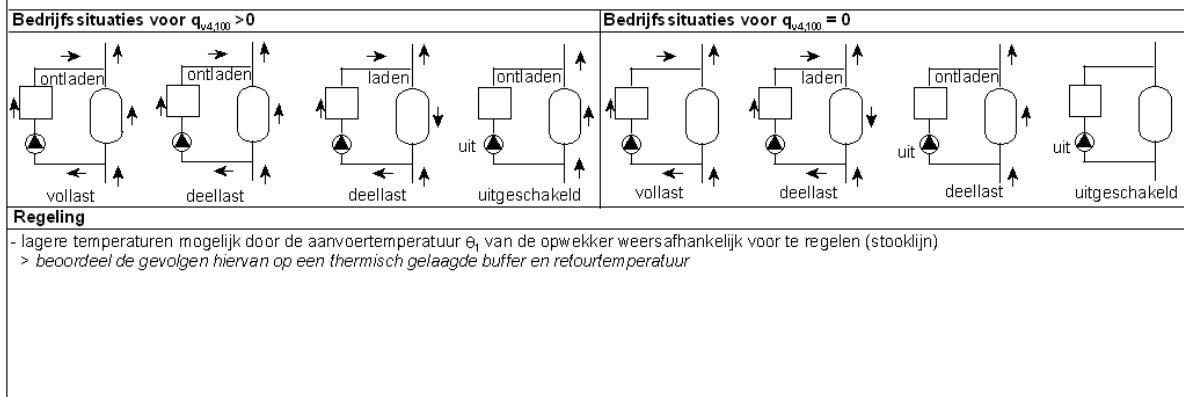
buffer (BUF) heeft functie

Dimensioneren pomp(en)

- drukverlies in lus: Δp_1 en Δp_4 ten laste van CP

Hydraulisch ontwerp

- $q_{v4,100}=0$ toepassen bij kleine vermogensvraag warmtegebruiker(s)
- > Verbetering regelbaarheid speciaal bij modulerende opwekkers
- > Verhoging rendement door lagere retourtemperatuur θ_6
- buffer kan als mengbuffer of thermisch gelaagde buffer worden uitgevoerd, zie bijlage J voor ontwerp en toelichting
- > thermisch gelaagde buffer energetisch beter, hogere aanvoertemperatuur θ_6 tijdens ontladen en lagere retourtemperatuur θ_7 tijdens laden
- berekenen met de rekenmethode in bijlage E (rekenen aan mengpunt) of de retourtemperatuur θ_6 naar de opwekker tijdens starten of laden buffer niet te laag wordt, waardoor bijvoorbeeld de condensordruk beveiliging van een warmtepomp aanspreekt
- als CP=uit en volumestroom door opwekker $q_M > 0$, motorafsluiter MA overwegen

**Regeling**

- lagere temperaturen mogelijk door de aanvoertemperatuur θ_6 van de opwekker weersafhankelijk voor te regelen (stooklijn)
- > beoordeel de gevolgen hiervan op een thermisch gelaagde buffer en retourtemperatuur

WARMTEOPWEKKERMODUUL 9: GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 1)		Regeling: - geen aannamen, thermisch gedrag tijdsafhankelijk; buffer	ISSO - publicatie 44
Passieve moduul	Hydraulisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
	niet geregeld Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermoduul: <ul style="list-style-type: none"> - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling zie koptekst grafieken		
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index	mengschakeling	verdeel- of verdeel en mengschak.	
- verband tussen vermogen en volumestroom indicatief - $q_{v4,100} > 0$ grootte is afhankelijk van ontwerp - q_{v4} willekeurig gekozen, afhankelijk van stand h/h ₁₀₀ RA			
Functie inregelaarsluiters			
- instellen vollast volumestroom $q_{M1,100}$ met IRA1			
Hydraulische ontwerpeisen			
- $\Delta p_{2,100} < 1,5 \text{ kPa}$ - RA=equiprocentueel en complementair met $40 < SVO < 70$ - A>0,4			

Dimensioneren regelafsluiter RA en pomp(en)

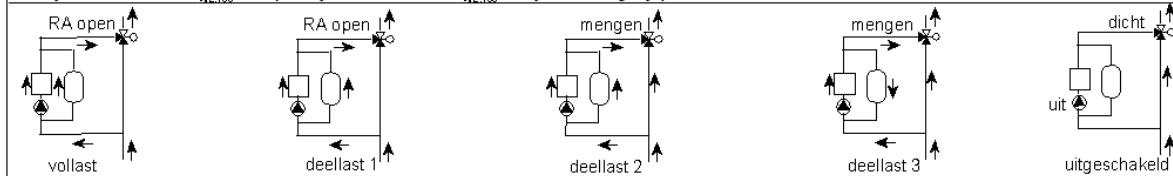
- $\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot \Delta p_{3,100}$
- $k_{\text{ve}} = 36000 \cdot q_{v,100} \cdot (p / \Delta p_{RA,100})^{0.5}$ Hierin is: k_{ve} in [m^3/h]; $q_{v,100}$ in [m^3/s]; p in [kg/m^3] en $\Delta p_{RA,100}$ in [Pa]
- selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_{ve} -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelafsluiter RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C.

$$\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{v,100}) / k_{\text{ve}})^2$$

- drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_2$ ten laste van CP

Hydraulisch ontwerp

- buffer kan als mengbuffer of thermisch gelaagde buffer worden uitgevoerd, zie bijlage J voor ontwerp en toelichting
 > *thermisch gelaagde buffer energetisch beter, hogere aanvoertemperatuur θ_1 tijdens ontladen en lagere retourtemperatuur θ_3 tijdens laden*
- bereken met de rekenmethode in bijlage E, rekenen aan mengpunt, of de retourtemperatuur θ_3 naar de opwekker tijdens starten of laden buffer niet te laag wordt, waardoor bijvoorbeeld de condensordruk beveiliging van een warmtepomp aanspreekt
- als CP=uit en RA= open ongewenste volumestroom q_M voorkomen door motorafsluiter MA toe te passen

Bedrijfs situaties voor $q_{v,2,100} > 0$ (bedrijfs situaties voor $q_{v,2,100}=0$ zijn ook mogelijk)**Regeling**

- constante aanvoertemperatuur $\theta_1 < \theta_2$, d.m.v. mengen met RA
- lagere temperaturen mogelijk door de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk voor te regelen d.m.v. mengen met RA
 > *beoordeel de gevolgen hiervan op een thermisch gelaagde buffer en retourtemperatuur*
- als opwekker geen vermogen levert CP=uit

Passieve moduul**Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index****mengschakeling****verdeel- of verdeel en mengschak.****Functie inregelafsluiter**

- instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1. Hierbij is RA2 open, dus $q_{v,2}=0$

Hydraulische ontwerpeisen

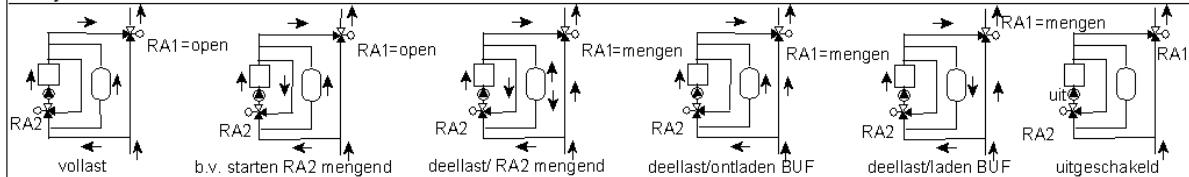
- $\Delta p_{4,0} < 1,5 \text{ kPa}$
- $\Delta p_{2,0} < 1 \text{ kPa}$, korte dikke buis
- $\Delta p_{1,100} \sim 1 \text{ kPa}$
- RA1= equiprocentueel en complementair met $40 < \text{SVO} > 70$
- Autoriteit RA1; $A > 0,4$
- RA2=lineair en complementair met $40 < \text{SVO} > 70$
- Autoriteit RA2; $A > 0,3$

dimensioneren regelaarsluiters RA en pomp(en)

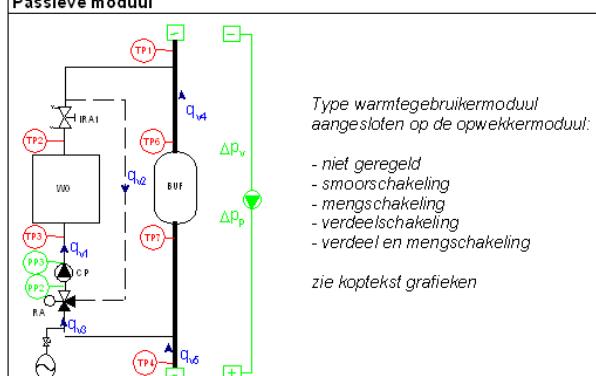
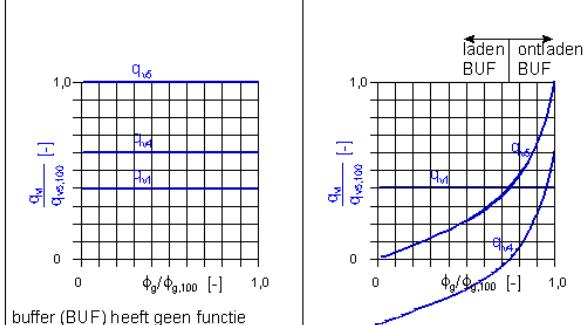
- $\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot \Delta p_{x,100}$ Voor RA1 geldt index x=3 en voor RA2 geldt index x=6
- $k_e = 36000 \cdot (\rho / \Delta p_{RA,100})^{0,6}$ Hierin is: k_e in [m^3/h]; $\Delta p_{x,100}$ in [m^3/s]; ρ in [kg/m^3] en $\Delta p_{RA,100}$ in [Pa]
- selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_e -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelaarsluiters RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C.

$$\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{x,100}) / k_e)^2 \cdot \rho$$

- Drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_8, \Delta p_4$ en RA2 ten laste van CP

Hydraulisch ontwerp**Bedrijfs situaties****Regeling**

- RA1 t.b.v. regeling aanvoertemperatuur θ_1
- RA2 t.b.v. beveiliging retourtemperatuur θ_3

Passieve moduul**Hydraulisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen****niet geregeld****hoeveelheidschakeling**

buffer (BUF) heeft geen functie

Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index

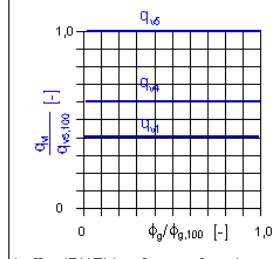
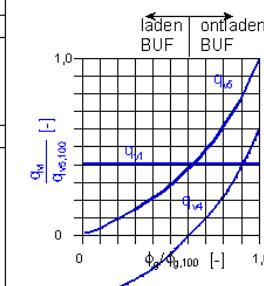
- verband tussen volumestromen en vermogen is indicatief
- $q_{v,100} > 0$ grootte is afhankelijk van ontwerp
- RA=dicht, dus $q_{v,0} = 0$

Functie inregelaarsluiters

- instellen vollast volumestroom $q_{M,100}$ met IRA1. Hierbij is RA dicht, dus $q_{v,0} = 0$

Hydraulische ontwerpeisen

- $\Delta p_{ap} < 1,5$ kPa
- $\Delta p_{bp} < 1$ kPa
- RA=lineair en complementair met $40 < SVO < 50$
- $A > 0,3$
- q_v =variabel en neemt af bij lagere vermogensvraag

mengschakeling**verdeel- of verdeel en mengschak.**

buffer (BUF) heeft geen functie

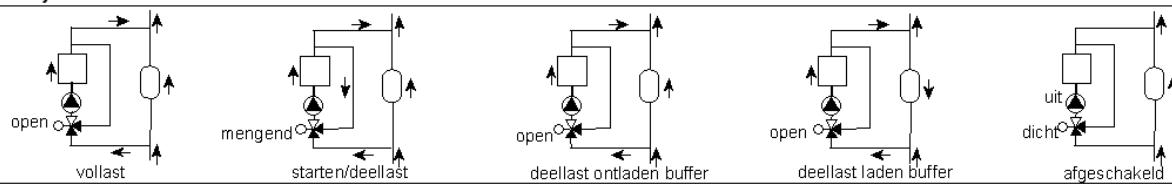
Dimensioneren regelafsluiter RA en pomp(en)

- $\Delta p_{RA,100} = A/(1-A) \cdot \Delta p_{3,100}$
- $k_e = 36000 \cdot q_{g,100} \cdot (\rho / \Delta p_{RA,100})^{0.5}$. Hierin is: k_e in [m^3/h]; $q_{g,100}$ in [m^3/s]; ρ in [kg/m^3] en $\Delta p_{RA,100}$ in [Pa]
- selecteer nu de dichtstbij liggende (lagere) k_e -waarde met de gegevens van de fabrikant/leverancier en bereken daarna het drukverlies $\Delta p_{RA,100}$ opnieuw met de onderstaande formule voor de geselecteerde regelafsluiter RA, zie voor overige selectiegegevens RA bijlage C.
- $\Delta p_{RA,100} = ((36000 \cdot q_{g,100}) / k_e)^2 \cdot \rho$
- drukverlies in de lus: $\Delta p_1, \Delta p_3, \Delta p_4$ en RA ten laste van CP

Hydraulisch ontwerp

- als $q_{4,100} > 0$, zie grafieken
- als $q_{4,100} = 0$, buffer kan alleen ontladen als CP=uit

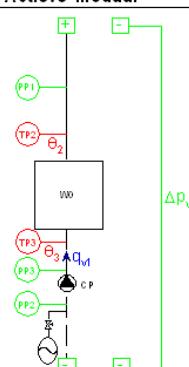
Bedrijfs situaties



Regeling

- RA t.b.v. beveiliging tegen te lage retourtemperatuur θ_3

Actieve moduul



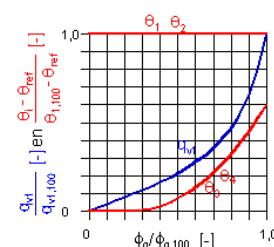
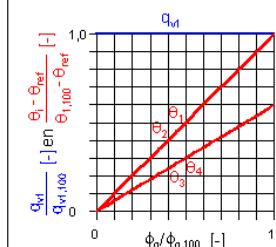
Type warmtegebruikmoduul
aangesloten op de opwekkermoduul:

- niet geregeld
- smoorschakeling
- mengschakeling
- verdeelschakeling
- verdeel en mengschakeling

zie koptekst grafieken

Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen

niet geregeld (stooklijn voor θ_2) smoorschakeling ($\theta_2 = \text{constant}$)



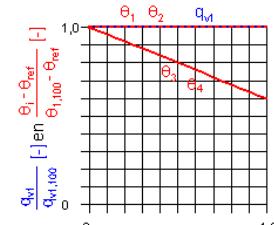
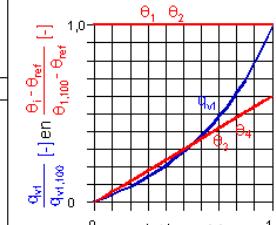
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)

- vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$
- $\theta_{ref} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$

mengschakeling ($\theta_2 = \text{constant}$)

verdeel- of verdeel en mengschak.

$\theta_2 = \text{constant}$



Functie inregelafsluuters

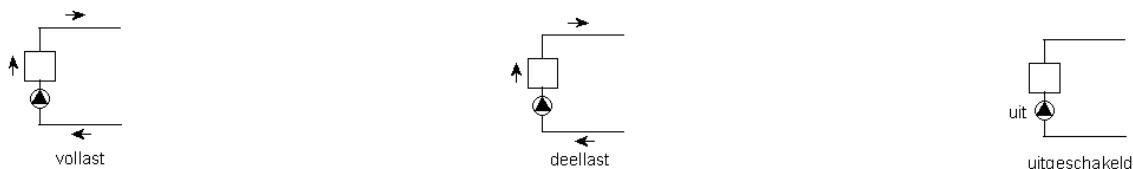
Hydraulische ontwerpeisen

Dimensioneren pomp(en)

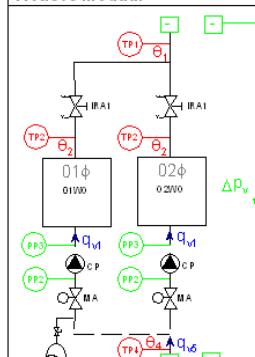
- drukverlies in lus: Δp_1 , en Δp_v ten laste van CP, na inregelen is het drukverschil Δp_v over alle parallel geschakelde gebruikerstakken gelijk, anders tak met grootst drukverschil $\Delta p_{v,\max}$ nemen

Hydraulisch ontwerp

- let bij het gebruik van smoorschakeling en mengschakeling op de minimale volumestroom q_M door de opwekker gewaarborgd is
- let bij het gebruik van smoorschakeling en mengschakeling op de minimale retourtemperatuur θ_2 gewaarborgd is
- als een constant drukverschil over de warmtegebruiker(s) wordt aangebracht, bijvoorbeeld door toerenregeling van CP, hoeft voor berekening van de van het drukverschil $\Delta p_{RA,100}$ over de regelaarsluiters(s) RA van de warmtegebruiker(s) niet de toename van de pomdruk en het drukverlies over de opwekker in rekening te worden gebracht

Bedrijfs situaties**Regeling**

- bij variabele volumestroom q_M toerenregeling CP mogelijk, besparing op transportenergie. Let hierbij op de eventuele toename van de temperatuur θ_1 . Voor rekenen aan dit soort situaties wordt verwezen naar bijlage E.

Actieve modul

Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermodule:

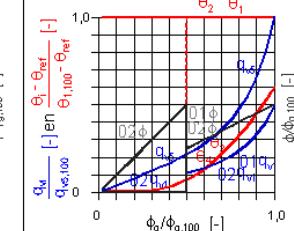
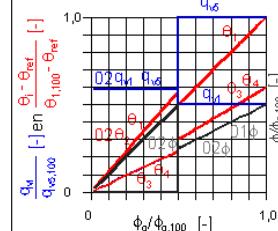
- niet geregeld
- smoorschakeling
- mengschakeling
- verdeelschakeling
- verdeel en mengschakeling

zie koptekst grafieken

Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen niet geregeld (stooklijn voor θ_2)

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	deellast

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	deellast

**Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index**

- gelijke vollast vermogens opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2 \phi_{3,100}$
- vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$
- $\theta_{ref} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$

Functie inregelaarsluiters

- instellen vollast volumestroom $01q_{M,100}$ met 01IRA1
- instellen vollast volumestroom $02q_{M,100}$ met 02IRA1

Hydraulische ontwerpeisen

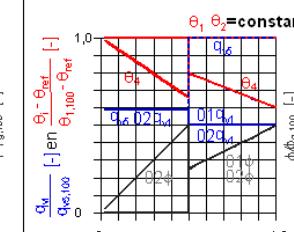
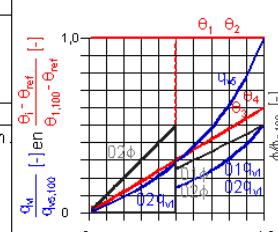
- als q_M = variabel dan blinddruk pompen 01p_{p,max} en 02p_{p,max} gelijk kiezen i.v.m. ongelijke pompdruktename tijdens deellast, waardoor snelle afname $01q_M$ of $02q_M$ optreedt. Omkeren q_M is hydraulisch gezien mogelijk.
- q_M sprong bij afschakelen 01WO kleiner houden dan 10%, zie hydraulisch ontwerp

mengschakeling ($\theta_2 = \text{constant}$)

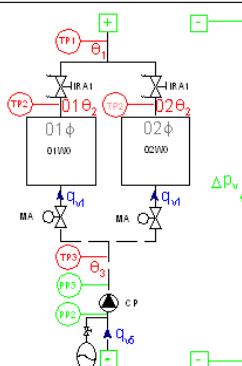
01WO	uit	deellast
02WO	deellast	deellast

verdeel- of verdeel en mengschak.

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	deellast



WARMTEOPWEKKERMODUUL 13; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 2 van 2)			Regeling: θ_1 = ingestelde waarde	ISSO - publicatie 44																		
Actieve moduul	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen																					
<p>Type warmtegebruikermoduul aangesloten op de opwekkermodule:</p> <ul style="list-style-type: none"> - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling <p>zie koptekst grafieken</p>	niet geregeld (stooklijn voor θ_1) <table border="1"> <tr><td>01WO</td><td>uit</td><td>deellast</td></tr> <tr><td>02WO</td><td>deellast</td><td>vollast</td></tr> </table> smoorschakeling (θ_1=constant) <table border="1"> <tr><td>01WO</td><td>uit</td><td>deellast</td></tr> <tr><td>02WO</td><td>deellast</td><td>vollast</td></tr> </table>			01WO	uit	deellast	02WO	deellast	vollast	01WO	uit	deellast	02WO	deellast	vollast							
01WO	uit	deellast																				
02WO	deellast	vollast																				
01WO	uit	deellast																				
02WO	deellast	vollast																				
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0) <ul style="list-style-type: none"> - vollast vollaard vermogen opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$ - vollast waternormeratuur $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$ - $\theta_{ref} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$ 	mengschakeling (θ_1=constant) <table border="1"> <tr><td>01WO</td><td>uit</td><td>deellast</td></tr> <tr><td>02WO</td><td>deellast</td><td>vollast</td></tr> </table> verdeel- of verdeel en mengschak. <table border="1"> <tr><td>01WO</td><td>uit</td><td>deellast</td></tr> <tr><td>02WO</td><td>deellast</td><td>vollast</td></tr> </table>			01WO	uit	deellast	02WO	deellast	vollast	01WO	uit	deellast	02WO	deellast	vollast							
01WO	uit	deellast																				
02WO	deellast	vollast																				
01WO	uit	deellast																				
02WO	deellast	vollast																				
Functie inregelafluiters <ul style="list-style-type: none"> - instellen vollast volumestroom $01q_{v,100}$ met 01IRA1 - instellen vollast volumestroom $02q_{v,100}$ met 02IRA1 																						
Hydraulische ontwerpeisen <ul style="list-style-type: none"> - als q_v = variabel dan blinddruk pompen $01p_{p,max}$ en $02p_{p,max}$ gelijk kiezen i.v.m. ongelijke pompdruktentamen tijdens deellast, waardoor snelle afname $01q_v$ of $02q_v$ optreedt. Omkeren q_v is hydraulisch gezien mogelijk - q_v sprong bij afschakelen 01WO kleiner houden dan 10%, zie hydraulisch ontwerp 																						
WARMTEOPWEKKERMODUUL 13; ONTWERPREGELS EN REGELING																						
Dimensioneren pomp(en) <ul style="list-style-type: none"> - drukverlies in lus: $01\Delta p_1$, Δp_6 en Δp_v ten laste van 01CP en - drukverlies in lus: $02\Delta p_1$, Δp_6 en Δp_v ten laste van 02CP, er is nog niet ingeregeld, dus lus met grootste drukverlies voor Δp_v kiezen 																						
Hydraulisch ontwerp <ul style="list-style-type: none"> - q_v sprong bij afschakelen 01WO wordt bepaald door: <ul style="list-style-type: none"> > als $01\Delta p_{1,100} = 02\Delta p_{1,100}$ groter wordt, dan wordt de q_v sprong kleiner > als $\Delta p_{v,100}$ groter wordt, dan wordt de q_v sprong kleiner - let bij het gebruik van smoer- of mengschakeling op de minimale volumestroom q_m door de opwekker(s) en/of minimale retourtemperatuur θ_3 gewaarborgd is - als een constant drukverschil over de warmtegebruiker(s) wordt aangebracht, bijvoorbeeld door toerenregeling van CP moet voor berekening van de verschijndruk $\Delta p_{RA,100}$ over de regelafluiters RA van de warmtegebruiker(s) niet de toename van de pompdruk CP en het drukverlies over de opwekker in rekening te worden gebracht, zie ook regeling - bij afschakelen opwekker, pomp uit, voorkomen dat q_m omkeert, met MA of terugslagklep 																						
Bedrijfs situaties <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">ongewenst</td> <td style="text-align: center;">ongewenst</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">vollast</td> <td style="text-align: center;">deellast</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">ongewenst</td> <td style="text-align: center;">ongewenst</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">deellast</td> <td style="text-align: center;">deellast</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;">ongewenst</td> <td style="text-align: center;">ongewenst</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">deellast 02WO uit</td> <td style="text-align: center;">uitgeschakeld</td> </tr> </table>					ongewenst	ongewenst			vollast	deellast	ongewenst	ongewenst			deellast	deellast	ongewenst	ongewenst			deellast 02WO uit	uitgeschakeld
ongewenst	ongewenst																					
vollast	deellast																					
ongewenst	ongewenst																					
deellast	deellast																					
ongewenst	ongewenst																					
deellast 02WO uit	uitgeschakeld																					
Regeling <ul style="list-style-type: none"> - openen temperatuur $02\theta_2$ tijdens deellast bij regeling $\theta_1=\text{constant}$, zie grafieken blad 2. Hier mee rekening houden bij instellen maximaalthermostaat van opwekker 2 (02WO) - temperatuur θ_1 niet hoger maken dan nodig door bijvoorbeeld weersafhankelijk voor te regelen. Dit voorkomt tevens het aanspreken van de maximaalthermostaat van 02WO - als q_v daalt tijdens deellast toerenregeling mogelijk, zie voor hydraulisch gedrag bijlage A "distributiesystemen" - berekening deellastsituaties met andere soorten regeling is mogelijk met de rekenmethode in bijlage E 																						

Actieve modul


Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermodule:

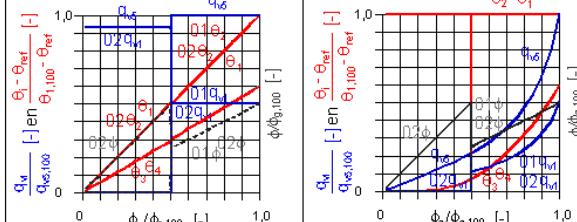
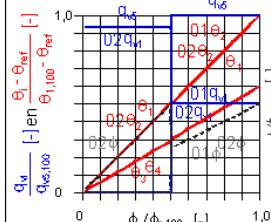
- niet geregeld
 - smoorschakeling
 - mengschakeling
 - verdeelschakeling
 - verdeel en mengschakeling
- zie koptekst grafieken

Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen
niet geregeld (stooklijn voor θ_2)

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	deellast

smoorschakeling ($\theta_2=\text{constant}$)

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	deellast


Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index

- gelijke vollast vermogen opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$
- vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$
- $\theta_{\text{ref}} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$

Functie inregelafluiters

- instellen vollast volumestroom $01q_{v,100}$ met 01IRA1
- instellen vollast volumestroom $02q_{v,100}$ met 02IRA1

Hydraulische ontwerpeisen

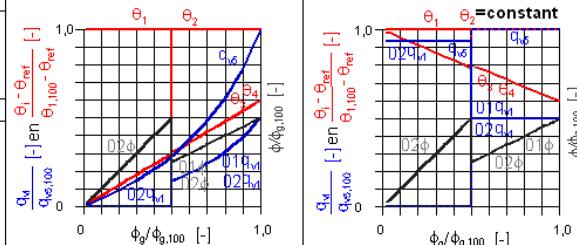
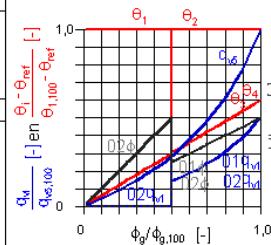
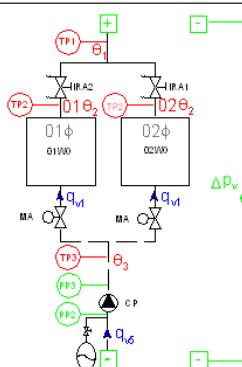
- $q_{\text{v},6}$ sprong bij afschakelen 01WO kleiner houden dan 10%, zie hydraulisch ontwerp

mengschakeling ($\theta_2=\text{constant}$)

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	deellast

verdeel- of verdeel en mengschak.

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	deellast


Actieve modul


Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermodule:

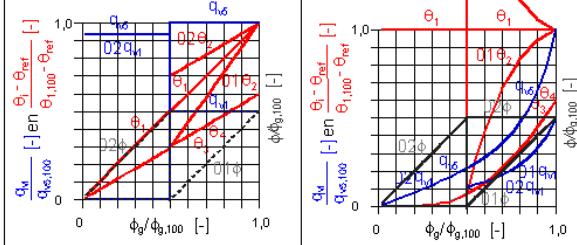
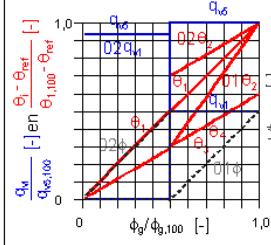
- niet geregeld
 - smoorschakeling
 - mengschakeling
 - verdeelschakeling
 - verdeel en mengschakeling
- zie koptekst grafieken

Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen
niet geregeld (stooklijn voor θ_1)

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	vollast

smoorschakeling ($\theta_1=\text{constant}$)

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	vollast


Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)

- gelijke vollast vermogen opwekkers $01\phi_{100} = 02\phi_{100} = 1/2\phi_{g,100}$
- vollast watertemperaturen $\theta_{1,100} = \theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ en $\theta_{3,100} = \theta_{4,100} = 50^\circ\text{C}$
- $\theta_{\text{ref}} = \text{constant} = 20^\circ\text{C}$

Functie inregelafluiters

- instellen vollast volumestroom $01q_{v,100}$ met 01IRA1
- instellen vollast volumestroom $02q_{v,100}$ met 02IRA1

Hydraulische ontwerpeisen

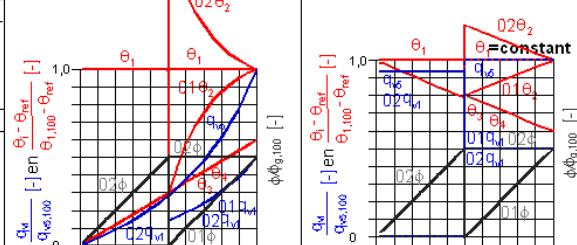
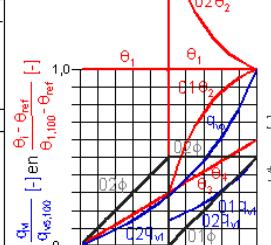
- $q_{\text{v},6}$ sprong bij afschakelen 01WO kleiner houden dan 10%, zie hydraulisch ontwerp

mengschakeling ($\theta_1=\text{constant}$)

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	vollast

verdeel- of verdeel en mengschak.

01WO	uit	deellast
02WO	deellast	vollast



Dimensioneren pomp(en)

- drukverlies in lus: $01\Delta p_1, \Delta p_s$ en Δp_v ten laste van CP
- drukverlies in lus: $02\Delta p_1, \Delta p_s$ en Δp_v ten laste van CP. De lus met het grootste drukverlies, als nog niet is ingeregeld, is maatgevend voor CP

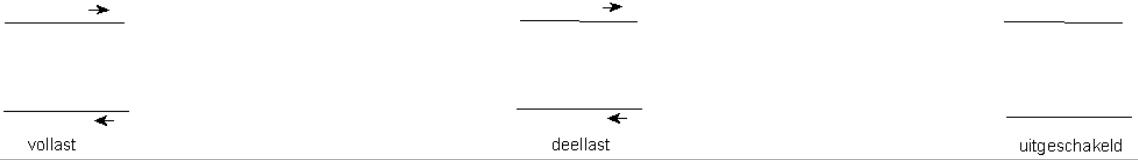
Hydraulisch ontwerp

- bij niet geregeld en verdeel- of verdeel en mengschakeling moet opwekker 02WO geschikt zijn voor een volumestroom gelijk aan $q_{v,100}$
- q_v sprong bij afschakelen 01WO wordt bepaald door:
 - > als $01\Delta p_{1,100} = 02\Delta p_{1,100}$ groter wordt, dan q_v sprong kleiner
 - > als $\Delta p_{v,100}$ groter wordt, dan q_v sprong kleiner
- let bij het gebruik van smoor- of mengschakeling op de minimale volumestroom q_m door de opwekker(s) en/of minimale retourtemperatuur θ_3 gewaarborgd is

Bedrijfs situaties**Regeling**

- oplopen temperatuur $02\theta_2$ tijdens deellast bij regeling $\theta_1=\text{constant}$, zie grafiekenblad 2. Hiermee rekening houden bij instellen maximaalthermostaat van opwekker 2 (02WO)
- temperatuur θ_1 niet hoger maken dan nodig door bijvoorbeeld weersafhankelijk voor te regelen. Dit voorkomt tevens het aanspreken van de maximaalthermostaat van 02WO
- als q_m afneemt bij deellast met of zonder toerenregeling CP, dan rekening houden met de afname van $01q_m$ en $02q_m$ die afhankelijk is van de hydraulische weerstand in beide afzonderlijke circuits, zie bijlage A "distributiesystemen".
- berekening deellast situaties met andere soorten regeling is mogelijk met de rekenmethode in bijlage E

WARMTEOPWEKKERMODUUL 15; GEDRAG EN ONTWERPEISEN (blad 1 van 1)		Regeling: $\theta_1 = \text{ingestelde waarde}$	ISSO - publicatie 44
Actieve of Passieve moduul, zie voorwaarde voor Δp_s	Hydraulisch en thermisch gedrag, zie hydraulische ontwerpeisen		
	niet geregeld (stooklijn voor θ_1)	smoorschakeling ($\theta_1=\text{constant}$)	
<p>actief als $\Delta p_a > 1\text{kPa}$ passief als $\Delta p_a < 1\text{kPa}$</p> <p>Type warmtegebruikermodule aangesloten op de opwekkermodule:</p> <ul style="list-style-type: none"> - niet geregeld - smoorschakeling - mengschakeling - verdeelschakeling - verdeel en mengschakeling <p>zie koptekst grafieken</p>			
Uitgangspunten bij de grafieken (vollast = index 100 en nullast = index 0)	mengschakeling ($\theta_1=\text{constant}$)	verdeel- of verdeel en mengschak.	
- vollast watertemperaturen $\theta_{1,100}=70^\circ\text{C}$ en $\theta_{4,100}=50^\circ\text{C}$ - $\theta_{ref}=\text{constant}=20^\circ\text{C}$		$\theta_1=\text{constant}$	
Functie inregelafluiters			
Hydraulische ontwerpeisen			
- hydraulische schakeling moet bestand zijn tegen leveringsdruk p_s - moduul actief, maar $\Delta p_{a,100}$ te klein, dan pomp in buis 5 projecteren		<p>niet geschikt voor stadsverwarming</p>	

WARMTEOPWEKKERMODUUL 15; ONTWERPREGELS EN REGELING Dimensioneren pomp(en) - drukverlies in lus: Δp_v met grootste drukverlies ten laste $\Delta p_{a,100}$ en eventueel in buis 5 geprojecteerde pomp	ISSO - publicatie 44 Hydraulisch ontwerp - Voor vereiste lage retourtemperatuur warmtegebruikermodulen selecteren met dalende retourtemperatuur θ_4
Bedrijfs situaties 	

2.6 INREGELEN VAN DE VOLUMESTROMEN

Het doel van het waterzijdig inregelen van de volumestromen met de IRA's is het realiseren van de berekende ontwerpervolumestromen (= vollast) in de buizen van de hydraulische schakeling.

Het gedrag van een hydraulische schakeling tijdens deellastsituaties wordt mede bepaald door de vollastsituatie en is daarom onderdeel van het hydraulisch ontwerp.

Het inregelen van de volumestromen geschieht nadat de installatie geheel of gedeeltelijk is gerealiseerd en gevuld met water. Tijdens het ontwerp dient de ontwerper ervoor te zorgen dat de benodigde inregelvoorzieningen in de hydraulische schakelingen worden geprojecteerd.

In ISSO-publicatie 44 wordt hierin automatisch voorzien doordat in de modulen de benodigde inregelafluiters reeds zijn opgenomen.

Voor het bepalen van de juiste stand (weerstand) van de regelafluiter zijn twee methoden beschikbaar:

- Voorinstelmethode;
- Proportionele methode.

In de praktijk wordt voor hydraulische schakelingen meestal de voorinstelmethode toegepast. De procedures van beide methoden zijn uitgewerkt in ISSO-publicatie 31 [1] en ISSO-publicatie 42 [2].

2.7 VOORBEELDEN

2.7.1 Voorbeeld 1: Warmtegebruikers aangesloten op ketels

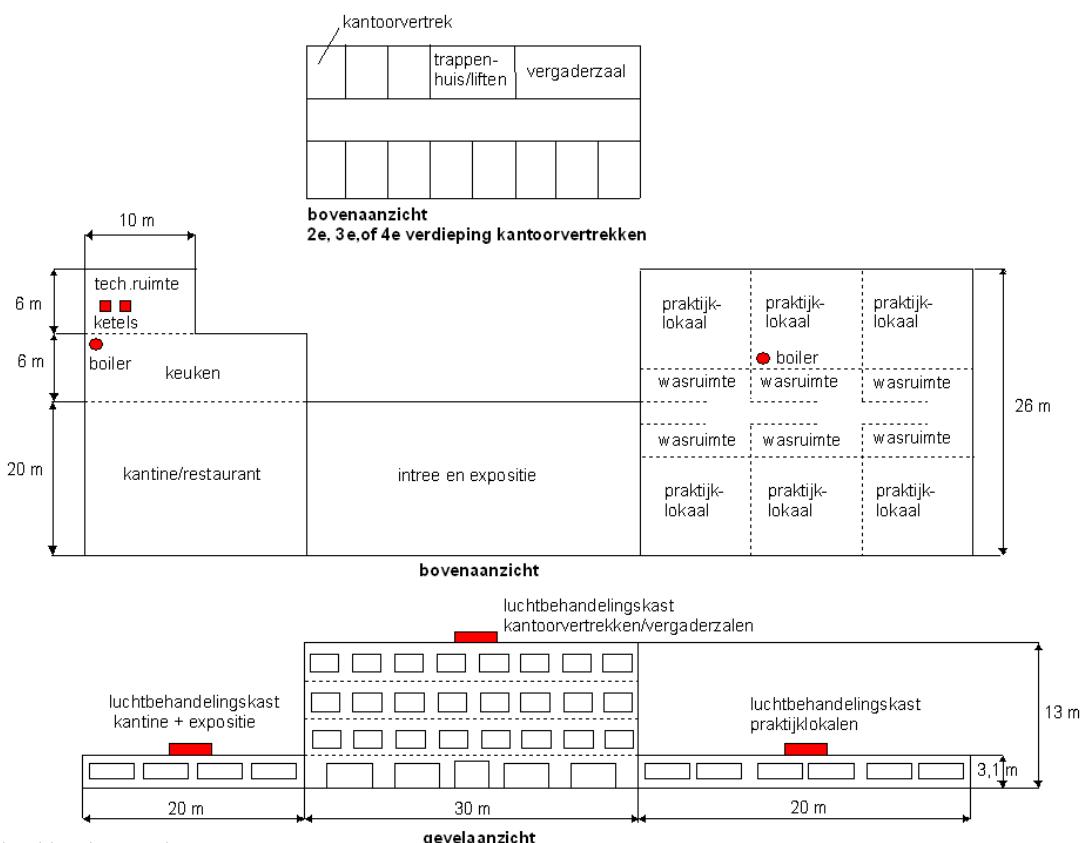
'Verwarmingsinstallatie voor een kantoorgebouw met kantine en praktijkruimte'

1 Benodigde gegevens en uitgangspunten (zie ook tabel in hoofdstuk 2.1.)

1a. Gebouwgegevens

- Het kantoorgebouw is getekend gegeven in figuur 2.7.1;
- Nieuw te bouwen kantoorgebouw met expositieruimte en praktijklokalen:
 - 33 kantoorvertrekken verdeeld over de 2e, 3e en 4e verdieping;
 - 3 vergaderruimten verdeeld over de 2e, 3e en 4e verdieping;

- Entree plus expositie op de 1e verdieping;
- 6 praktijklokalen op de 1e verdieping, rechts van de entree;
- Kantine/restaurant met keuken op de 1e verdieping, links van de entree;
- Technische ruimte 1e verdieping, aangebouwd aan kantine.
- Voor de hoofdafmetingen van het gebouw, zie figuur 2.7.1;
- De gebouwfysische gegevens, zoals U-waarden, massa's worden bekend verondersteld;
- Op de 1e verdieping kunnen de ramen niet worden opengezet, behalve in de praktijklokalen waar bovenliggende klapramen aanwezig zijn. Op de 2e, 3e en 4e verdieping, dus in de kantoorvertrekken en vergaderzalen, kunnen de ramen worden opengezet;
- Oriëntatie voorgevel/achtergevel; ZW/NO;
- Bouwkundige beperkingen en bijzonderheden:
 - Er is een kruipruimte onder het gehele gebouw aanwezig;
 - Verlaagd plafond (0,5 m) aanwezig in kantoorvertrekken en vergaderzalen;
 - Verlaagd plafond aanwezig (0,3 m) in entree en kantine;
 - Geen verlaagd plafond in praktijklokalen;
 - In de expositieruimte mogen geen verwarmingslichamen voor het glas worden geplaatst;
 - Distributiebuizen dienen zoveel mogelijk te worden weggewerkt in de kruipruimte en boven het verlaagd plafond.
- Uit een globale EPC-berekening (ISSO-publicatie 43) volgt dat gekozen wordt voor toerengeregelde pompen en hoogrendementketels.



figuur 2.7.1: Aanzichten kantoorgebouw

Figuur 2.7.1 Aanzichten kantoorgebouw van voorbeeld 1

1b Operationeel gebruik van het gebouw

Werkdagen

Ruimte	Tijd	Aantal personen per ruimte	Opmerkingen
Kantoorvertrek (aantal = 33)	08.00 – 18.00	1 tot 2	Normale bezetting 25 tot 40 personen
	18.00 – 22.00	1 tot 2	Aantal personen en verdieping opgeven bij receptie
	22.00 – 08.00	–	Geen gebruik
Vergaderzaal (aantal = 3)	08.00 – 18.00	4 tot 12	Vergaderzalen zijn niet permanent in gebruik
	18.00 – 22.00	4 tot 12	Aantal personen en verdieping opgeven bij receptie
	22.00 – 08.00	–	Geen gebruik
Entree/receptie (aantal = 1)	08.00 – 18.00	3	
	18.00 – 22.00	–	Geen gebruik
	22.00 – 08.00	–	Geen gebruik
Expositie (aantal = 1)	09.00 – 17.00	0 tot 50	
	17.00 – 22.00	–	Geen gebruik
	22.00 – 08.00	–	Geen gebruik
Praktijklokaal (aantal = 6)	09.00 – 17.00	4 tot 10	<ul style="list-style-type: none"> Praktijklokalen zijn niet permanent in gebruik; Perioden dat geen van de praktijklokalen in gebruik is.
	17.00 – 22.00	–	Geen gebruik
	22.00 – 08.00	–	Geen gebruik
Kantine/restaurant en keuken (aantal = 1)	09.00 – 16.00	10 tot 80	5 personeelsleden om 08.00 aanwezig
	16.00 – 22.00	–	5 personeelsleden tot 17.00 aanwezig
	22.00 – 08.00	–	Geen gebruik

Wekeinden

In het weekend is het gebouw buiten gebruik.

Apparatuur en verlichting

De opgestelde apparatuur en geïnstalleerde verlichting wordt bekend verondersteld.

1c Installatieconcepten

Ruimte	Ventilatie	Verwarmen	Mechanisch koelen	Bevochtigen/ontvochtigen	Installatieconcept volgens ISSO-publicatie 43
Kantoorvertrekken en vergaderzalen	Mechanische toe- en afvoer	Radiatoren en ventilatielucht	Nee • Beperkt koelen met ventilatielucht; • Nachtventilatie toepassen.	Nee	A.7.1
Kantine en expositieruimte	Mechanische toe- en afvoer	Vloerverwarming in expositieruimte ventilatielucht en radiatoren	Ja, door middel van lucht	Nee	A.11.7
Praktijklokalen	Mechanische toe- en afvoer	Radiatoren en ventilatielucht	Nee • Overdag beperkt koelen met ventilatielucht mogelijk.	Nee	A.7.1

- Toiletten en keuken hebben afzonderlijke mechanische afzuiginstallaties;
- In alle genoemde ruimten: kantoorvertrekken; vergaderzalen; praktijklokalen; expositieruimte en kantine wordt individuele regeling toegepast;
- Op basis van het operationeel gebruik en de thermodynamische functies wordt gekozen voor drie gescheiden ventilatiesystemen:
 - Mechanisch ventilatiesysteem met koeling voor kantine en expositieruimte;
 - Mechanisch ventilatiesysteem voor kantoorvertrekken en vergaderzalen;
 - Mechanisch ventilatiesysteem voor de praktijklokalen.

Concreet betekent dit drie luchtbehandelingskasten (met WTW) gemonteerd op de verschillende daken van het gebouw, zie figuur 2.7.1.

- Op basis van het operationeel gebruik worden de volgende radiatorgroepen onderscheiden:
 - Radiatorgroep a voor de kantoorvertrekken en vergaderzalen;
 - Radiatorgroep b voor kantine en expositie;
 - Radiatorgroep c voor praktijklokalen.

1d Specifieke projectvoorwaarden

Geen.

1e Aantal warmtegebruikers, gevraagde vermogens en temperaturen

Warmtegebruikers

Warmtegebruikers	Warmtegebruiker(s)	Vermogen*) $\Phi_{g,100}$ [KW]	Watertemperatuur $\theta_{2,100}$ en $\theta_{3,100}$ [°C]	Luchttemperatu(u)r(en) $\theta_{2,100}$ en $\theta_{3,100}$ [°C]
Kantoorvertrekken vergaderzalen en aanliggende verkeersruimten (gangen en trappenhuis)	Radiatorgroep a	40	70 en 50	$\theta_2 = \theta_{ref} = 20$ en $\theta_3 \approx 40$
	Mechanische ventilatielucht (niet in verkeersruimte(n))	13	70 en 50	$\theta_2 = 5$ en $\theta_3 = \theta_{ref} = 18$ (-7 naar 5 met behulp van WTW)
Kantine en expositieruimte	Radiatorgroep b	17	70 en 50	$\theta_2 = \theta_{ref} = 20$ en $\theta_3 \approx 40$
	Vloerverwarming expositieruimte	10	50 en 40	$\theta_2 = \theta_{ref} = 20$ en $\theta_3 \approx 30$
	Mechanische ventilatielucht	28	70 en 50	$\theta_2 = 5$ en $\theta_3 = \theta_{ref} = 18$ (-7 naar 5 met behulp van WTW)
Praktijklokalen en aanliggende verkeersruimten	Radiatorgroep c	28	70 en 50	$\theta_2 = \theta_{ref} = 20$ en $\theta_3 \approx 40$
	Mechanische ventilatielucht	13	70 en 50	$\theta_2 = 5$ en $\theta_3 = \theta_{ref} = 18$ (-7 naar 5 met behulp van WTW)
Keuken	Warm water aan tappunten	188	70 en 50	tapwatertemperaturen θ_2 ≈ 10 en $\theta_3 = 65$
Praktijklokalen	Warm water (aan tappunten)	204	70 en 50	tapwatertemperaturen θ_2 ≈ 10 en $\theta_3 = 65$

*) Bovengenoemde vermogens, in het bijzonder de vermogens van de radiatorgroepen zijn berekend met ISSO-publicatie 4 'Bepaling van het benodigde vermogen van verwarmingsinstallaties' zonder dat hierop een reductie is toegepast op basis van gelijktijdigheid, zoals dit onder andere is beschreven in ISSO-publicatie 4a. Deze reductie wordt bij het vaststellen van het vermogen voor de opwekker(s) ingevoerd.

Opwekkers

Warmtegebruiker(s)	Door opwekker(s) te leveren vermogen $\Phi_{0,100}$ [kW]	Watertemperatuur $\theta_{2,100}$ en $\theta_{3,100}$ [°C]
Radiatorgroep a Kantoorvertrekken en vergaderzalen	$0,8^*) \cdot 40 = 32$	
Mechanische ventilatie kantoorvertrekken en vergaderzalen	= 13	
Radiatorgroep b Kantine en expositieruimte	$1^*) \cdot 17 = 17$	Aanvoertemperatuur $\theta_{2,100} = 70$ °C
Vloerverwarming expositieruimte	= 10	Retourtemperatuur, ongeveer 50 °C, afhankelijk van retourtemperatuur θ_4 en volumestroom q_{v5} van de gebruikermodulen; dit wordt later berekend
Mechanische ventilatie kantine en expositieruimte	= 28	
Radiatorgroep c Praktijklokalen	$0,7^*) \cdot 28 = 19,6$	
Mechanische ventilatie praktijklokalen	= 13	
Warmtapwater keuken (reductie vermogen ten gevolge van gebruik boiler (300 liter))	= 7	
Warmtapwater praktijklokalen reductie vermogen ten gevolge van gebruik boiler (600 liter)	= 12	
*) De voor dit voorbeeld gehanteerde reductiefactor in verband met gelijktijdigheid vermogensafname, zie hiervoor aanvulling ISSO-publicatie 4 'Bepaling van het aansluitvermogen - Een nadere beschouwing van de warmteverliesberekening volgens ISSO-publicatie 4'.		

2 Selectie apparaten voor warmtegebruikers en warmteopwekkers

Groep	Warmtegebruiker(s)*)	Bekende gegevens	Berekend *)	Gegevens uit berekening en/of selectie apparaat
5	Radiatorgroep a Kantoorvertrekken en vergaderzalen	$\theta_{2,100} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 32 \text{ kW}$	$q_{v1,100} = 0,00039 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Radiatoren + distributiesysteem $d_{1,inw}**) = 0,0285 \text{ [m]}$ $V = 0,573 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 40 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$
8	Mechanische ventilatie Kantoorvertrekken en vergaderzalen	$\theta_{2,100} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 13 \text{ kW}$	$q_{v1,100} = 0,00016 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Voorverwarmer $d_{1,inw} = 0,0223 \text{ [m]}$ $V = 0,405 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 8 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$
6	Radiatorgroep b Kantine en expositieruimte	$\theta_{2,100} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 17 \text{ KW}$	$q_{v1,100} = 0,00021 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Radiatoren + distributiesysteem $d_{1,inw}**) = 0,0223 \text{ [m]}$ $V = 0,53 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 18 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$
3	Vloerverwarming Expositieruimte	$\theta_{2,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 10 \text{ KW}$	$q_{v1,100} = 0,00024 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Buizen in de vloer (naverwarmers) $d_{1,inw} = 0,0223 \text{ [m]}$ $V = 0,312 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 41 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$
9	Mechanische ventilatie kantine en expositieruimte	$\theta_{2,100} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 28 \text{ KW}$	$q_{v1,100} = 0,00034 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Voorverwarmer $d_{1,inw} = 0,0285 \text{ [m]}$ $V = 0,535 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 12 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$
4	Radiatorgroep c Praktijklokalen	$\theta_{2,100} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 19,6 \text{ KW}$	$q_{v1,100} = 0,00024 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Radiatoren + distributiesysteem $d_{1,inw}**) = 0,0223 \text{ [m]}$ $V = 0,61 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 47 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$
7	Mechanische ventilatie Praktijklokalen	$\theta_{2,100} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 13 \text{ KW}$	$q_{v1,100} = 0,00016 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Voorverwarmer $d_{1,inw} = 0,0223 \text{ [m]}$ $V = 0,405 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 8 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$
2	Warmtapwater keuken boiler: 300 liter	$\theta_{2,100} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 7 \text{ KW}$	$q_{v1,100} = 0,000085 \text{ [m}^3/\text{s}]$	Indirect gestookte boiler $d_{1,inw} = 0,0173 \text{ [m]}$ $V = 0,362 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 22 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$
1	Warmtapwater praktijklokalen boiler: 600 liter	$\theta_{2,100} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $\Phi_{100} = 12 \text{ KW}$	$q_{v1,100} = 0,00015 \text{ [m}^3/\text{s}]$	Indirect gestookte boiler $d_{1,inw} = 0,0223 \text{ [m]}$ $V = 0,374 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 19 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$

*)

- De radiatorgroepen vallen onder distributiesystemen, zie voor gedrag en ontwerpeisen bijlage A;

- Voor correctie van het vermogen van de radiatoren voor onder andere de afwijkende temperatuurniveaus 70/50 in plaats van 90/70 wordt verwezen naar ISSO-publicatie 1 'Vermogen van radiatoren en convectoren bij niet genormeerde opstelling';
- Voor het gemak gaan we er in dit voorbeeld van uit dat het vermogen van de geselecteerde apparaten gelijk is aan de berekende ontwerpvermogens. Dus geen over- of onderdimensionering ten gevolge van het selecteren uit vorhanden zijnde apparaten. Verder worden alleen de voor dit voorbeeld van belang zijnde apparaatgegevens vermeld;
- $q_{v1,100} = \Phi_{1,100} / \{ \rho \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_3) \}$

**) $d_{1,inw}$ = de buis die op de warmtegebruikermoduul wordt aangesloten.

Opwekker(s) *	Ontwerpgegevens	Berekend	Gegevens fabrikant/leverancier
Gasgestookte hoog rendement ketel	$\theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ $\theta_{3,100} = 49,55^\circ\text{C}$ *) $\Phi_{100} = 75,8 \text{ kW}$ *)	$q_{v1,100} = 0,000905 \text{ [m}^3/\text{h]}$	$d_{1,inw} = 0,0431 \text{ [m]}$ $V = 0,619 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 17 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$ $q_{v1,min} = 0,3 \cdot q_{v1,100} \text{ [m}^3/\text{h]}$ $\theta_{2,max} = 95^\circ\text{C}$ $\theta_{3,max} = 70^\circ\text{C}$
Gasgestookte hoog rendement ketel	$\theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$ $\theta_{3,100} = 49,55^\circ\text{C}$ *) $\Phi_{100} = 75,8 \text{ kW}$ *)	$q_{v1,100} = 0,000905 \text{ [m}^3/\text{h]}$	$d_{1,inw} = 0,0431 \text{ [m]}$ $V = 0,619 \text{ [m/s]}$ $\Delta p_{100} = 17 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{max} = 400 \text{ [kPa]}$ $q_{v1,min} = 0,3 \cdot q_{v1,100} \text{ [m}^3/\text{h]}$ $\theta_{2,max} = 95^\circ\text{C}$ $\theta_{3,max} = 70^\circ\text{C}$

*)

- Gekozen wordt voor twee parallelgeschakelde gasgestookte hoog rendement ketels. Keuze is onder andere gebaseerd op globale EPC-berekening. Iedere ketel neemt de helft van het door de gebruikers gevraagde ontwerpvermogen voor zijn rekening. Deze keuze is hoofdzakelijk bepaald door de 2e opwekker als reserve te beschouwen bij eventuele storing;
- Alle warmtegebruikers hebben een retourtemperatuur $\theta_{3,100} = 50^\circ\text{C}$, behalve de vloerverwarming $\theta_{3,100} = 40^\circ\text{C}$. Met de rekenregel voor het mengpunt in bijlage E kan nu de retourtemperatuur $\theta_{3,100}$ voor de opwekkers worden berekend.

$$\theta_{3,100} = \frac{0,00173}{0,00181} \cdot 50 + \left(1 - \frac{0,00173}{0,00181} \right) \cdot 40 = 49,55^\circ\text{C}$$

Hierin is: $0,00173$ = som van de volumestroom q_{v5} van alle warmtegebruikermodulen behalve de vloerverwarmingsmoduul.

$0,00181$ = volumestroom q_{v3} naar de opwekkers, wordt berekend met behulp van q_{v5} vloerverwarmingsmoduul, zie werkblad.

We gaan ervan uit dat er tijdens vollast geen bijneming plaatsvindt vanuit de aanvoer (70°C) naar de retour door bijvoorbeeld een open verdeler/verzamelaar of een buis voor handhaving van de minimale volumestroom in de hydraulische schakeling;

- Voor het gemak gaan we ervan uit dat het geselecteerde waterzijdig ketelvermogen Φ_{100} gelijk is aan de helft van het ontwerpvermogen van de gebruikers. Er vindt dus geen onder- of overdimensionering plaats ten aanzien van de vorhanden zijnde ketelvermogens;
- Beide opwekkers hebben een interne regeling, beveiliging en besturingsstrategie. De regeling van het vermogen geschiedt op basis van een constante aanvoertemperatuur θ_2 en modulerende branders die terugregelen tot 30% van het vollastvermogen Φ_{100} en daarna overgaan op aan-/uitregeling.

3 Selectie en samenstellen modulen (zie hoofdstuk 2.4)

Aan de hand van voorliggende gegevens en de voorwaarden die worden gesteld aan regeling, beveiliging en besturing (hoofdstuk 2.3) worden de modulen geselecteerd.

Rode draad bij de keuzen van de modulen is een lage, dalende retourtemperatuur θ_4 tijdens deellastsituaties.

a) Warmtegebruikermodulen

Radiatorgroepen a, b en c

Regeling van het vermogen:

- Gekozen wordt om de aanvoertemperatuur θ_2 voor iedere radiatorgroep weersafhankelijk voor te regelen op basis van de buitenluchttemperatuur. De radiatoren worden nageregeld met 2-weg thermostatische regelafsluiters. De overwegingen voor deze keuzes zijn:
 - Individuele naregeling is een eis uit het Programma van Eisen;
 - Verschil in operationeel gebruik is aanleiding drie groepen te creëren met eigen regeling;
 - Voorregeling van θ_2 leidt tot een betere individuele naregeling en minder warmteverlies in het distributiesysteem. Tevens wordt hiermee een verdere daling van de retourtemperatuur gerealiseerd.

Uit het overzicht van de warmtegebruikermodulen blijkt dat de volgende modulen geschikt zijn (let hierbij op de technische kenmerken, zoals de retourtemperatuur θ_4).

- Gebruikermodul 5 (passief);
- Gebruikermodul 7 (actief).

De regelafsluiter RA van de modul wordt in de technische ruimte gemonteerd, dicht bij de verdeler/verzamelaar van de distributiemodul. Dit betekent dat na een regelactie van de RA het ongeveer 30 seconden duurt voordat de gewijzigde aanvoertemperatuur θ_2 bij de radiatoren aankomt (dode tijd) dit is geoorloofd, omdat in dit geval de buffering van het gebouw voor voldoende traagheid zorgt (aspecten voor de regeling).

Op de achtergrond is reeds gekozen voor, of wordt gedacht aan een hydraulische scheiding van de opwekker(s) en de gebruiker(s) door middel van een opwekermodul met open verdeler/verzamelaar (= passieve modul). De reden hiervoor is dat de volumestroom door de ketels niet bepaald mag worden door de volumestroom q_{v5} van de gebruikers.

Voor modul 5 (passief) betekent dit dat of een actieve distributiemodul moet worden geselecteerd (zie regels voor samenstellen in hoofdstuk 2.4) of modul 5 moet actief worden gemaakt door een pomp in buis 5 van modul 5 op te nemen. Het gaat hier om korte afstanden tussen de regelafsluiter RA en de distributiemodul, dus een laag drukverlies. Uit berekeningen blijkt dat een extra pomp in dat geval duurder uitvalt dan kiezen voor modul 7 (actief).

Tevens speelt hierbij mee dat bij modul 7 de kans op omkeren van de volumestroom q_{v2} als naregeling wordt toegepast veel kleiner is dan bij modul 5 (zie hiervoor de werkbladen).

Voor de radiatorgroepen wordt daarom gekozen voor:

- Gebruikermodul 7 (actief).

Volgens de samenstellingsregels voor modulen in hoofdstuk 2.4 betekent dit dat nu alleen nog actieve gebruikermodulen mogen worden geselecteerd.

Energiegebruik:

- Bij de radiatorgroepen wordt gekozen voor toerengeregelde pompen (globale EPC-berekening). Dit voorkomt te hoge drukken tijdens deellast en daarmee te ver sluiten van de thermostatische regelafsluiters en bespaart transportenergie;
- De retourtemperatuur θ_4 van modul 7 stijgt niet boven de 50 °C, hetgeen gunstig is voor de hoogrendementsketels.

Vloerverwarming

Regeling van het vermogen

Het afgegeven vermogen wordt geregeld door de aanvoertemperatuur θ_2 weersafhankelijk te maken van de buitenluchttemperatuur (basisverwarming). De volumestroom q_{v1} naar de buizen in de vloer is constant.

Bij vollast moet de aanvoertemperatuur $\theta_{2,100} = 50$ °C zijn en niet $\theta_{1,100} = 70$ °C die door de

opwekkers wordt geleverd. Dit betekent dat een gebruikermodule moet worden geselecteerd waarmee vaste voormenging mogelijk is.

Het overzicht van gebruikermodulen laat zien dat hiervoor twee modulen geschikt zijn, die tevens een dalende retourtemperatuur θ_4 hebben.

- Gebruikermodule 5 (passief);
- Gebruikermodule 8 (actief).

Uitgaande van deze modulen en de constante volumestroom q_{v1} blijkt dat tijdens deellast het temperatuurverschil ($\theta_2 - \theta_3$) kleiner wordt, zie gedrag van deze modulen op de werkbladen. Dit is gunstig voor een zo uniform mogelijke temperatuur van de vloer. Het legpatroon van de buizen speelt hierbij uiteraard ook een rol, zie ISSO-publicatie 10.

De regelafsluiter RA van de module wordt gemonteerd in de technische ruimte. Om dezelfde reden als bij de radiatoren is dit mogelijk, omdat het vloerverwarmingssysteem traag is en de afstand RA tot vloerverwarming niet groot (20 m).

Module 5 zou kunnen als deze module actief gemaakt worden door een pomp in buis 5 van de module op te nemen. Om dezelfde reden als bij de radiatoren wordt hiervan afgezien.

Voor de vloerverwarming wordt daarom gekozen voor:

- Gebruikermodule 8 (actief).

Luchtverwarming

Regeling van het vermogen

Het vermogen van de luchtvoorverwarmers wordt geregeld door de aanvoertemperatuur θ_2 te variëren. De volumestroom $q_{v1} = \text{constant}$, om daarmee bevriezing te voorkomen. De volgende modulen zijn geschikt:

- Gebruikermodule 5 (passief);
- Gebruikermodule 7 (actief).

Luchtverwarming vraagt om een snelle reactie op verandering van de buitenluchttemperatuur. De regelafsluiter RA van de module wordt daarom bij de warmtewisselaar op het dak van het gebouw geplaatst. Er is nu sprake van grote lengten voor buis 5 van de modulen 5 of 6.

Module 5 kan actief worden gemaakt door in buis 5 van iedere module een pomp te plaatsen of de hydraulische schakeling zo uit te voeren dat een pomp wordt opgenomen in de gemeenschappelijke buis voor q_{v5} van de 3 luchtverwarmingsmodulen.

Als de aansluiteidingen van buis 5 lang zijn dan wordt, uitgaande van de geëiste autoriteit A, bij module 7 een kleine k_{vs} -waarde berekend (groot drukverschil over RA). Bij module 5 is dit ook het geval, hoewel men hier met behulp van $\Delta_p = \text{constant}$ regeling over de aansluiteidingen grotere k_{vs} -waarden kan berekenen, zie werkbladen van deze modulen.

Om kosttechnische redenen wordt in dit voorbeeld niet gekozen voor een extra pomp. Voor de luchtverwarming wordt daarom uitgegaan van:

- 3x gebruikermodule 7 (actief).

Module 7 heeft als eigenschap dat bij deellast het verschil tussen de aanvoertemperatuur θ_2 en de retourtemperatuur θ_3 kleiner wordt, zie werkbladen van deze module. Dit is gunstig voor luchtverwarming en bevordert een gelijkmatige verdeling van de luchttemperatuur over de warmtewisselaar.

Boiler warmtapwater keuken

Regeling van het vermogen

Het toegevoerde vermogen aan boilers wordt meestal geregeld door variatie van de volumestroom q_{v1} , waarbij de aanvoertemperatuur constant hoger dan 65 °C moet blijven. De reden hiervoor is dat de minimale tapwatertemperatuur van 65 °C in de boiler moet worden gehandhaafd.

Uit het overzicht van gebruikermodulen blijkt dat twee gebruikermodulen hier aan voldoen, zie ook werkbladen modulen met gedrag grafisch weergegeven.

- Gebruikermodul 4 (passief);
- Gebruikermodul 6 (passief).

Gebruikermodul 4 heeft een stijgende retourtemperatuur θ_4 bij deellast. Bij een boiler heeft de RA meer het karakter van een open/dicht regeling. Bij RA = dicht wordt het warme water van 70 °C direct teruggestort naar de retour. Dit hoeft nog niet alarmerend te zijn als het gaat om een kleine volumestroom q_{v5} .

Modul 4 heeft een constante volumestroom in de aansluiteleidingen (buis 5) en is daarom geschikt voor grote afstanden tussen opwekker en gebruiker. De boiler wordt gemonteerd in de technische ruimte vlakbij de keuken en de opwekker, dus deze eigenschap van modul 4 is niet nodig.

Modul 6 heeft een dalende retourtemperatuur θ_4 geschikt voor niet te grote afstanden tussen opwekker en gebruiker.

Er wordt daarom gekozen voor modul 6, die actief wordt gemaakt door een pomp in buis 5 op te nemen.

- Gebruikermodul 6 (passief) + pomp (= actief);

De regelafsluiter wordt om reden van bekabeling bij de boiler gemonteerd.

Boiler warmtapwater praktijklokalen

Regeling van het vermogen

Om dezelfde reden als bij de boiler in de keuken voldoen twee modulen:

- Gebruikermodul 4 (passief);
- Gebruikermodul 6 (passief).

Vanwege de wachttijd voor tappen warm water (moet kleiner zijn dan 25 seconden) wordt de boiler opgesteld bij de praktijklokalen, dus ver van de opwekkers (≈ 70 m). Om deze reden wordt gekozen voor gebruikermodul 4, die actief wordt gemaakt door een pomp en buis 5 op te nemen. Met modul 5 wordt tevens een minimale volumestroom ($q_{v5} = \text{constant}$) door de distributiemodul gerealiseerd. Modul 5 heeft een stijgende retourtemperatuur θ_4 bij deellast maar in vergelijking tot de andere warmtegebruikers met een kleine volumestroom q_{v5} .

- Gebruikermodul 5 (passief) met pomp (= actief).

Uitgaande van een berekende stroomsnelheid in buis 5 van 0,374 m/s, duurt het ongeveer 3 minuten voordat het warme water van de opwekker bij de boiler aankomt. Dit hoeft niet kritisch te zijn gezien de traagheid van de boiler, maar toch wordt besloten de 3-weg RA van modul 5 bij de boiler in de praktijklokalen te monteren, hetgeen tevens eenvoudiger is voor de bekabeling.

b) Distributiemodul

- Alle gebruikermodulen zijn actief. Voor de opwekkermodule was reeds gekozen voor/gedacht aan een passieve opwekkermodule. Volgens de samenstellingsregels op het blad 'Distributiemodulen' van hoofdstuk 2.4. betekent dit dat een passieve distributiemodul moet worden gekozen.

Opwekkermod.	+	distributiemod.	+	gebruikermod.
P	+	P	+	A, A, A

- Uitgaande van het operationeel gebruik worden de pompen van de radiatormodulen aan- of afgeschakeld en wordt de module door middel van een motorafsluiter van de hydraulische schakeling afgeschakeld. Altijd dient bij dit soort besturingsactiviteiten de invloed op de hydraulische schakeling te worden geanalyseerd;
- In dit voorbeeld wordt uitgegaan van water. Dit betekent dat er in de modulen van luchtverwarmers altijd stroming moet zijn $q_{v1} > 0$, dus pomp niet uit, vanwege bevriezingsgevaar.

c) Warmteopwekkermodul

- Gekozen wordt voor een situatie dat elke ketel een eigen pomp heeft;

- De interne regeling van de ketels zorgt ervoor dat de aanvoertemperatuur $\theta_2 = \theta_1 = 70^\circ\text{C}$ wordt gehandhaafd. Dus het hydraulisch regelen door middel van mengen van de aanvoertemperatuur θ_1 is niet nodig;
 - Er zijn geen dwingende voorwaarden voor hydraulische bescherming tegen een te lage retourtemperatuur θ_3 , bijvoorbeeld bij het starten van de installatie;
 - Een buffer levert onvoldoende economisch voordeel.

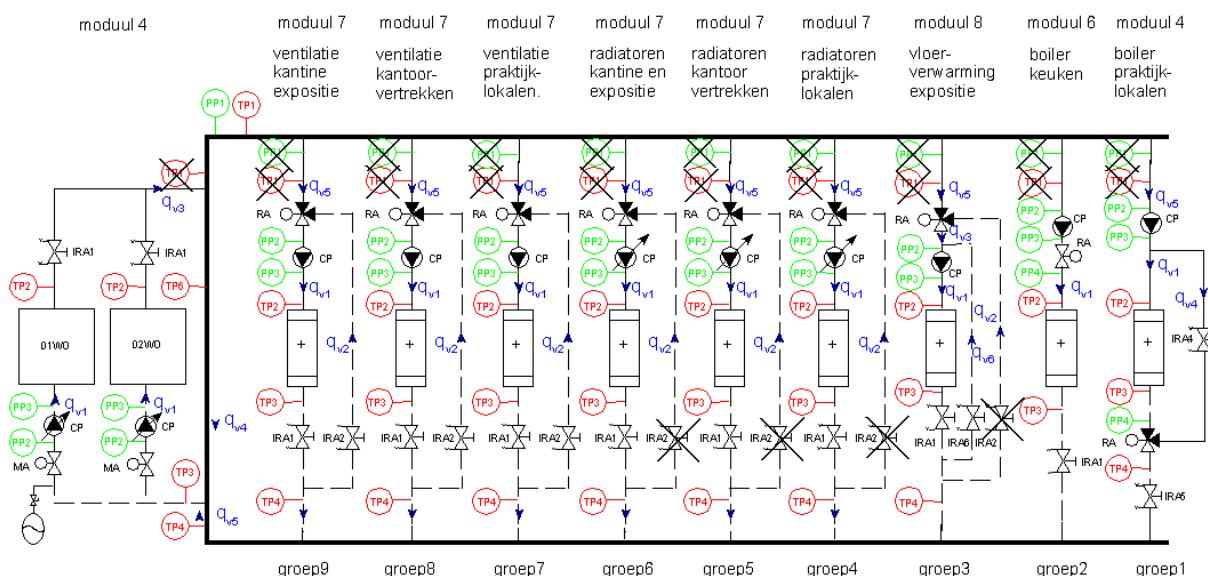
Met deze voorwaarden komt men automatisch op:

- Opwekkermoduul 4 (passief).

Het nadeel van deze moduul is de stijgende retourtemperatuur θ_3 bij deellast ondanks de dalende retourtemperatuur θ_4 van de warmtegebruikermodulen. De volumestroom q_{v1} door de opwekkers mag variëren, zodat de pompen van beide opwekkers toerengeregeld kunnen worden uitgevoerd. Hiermee vermindert de volumestroom q_{v4} en daalt de retourtemperatuur θ_3 . Alleen in deze situatie kunnen beide opwekkers ook echt als hoogrendementketels functioneren, zie ook de werkbladen van deze moduul alsmede bijlage E, waar een voorbeeld met toerengeregelde pomp is gegeven.

Het vermogen van de opwekkers en het toerental van beide pompen neemt gelijktijdig af, totdat het vermogen van de gebruiker tot 50% is gedaald en een van de ketels wordt afgeschakeld. Bijlage E verschaft de ontwerper de middelen dergelijke situaties te berekenen en te analyseren.

In figuur 2.7.2 is de gerealiseerde schakeling getekend volgens het watervalprincipe. De gehanteerde tekenwijze biedt snel inzicht in de opzet en werking van de hydraulische schakeling, maar geeft geen informatie over de detaillering van de leidingen betreffende geometrie, plaats, aantal bochten, T-stukken en hoogteverschillen. In figuur 2.7.2 zijn niet opgenomen filters, handafsluiters etc. Het drukverlies van deze appendages dient bij de drukverliesberekening wel in rekening te worden gebracht.



Figuur 2.7.2: Hydraulische schakeling samengesteld met de modulen van ISSO-publicatie 44, getekend volgens het watervalprincipe. Met de uitvoering en afmetingen van de open verdeler verzamelaar bekend kunnen in dit voorbeeld de meetpunten TP1 en PP1 van de modulen komen te vervallen en vervangen worden door een meetpunkt PP1 en TP1 op de verdeler. De pompen van groep 1 en 2 zijn door de fabrikant/leverancier voorzien van de druknemers PP2 en PP3. M.b.v. met de werkbladen en berekeningen blijkt welke IRA's mogen vervallen.

4. Dimensionering hydraulische schakeling (hoofdstuk 2.5)

Groepen warmtegebruikers	d [m]	d [m]	d [m]	d [m]	d [m]	I [m]	I [m]	I [m]	I [m]	I [m]	$q_{v1,100}$ [ltr/s]	$q_{v2,0}$ [ltr/s]	$q_{v3,100}$ [ltr/s]	q [lt]
Groep 01 Boiler praktijklokaal	0,0223	--	--	0,0223	0,0223	1	--	--	0,8	150	0,15	--	--	0, nu
Groep 02 Boiler keuken	0,0173	--	--	--	0,0173	--	--	--	--	$15 I_1 = I_5$	0,085	--	--	-
Groep 03 Vloerverwarming expositieruimte	0,0223	0,0223	0,0223	$0,0223 = d_6$	0,0223	90	1	0,5	$1 = I_6$	1	0,24	0,08**) 0,08**)	0,08**) 0,08**)	0,1 =
Groep 04 Radiatoren praktijklokalen	0,0223	0,0283	--	--	0,0223	112	1	--	--	1	0,24	n.v.t.	--	-
Groep 05 Radiatoren kantoorvertrekken	0,0228	0,0228	--	--	0,0285	72	1	--	--	1	0,39	n.v.t.	--	-
Groep 06 Radiatoren kantine en expositieruimte	0,0223	0,0223	--	--	0,0223	10	1	--	--	1	0,21	n.v.t.	--	-
Groep 07 Mechanische ventilatie praktijklokalen	0,0223	0,0223	--	--	0,0223	1	0,9	--	--	180	0,16	0,16	--	-
Groep 08 Mechanische ventilatie kantoren/ vergaderzalen	0,0223	0,0223	--	--	0,0223	1	0,9	--	--	128	0,16	0,16	--	-
Groep 09 Mechanische ventilatie kantine en expositieruimte	0,0285	0,0285	--	--	0,0285	1	0,9	--	--	60	0,34	0,34	--	-

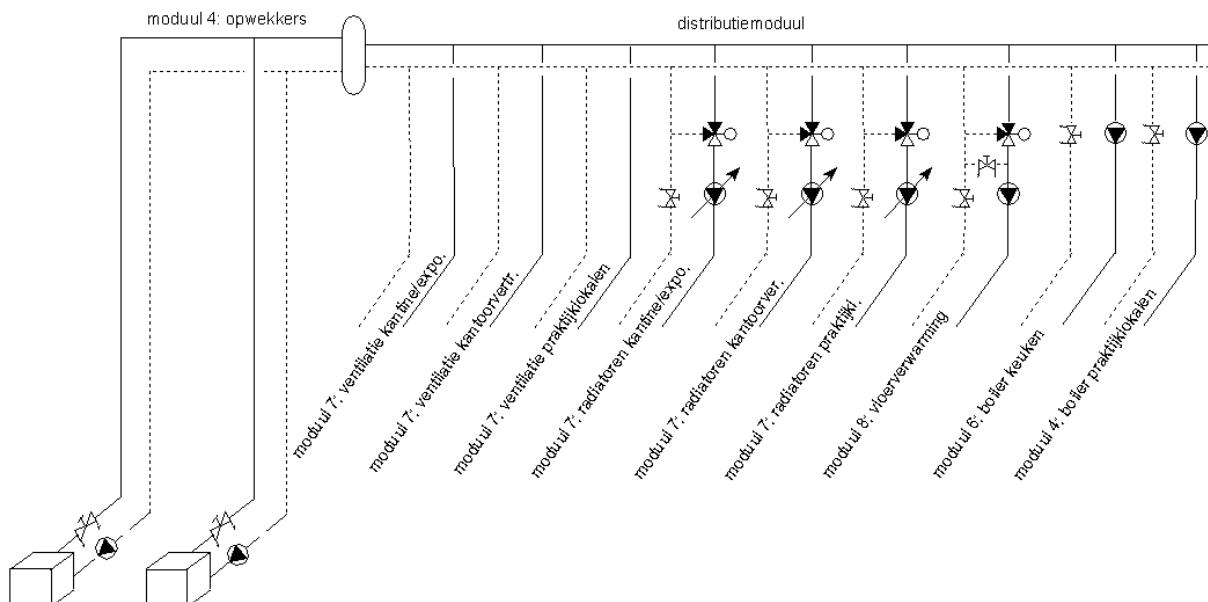
*) Voor de basisgegevens drukverliesberekening wordt verwezen naar ISSO-publicatie 18 'Leidingnetberekening' [7], zie

**) Voor verklaring van deze volumestroom, zie dimensionering groep 03, verderop met behulp van de werkbladen.

***) Voor de nummering van buizen, volumestromen en drukken met 1, 2, 3 etc. wordt verwezen naar de betreffende nummering.

Open verdeler/verzamelaar

De open verdeler/verzamelaar wordt uitgevoerd met een inwendige diameter van 0,15 m. Dit betekent dat het maximale drukverlies per m leidinglengte ongeveer 0,85 Pa bedraagt. De lengte van het verdeel en verzamelstuk bedraagt ongeveer 2 x 1,8 m. Het drukverlies van de rechte stukken wordt daarom verwaarloosd. Het drukverlies van de T-stukken, aansluiting groep (= moduul) op de open verdeler/verzamelaar, dient per groep te worden beoordeeld.



Figuur 2.7.3 Meer realistische schets van de opwekkers en de distributiemodul in de technische ruimte

Als eerste worden de warmtegebruikermodulen gedimensioneerd.

Groep 01; Boiler praktijkkamers - zie werkbladen warmtegebruikermodul 4 (blad 1) (hoofdstuk 2.5.2)

- $Q_{v1,100} = q_{v5,100} = 0,00015 \text{ m}^3/\text{s}$;
- Het drukverlies over de T-stukken wordt verwaarloosd;
- Het drukverlies over IRA5 wordt 3 kPa gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen

$\Delta p_a \approx \text{constant} \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar	
$\Delta p_{5,100} = 14,2 + 3 = 17,2 \text{ kPa}$	$17,2 < 3 \cdot 19,1$ hieruit volgt IRA4 in buis 4 opnemen
$\Delta p_{1,100} = 19 + 0,095 = 19,1 \text{ kPa}$	

Regelaafsluiter RA

Warmtegebruiker is boiler daarom mag:
RA= lineair en complementair met SVO = 50

$$\varepsilon = \frac{70 - 50}{70 - 10} = 0,33; \quad A, > 0,3; \text{ gekozen wordt } A = 0,5$$

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,5}{1-0,5} \cdot 19,1 = 19,1 \text{ [kPa]}$$

$k_{vs} = 36000 \cdot 0,00015 \cdot \left(\frac{983}{19100} \right)^{0,5} = 1,23 \text{ [m}^3/\text{h}]$	Uit de catalogus wordt geselecteerd $k_{vs} = 1,5 \text{ [m}^3/\text{h}]$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage C.
Met aansluitdiameter als gegeven	

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,00015}{1,5} \right)^2 \cdot 983 = 12739 \text{ [Pa]}$	De autoriteit moet zijn > 0,3; dus goed
---	---

$$A = \frac{12739}{12739 + 19100} = 0,4$$

Pomp CP op te nemen in buis 5	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 51 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 60 \text{ [kPa]}$
$\Delta p_{p,100} = 19,1 + 17,2 + 12,74 = 49 \text{ [kPa]}$ $q_{v5,100} = 0,00015 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.

Het teveel aan druk moet door IRA5 worden weggesmoord (inregelen). Wijkt dit teveel af van de oorspronkelijke aanname van 3 kPa, dan de berekening opnieuw uitvoeren.

Groep 02; Boiler keuken - zie werkbladen warmtegebruikermoduul 6 (blad 1) (hoofdstuk 2.5.2)

- $Q_{v5,100} = 0,000085 \text{ m}^3/\text{s}$ (buis 1 = buis 5);
- Het drukverlies over de T-stukken wordt verwaarloosd ($\approx 78 \text{ Pa}$);
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 kPa gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen (naverwarmer)

- $\Delta p_a \approx \text{constant} \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar;
- $\Delta p_{5,100} = 22 + 1,86 + 3 = 26,7 \text{ [kPa]}$. ($\Delta p_{5,100} = \Delta p_{1,100}$).

Regelaafsluiter RA

Warmtegebruiker is boiler daarom:

RA = lineair en complementair met SVO = 50

$$\epsilon = \frac{70 - 50}{70 - 10} = \frac{20}{60} = 0,33; \quad A > 0,3; \text{ kies } A = 0,3.$$

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,3}{1 - 0,3} \cdot 1,3 \cdot 26,7 = 14,9 \text{ [kPa]}$ $k_{vs} = 36000 \cdot 0,000085 \cdot \left(\frac{983}{14900} \right)^{0,5} = 0,79 \text{ [m}^3/\text{h}]$ Met aansluitdiameter als gegeven	Geselecteerd wordt $k_{vs} = 1 \text{ [m}^3/\text{h}]$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage C.
---	--

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,000085}{1} \right)^2 \cdot 983 = 9204 \text{ [Pa]}$ $A = \frac{9204}{9204 + 1,3 \cdot 26700} = 0,21$	Een lagere autoriteit wordt voor deze boilertoepassing geaccepteerd
---	---

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 26,7 + 9,2 = 35,9 \text{ [kPa]}$ $q_{v5,100} = 0,000085 \text{ [m}^3/\text{s}]$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 38 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 50 \text{ [kPa]}$ Toerental 2 Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.
---	--

Relatief korte aansluiteleidingen, kleine volumestroom en het type warmtegebruiker zijn de overwegingen om geen toerengeregelde pomp toe te passen.

Groep 03; Vloerverwarming - zie werkbladen warmtegebruikermoduul 8 (hoofdstuk 2.5.2)

- $Q_{v1,100} = 0,00024 \text{ [m}^3/\text{s}]$;

$q_{v6,100} = a \cdot q_{v1,100} \text{ [m}^3/\text{s}]$	$q_{v6,100} = 0,67 \cdot 0,00024 = 0,00016 \text{ [m}^3/\text{s}]$
$a = (70-50)/(70-40) = 20/30 = 0,67$	

- $Q_{v3,100} = 0,00008 \text{ [m}^3/\text{s}]$;
- $Q_{v5,100} = 0,00008 \text{ [m}^3/\text{s}]$;
- Het drukverlies over de T-stukken wordt verwaarloosd:
 - Aansluiting op open verdeler/verzamelaar ($\approx 13 \text{ [Pa]}$);
 - In de moduul verdelend ($\approx 40 \text{ [Pa]}$).
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 [kPa] gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen

$\Delta p_a \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar	
$\Delta p_{1,100} = 41 + 21,9 + 3 = 65,9 \text{ [kPa]}$	
$\Delta p_{5,100} = 0,03 \text{ [kPa]}$	$65,9 > 0,2 \cdot 0,03$; hieruit volgt dat IRA2 vervalt

Regelaafsluiter RA

RA= lineair en complementair met SVO = 50
 $A = 0,5$

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,5}{1-0,5} \cdot (0,03) = 0,03 \text{ [kPa]}$$

$k_{vs} = 36000 \cdot 0,00008 \cdot \left(\frac{983}{30}\right)^{0,5} = 16,4 \text{ [m}^3/\text{h}]$ Met aansluitdiameter als gegeven	Geselecteerd wordt $k_{vs} = 7,5 \text{ [m}^3/\text{h}]$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage C.
--	--

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,00008}{7,5} \right)^2 \cdot 983 = 145 \text{ [Pa]} \\ A = 145/(145 + 30) = 0,83$$

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 65,9 + 0,015 + 0,145 + 0,03 = 66,1 \text{ [kPa]}$ $q_{v1,100} = 0,00024 \text{ [m}^3/\text{s}]$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 68 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 80,5 \text{ [kPa]}$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.
---	---

Groep 04; Radiatoren praktijklokalen - zie werkbladen warmtegebruikermoduul 7 (blad 1) (hoofdstuk 2.5.2)

- $Q_{v1,100} = q_{v5,100} = 0,00024 \text{ [m}^3/\text{s}]$;
- Het drukverlies over de T-stukken wordt niet verwaarloosd ($2 \times 0,22 \text{ [kPa]} = 0,44 \text{ [kPa]}$);
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 [kPa] gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen

$\Delta p_a \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar	
$\Delta p_{1,100} = 47 + 26,3 + 3 = 76,3 \text{ [kPa]}$	
$\Delta p_{5,100} = 0,23 \text{ [kPa]}$	76,3 > 5 · 0,23; hieruit volgt dat IRA2 vervalt

Regelaafsluiter RA
RA = equiprocentueel en complementair met SVO = 50
76,3 > 5 · 0,23; dus A > 0,2; kies A = 0,2.

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,2}{1-0,2} \cdot (0,23 + 0,44) = 0,17 \text{ [kPa]}$$

$k_{vs} = 36000 \cdot 0,00024 \cdot \left(\frac{983}{170}\right)^{0,5} = 20,8$ Met aansluitdiameter als gegeven	Geselecteerd wordt $k_{vs} = 7,5 \text{ [m}^3/\text{h]}$. Zie voor overige ontwerpgegevens bijlage C.
--	--

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,00024}{7,5} \right)^2 \cdot 983 = 1304 \text{ [Pa]}$$

$$A = \frac{1304}{1304 + 230 + 440} = 0,66$$

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 76,3 + 0,23 + 1,304 + 0,44 = 78,3 \text{ [kPa]}$ $q_{v1,100} = 0,00024 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 80 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 110 \text{ [kPa]}$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.
--	--

Groep 05: Radiatoren kantoren - zie werkbladen warmtegebruikermoduul 7 (blad 1) (hoofdstuk 2.5.2)

- $Q_{v1,100} = q_{v5,100} = 0,00039 \text{ [m}^3/\text{s}]\text{;}$
- Het drukverlies over de T-stukken wordt niet verwaarloosd ($2 \times 0,2 \text{ [kPa]} = 0,4 \text{ [kPa]}$);
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 [kPa] gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen

$\Delta p_a \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar	
$\Delta p_{1,100} = 40 + 12,3 + 3 = 55,3 \text{ [kPa]}$	
$\Delta p_{5,100} = 0,17 \text{ [kPa]}$	55,3 > 5 · 0,17; hieruit volgt dat IRA2 vervalt

Regelaafsluiter RA
RA = equiprocentueel en complementair met SVO = 50
55,3 > 5 · 0,17; kies A = 0,2.

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,2}{1-0,2} \cdot (0,17 + 0,4) = 0,14 \text{ [kPa]}$$

$k_{vs} = 36000 \cdot 0,00039 \cdot \left(\frac{983}{140}\right)^{0,5} = 37 \text{ [m}^3/\text{h]}$ Met aansluitdiameter als gegeven	Geselecteerd wordt $k_{vs} = 7,5 \text{ [m}^3/\text{h]}$. Zie voor overige ontwerpgegevens bijlage C.
---	--

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,00039}{7,5} \right)^2 \cdot 983 = 3445 \text{ [Pa]}$$

$$A = \frac{3445}{3445 + 170 + 400} = 0,86$$

, ruim voldoende

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 55,3 + 0,17 + 3,445 + 0,4 = 59,3 \text{ [kPa]}$ $q_{v1,100} = 0,00039 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 65,1 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 75,1 \text{ [kPa]}$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.
---	---

Groep 06; Radiatoren kantine - zie werkbladen warmtegebruikermodule 7 (blad 1) (hoofdstuk 2.5.2)

- $Q_{v1,100} = q_{v5,100} = 0,00021 \text{ [m}^3/\text{s}];$
- Het drukverlies over de T-stukken wordt niet verwaarloosd ($2 \times 0,22 \text{ [kPa]} = 0,44 \text{ [kPa]}$);
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 [kPa] gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen

$\Delta p_a \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar	
$\Delta p_{1,100} = 18 + 1,8 + 3 = 22,8 \text{ [kPa]}$	$22,8 > 5 \cdot 0,18$; hieruit volgt dat IRA2 vervalt

Regelaafsluiter RA

RA= equiprocentueel en complementair met SVO = 50
 $22,8 > 5 \cdot 0,18$; kies A = 0,2.

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,2}{1 - 0,2} \cdot (0,18 + 0,44) = 0,16 \text{ [kPa]}$$

$k_{vs} = 36000 \cdot 0,00021 \cdot \left(\frac{983}{160} \right)^{0,5} = 18,7 \text{ [m}^3/\text{h}]$ met aansluitdiameter als gegeven	Geselecteerd wordt $k_{vs} = 7,5 \text{ [m}^3/\text{h}]$. Zie voor overige ontwerpgegevens bijlage C.
---	---

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,00021}{7,5} \right)^2 \cdot 983 = 999 \text{ [Pa]}$$

$$A = \frac{999}{999 + 180 + 440} = 0,62$$

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 22,8 + 0,18 + 0,999 + 0,44 = 24,4 \text{ [kPa]}$ $q_{v1,100} = 0,00021 \text{ [m}^3/\text{s}]$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 36,8 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 57,8 \text{ [kPa]}$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.
--	---

Groep 07; Mechanische ventilatie praktijklokalen - zie werkbladen warmtegebruiker-moduul 7 (blad 2) (hoofdstuk 2.5.2)

Naverwarmers blad 2:

- $Q_{v1,100} = q_{v5,100} = 0,00016 \text{ [m}^3/\text{s}];$
- Het drukverlies over de T-stukken wordt niet verwaarloosd ($2 \times 0,3 \text{ [kPa]} = 0,6 \text{ [kPa]}$);
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 [kPa] gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen

$\Delta p_a \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar	
$\Delta p_{1,100} = 8 + 0,11 + 3 = 11,1 \text{ [kPa]}$	$11,1 < 5 \cdot 19,7$; hieruit volgt dat IRA2 in buis 2 wordt opgenomen
$\Delta p_{5,100} = 19,7 \text{ [kPa]}$	

Regelafsluiter RA

RA = equiprocentueel en complementair met SVO = 50
 $11,1 < 2 \cdot 19,7$; dus A > 0,5; kies A = 0,6

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,6}{1 - 0,6} \cdot (19,7 + 0,6) = 30,5 \text{ [kPa]}$$

$k_{vs} = 36000 \cdot 0,00016 \cdot \left(\frac{983}{30500} \right)^{0,5} = 1,03 \text{ [m}^3/\text{h]}$ met aansluitdiameter als gegeven	Geselecteerd wordt $k_{vs} = 1,2 \text{ [m}^3/\text{h]}$. Zie voor overige ontwerpgegevens bijlage C.
---	---

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,00016}{1,2} \right)^2 \cdot 983 = 22648 \text{ [Pa]}$$

$$A = \frac{22648}{22648 + 19700 + 600} = 0,53, \text{ voldoende is } > 0,5$$

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 11,1 + 19,7 + 22,6 + 0,6 = 54 \text{ [kPa]}$ $q_{v1,100} = 0,00016 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 55 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 57,8 \text{ [kPa]}$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.
--	---

Het thermosifoneffect (3,3 m hoogte geeft 356 Pa) wordt hier verwaarloosd.

Groep 08: Mechanische ventilatie kantoorvertrekken en vergaderzalen- zie werkbladen warmtegebruikermodule 7 (blad 2) (hoofdstuk 2.5.2)

Naverwarmers blad 2

- $Q_{v1,100} = q_{v5,100} = 0,00016 \text{ [m}^3/\text{s}];$
- Het drukverlies over de T-stukken wordt niet verwaarloosd ($2 \times 0,6 \text{ [kPa]} = 1,2 \text{ [kPa]}$);
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 [kPa] gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen

$\Delta p_a \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar	
$\Delta p_{1,100} = 8 + 0,11 + 3 = 11,11 \text{ [kPa]}$	$11,1 < 5 \cdot 14$ hieruit volgt dat IRA2 in buis 2 wordt opgenomen
$\Delta p_{5,100} + \Delta p_{v,100} = 14 + 1,2 = 15,2 \text{ [kPa]}$	

Regelafsluiter RA

RA= equiprocentueel en complementair met SVO = 50
 $11,11 < 2 \cdot 14$; dus A > 0,5; kies A = 0,6

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,6}{1 - 0,6} \cdot (14 + 1,2) = 22,8 \text{ [kPa]}$$

$k_{vs} = 36000 \cdot 0,00016 \cdot \left(\frac{983}{22800} \right)^{0,5} = 1,2$ $[m^3/h]$ Met aansluitdiameter als gegeven	Geselecteerd wordt $k_{vs} = 1,2 [m^3/h]$ Zie voor overige ontwerpgegevens bijlage C.
--	---

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,00016}{1,2} \right)^2 \cdot 983 = 22648 \text{ [Pa]}$$

$$A = \frac{22648}{22648 + 14000 + 1200} = 0,6$$

Als men de autoriteit te hoog vindt moet een lagere autoriteit worden gekozen ($> 0,5$) en dit deel van de berekening worden herhaald.

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 11,11 + 14 + 22,648 + 1,2 + 1,964*) = 51,2$ $[kPa]$ $q_{v5,100} = 0,00016 [m^3/s]$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 57,8 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 70 \text{ [kPa]}$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.
$*) \text{ thermosifondruk} = 13 \cdot 9,81 \cdot (988,1 - 972,7) = 1964 \text{ [Pa]}$	

Omdat de pomp hier op het dak staat van de kantoorruimten en de opwekkers op de 1e verdieping in de technische ruimte, moet het thermosifoneffect (1964 [Pa]) bij de pompdruk $\Delta p_{p,100}$ worden opgeteld, dus een negatief effect.

Groep 09; Mechanische ventilatie kantine - zie werkbladen warmtegebruikermoduul 7 (blad 2) (hoofdstuk 2.5.2)

Naverwarmers blad 2:

- $Q_{v1,100} = q_{v5,100} = 0,00034 \text{ [m}^3/\text{s}]$;
- Het drukverlies over de T-stukken wordt niet verwaarloosd ($2 \times 0,16 \text{ [kPa]} = 0,32 \text{ [kPa]}$);
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 [kPa] gekozen.

Uitvoering hydraulische ontwerpeisen

$\Delta p_a \approx 0$, zie uitvoering open verdeler/verzamelaar	
$\Delta p_{1,100} = 12 + 0,13 + 3 = 15,13 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{5,100} = 8 \text{ [kPa]}$	$15,13 < 5 \cdot 8$; hieruit volgt dat IRA2 in buis 2 vervalt

Regelaafsluiter RA
 RA= equiprocentueel en complementair met SVO = 50
 $15,13 < 2 \cdot 8$; dus A > 0,5; kies A = 0,5

Uitvoering hydraulische ontwerpregels

$$\Delta p_{RA,100} = \frac{0,5}{1-0,5} \cdot (8 + 0,32) = 8,32 \text{ [kPa]}$$

$k_{vs} = 36000 \cdot 0,00034 \cdot \left(\frac{983}{8320} \right)^{0,5} = 4,2$ $[m^3/h]$ Met aansluitdiameter als gegeven	Geselecteerd wordt $k_{vs} = 3 [m^3/h]$. Zie voor overige ontwerpgegevens bijlage C.
---	--

Gegevens op basis van geselecteerde RA:

$$\Delta p_{RA,100} = \left(\frac{36000 \cdot 0,00034}{3} \right)^2 \cdot 983 = 16363 \text{ [Pa]}$$

$$A = \frac{16363}{16363 + 8000 + 320} = 0,66$$

Grotere k_{vs} -waarde kiezen voor RA is mogelijk, dan dit deel van de berekening opnieuw uitvoeren.

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 15,13 + 8 + 16,363 + 0,32 = 39,8 \text{ [kPa]}$ $q_{v5,100} = 0,00034 \text{ [m}^3/\text{s]}$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 44,2 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 57,8 \text{ [kPa]}$ Zie voor overige benodigde ontwerpgegevens bijlage F.
---	---

De thermosifondruk wordt verwaarloosd.

Warmteopwekkermoduul; zie werkblad 4 (hoofdstuk 2.5.3)

Vanwege de symmetrische uitvoering wordt alleen ketel 1 doorgerekend. De resultaten gelden ook voor opwekker 2:

- $q_{v1,100} = 0,000905 \text{ [m}^3/\text{s}]$;
- $q_{v3,100} = 0,00181 \text{ [m}^3/\text{s}]$;
- $d_1 = 0,043 \text{ m}$ en $d_3 = 0,0703 \text{ m}$ (d_3 is gekozen binnendiameter);
- $l_1 = 3 \text{ m}$ en $l_3 = 2 \text{ m}$;
- Voor de buizen geldt:
 $\Delta p_{1,100} = 0,32 \text{ [kPa]}$ en $\Delta p_{3,100} = 0,066 \text{ [kPa]}$;
- Het drukverlies over de T-stukken is ongeveer 1000 [Pa];
- Het drukverlies over IRA1 wordt 3 [kPa] gekozen.

Pomp CP $\Delta p_{p,100} = 17 + 3 + 0,32 + 0,066 + 1 = 21,4 \text{ [kPa]}$ $q_{v5,100} = 0,000905 \text{ [m}^3/\text{s}]$	Geselecteerd wordt $\Delta p_{p,100} = 23,3 \text{ [kPa]}$ $\Delta p_{p,max} = 36 \text{ [kPa]}$ toerental 2
--	---

Het teveel aan druk $3 + (23,3 - 21,4) = 4,9 \text{ [kPa]}$ moet door IRA1 worden weggesmoord.

De inwendige diameter van de verbinding tussen verdeler en verzamelaar, dus met de volumestroom q_{v4} wordt $4 \cdot 0,0703 \approx 0,13 \text{ m}$ gekozen, zie voor regels uitvoering open verdeler/verzamelaar bijlage H.

2.7.2 Voorbeeld 1 met andere opwekkers

In dit hoofdstuk worden drie andere methoden voor warmteopwekking uitgewerkt:

- Elektrische warmtepomp (zie ISSO-publicatie 38);
- Warmtekracht;
- Stadsverwarming.

Er wordt uitgegaan van dezelfde gegevens als in voorbeeld 1 voor:

- Gebouw;
- Operationeel gebruik;
- Vermogens en temperaturen;
- Hydraulische modulen voor de warmtegebruikers.

Voor de warmteopwekking worden de vermogens en temperaturen hier herhaald:

- Door opwekking te leveren vollastvermogen $\Phi_{0,100} = 151,6 \text{ [kW]}$;
- Aanvoertemperatuur $\theta_{1,100} = 70 \text{ [}^\circ\text{C}]$;
- Retourtemperatuur $\theta_{4,100} = 49,55 \text{ [}^\circ\text{C}]$;
- Volumestroom $q_{v5,100} = 0,00181 \text{ [m}^3/\text{s}]$

Het projecteren van warmteopwekking gaat gepaard met keuzes die moeten worden gemaakt voor bijvoorbeeld regelstrategie van de warmteopwekker. Deze keuzes zijn niet altijd absoluut en er hadden ook andere oplossingen kunnen worden bedacht die ook leiden tot een aanvaardbaar resultaat. In de volgende voorbeelden concentreren we ons op welke wijze keuzes voor regeling, beveiliging en randvoorwaarden voor de opwekker leiden tot de opwekkermodulen en daarmee de hydraulische schakeling voor warmteopwekking.

2.7.2.1 Elektrische warmtepomp

Er wordt van uitgegaan dat de warmtepomp een technisch en economisch haalbare oplossing is (haalbaarheidsstudie). Voor de gedetailleerde ontwerpregels wordt verwezen naar ISSO-publicatie 38 'Handboek warmtepompen' [8].

Verondersteld wordt dat de warmtebron (bijvoorbeeld verticale bodemwarmtewisselaars bij het gebouw) voldoende vermogen kunnen leveren.

Naast een technisch sluitend ontwerp is de rode draad een economisch haalbare oplossing.

Voor de warmtepomp betekent dit:

- Veel bedrijfsuren;
- Met een hoog rendement (COP-waarde).

Ontwerptemperatureniveau

De vollasttemperatuur $\theta_{1,100} = 70^\circ\text{C}$ is te hoog voor een warmtepomp (technisch onmogelijk in verband met lage temperatuur warmtebron $\sim 10^\circ\text{C}$ en/of in ieder geval een lage COP-waarde). Dit wordt opgelost door een toegevoegde warmteopwekker (ketel) in serie te schakelen met de warmtepomp. Het gaat hierom serieschakeling van opwekkermodulen (zie hoofdstuk 2.4 'Samenstellen van modulen'), zodat de ketel kan worden afgeschakeld zonder dat het functioneren van de warmtepomp wordt beïnvloed (hydraulisch ontkoppeld).

De warmtepomp ontvangt het retourwater van de warmtegebruikers. De warmtegebruikermodulen hebben allen, op groep 1 na, de eigenschap dat de retourtemperatuur θ_4 daalt bij deellast $\theta_4 < 50^\circ\text{C}$. Dit was een bewuste keuze omdat in voorbeeld 1 voor hogerrendementsketels is gekozen. Bij 'normaal' bedrijf verwarming en ventilatie operationeel wordt een dalende retourtemperatuur aangeboden aan de warmtepomp hetgeen in combinatie met een lage aanvoertemperatuur θ_3 van de warmtepomp een gunstig effect heeft op de COP-waarde.

Bedrijfswijze opwekkers

De warmtepomp moet zo lang mogelijk (als het nodig is) in bedrijf zijn en de ketel zo kort mogelijk. Gekozen wordt voor parallel bedrijf van de warmtepomp en ketel bij grote vermogensvraag en afschakelen van de ketel bij lagere vermogensvraag van de warmtegebruikers.

Deze bedrijfswijze ontstaat niet vanzelf en is afhankelijk van het type opwekkermodulen dat wordt gekozen, de vermogensverdeling over de opwekkers, temperatuurniveaus en volumestromen.

Afschakelen van de ketel betekent dat de aanvoertemperatuur $\theta_1 = 70^\circ\text{C}$ niet meer wordt gehaald. In dit voorbeeld wordt gekozen om beide boilers voor warmtapwater te voorzien van elektrische spiralen, zodat een minimale tapwatertemperatuur van 65°C is gegarandeerd.

Vermogensverdeling

Volgens ISSO-publicatie 38 komt een economisch haalbare oplossing in zicht met de volgende vermogensverdeling over de opwekkers:

- $\Phi_{wp,100} = 0,3 \cdot \Phi_{0,100} = 0,3 \cdot 151,6 = 45,48 [\text{kW}]$;
- $\Phi_{ket,100} = 0,7 \cdot \Phi_{0,100} = 0,7 \cdot 151,6 = 106,12 [\text{kW}]$.

Buffer

Uit de haalbaarheidsstudie blijkt dat om technische of economische redenen parallel aan de warmtepomp een buffer moet worden geprojecteerd. Hiermee wordt bereikt dat de buffer 's nachts kan worden geladen, tijdens een laag elektriciteitsstarief en dat de schakelfrequentie van de warmtepomp overdag en in de avonduren lager wordt, dus verhoging van de bedrijfstijd, ten gevolge van het lagere benodigde warmtepompvermogen.

Bij warmtepompen wordt altijd uitgegaan van een temperatuurgelaagde boiler (voor ontwerpregels zie bijlage J).

De buffer heeft tevens de functie van open verdeler/verzamelaar (hydraulisch scheiden).

Selectie opwekkermoduul warmtepomp

De voor de warmtepomp geschikte warmteopwekkingsmodulen (hoofdstuk 2.4) is met deze gegevens beperkt tot:

- Moduul 8;
- Moduul 9;
- Moduul 10;
- Moduul 11.

Deze modulen bieden tevens een constante volumestroom q_{v1} door de opwekker, hetgeen voor de condensor van de warmtepomp een eis van de fabrikant/leverancier is.

Voor al deze modulen geldt dat als bij grote vermogensvraag de buffer wordt ontladen en de warmtepomp de 'lage' retourtemperatuur van de warmtegebruikers krijgt aangeboden (terugstorten van water van aanvoer naar retour is nu niet mogelijk). Als de buffer wordt geladen (kleine vermogensvraag) wordt in eerste instantie het retourwater van de warmtegebruikers gemengd met het relatief laag in temperatuur zijnde water van de buffer. Dit alles resulteert in een lagere retourwatertemperatuur voor de warmtepomp en daarmee hogere COP-waarde en langere bedrijfstijd.

Met een bepaalde warmtepomp op het oog blijkt uit de gegevens van de fabrikant/leverancier dat de retourtemperatuur θ_3 een bepaalde minimale waarde bijvoorbeeld 25 °C niet (te lang) mag onderschrijden, omdat dat dan de warmtepomp door zijn interne beveiliging wordt afgeschakeld. Dit wordt opgelost door de retourtemperatuur θ_3 hydraulisch te beveiligen door middel van een 3-wegregelaarsluiting, die bijvoorbeeld operationeel is tijdens het 'koud' starten van de installatie.

Er blijven nu nog twee geschikte opwekkermodulen voor de warmtepomp over:

- Moduul 10;
- Moduul 11.

Selectie opwekkermoduul ketel

Voor de modulerende ketel kan bijvoorbeeld opwekkermoduul 3 worden gekozen. De interne ketelregeling moet dan de constante aanvoertemperatuur $\theta_1 = 70$ °C naar de warmtegebruikers realiseren. Als een hoogrendementsketel wordt gekozen wordt dit voor een deel tenietgedaan door de stijgende retourtemperatuur θ_3 naar de ketel (eigenschap moduul 3) tijdens deellast. Dit kan worden tegengegaan door de ketelpomp CP toerengeregeld uit te voeren.

In dit voorbeeld wordt echter gekozen voor een andere oplossing. De gedachte is de aanvoertemperatuur θ_1 naar de warmtegebruikers weersafhankelijk voor te regelen zolang de ketel in bedrijf is. Als de ketel buiten bedrijf is verzorgt de interne warmtepompregeling een constante aanvoertemperatuur $\theta_1 = 55$ °C naar de warmtegebruikers.

Met deze regelkeuze, lagere aanvoertemperatuur θ_1 , wordt een verdere daling van de retourtemperatuur bereikt (hogere COP-waarde) en opereren de verschillende regelaarsluiters in het rechterdeel van hun bedrijfskarakteristiek.

Voor de warmtepomp betekent dit dat de opwekkermoduul 11 de geschikte opwekkermoduul is omdat geen hydraulische regeling van de aanvoertemperatuur θ_1 nodig is.

Voor de ketel wordt een modulerende verbeterdrendementsketel gekozen met een interne constante aanvoertemperatuurregeling. Dit betekent dat via hydraulische weg de aanvoertemperatuur θ_1 weersafhankelijk moet worden voorgeregeld.

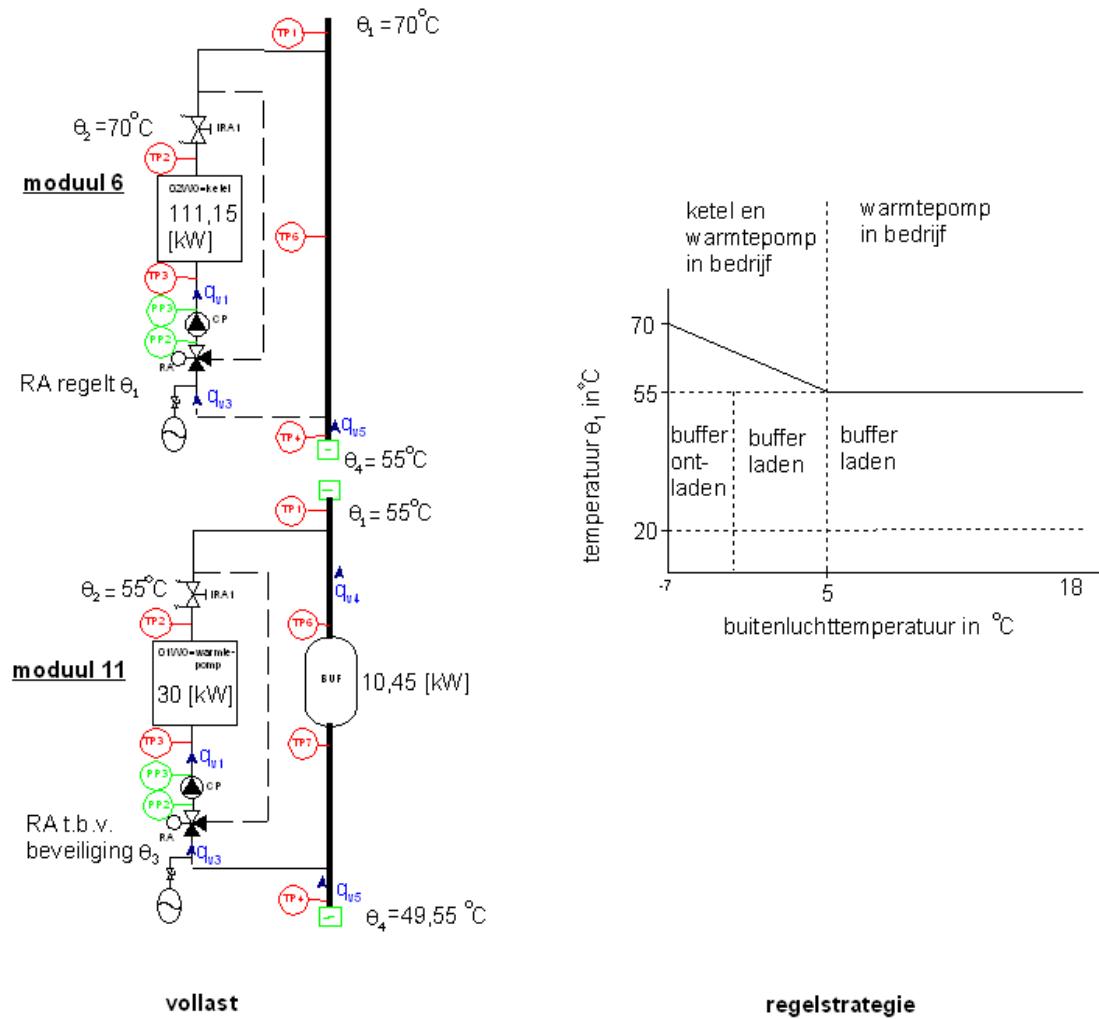
Het overzicht van opwekkermodulen in hoofdstuk 2 laat zien dat in dit geval opwekkermoduul 6 moet worden geselecteerd, waarbij in dit geval de RA wordt gebruikt voor regeling van θ_1 . De elektrische verwarmers in de boilers moeten ervoor zorgen dat het tapwater zijn minimale waarde van 65 °C haalt.

Samenstellingsregels

De gekozen opwekkermodulen 11 en 6 zijn passief, zodat aan de samenstellingsregel voor modulen, hoofdstuk 2.4.2 is voldaan.

Opwekkermoduul	+ distributiemoduul	+ gebruikermodulen
P	+ P	+ A, A, A

Met bovenstaande gegevens ontstaat de volgende warmteopwekkingsinstallatie



Figuur 2.7.4 Gerealiseerde andere opwekkingsinstallatie voor voorbeeld 1, zijnde warmtepomp met toegevoegde ketel in serie geschakeld.

Ontwerp- en apparaatgegevens

Opwekker	Ontwerpgegevens (vollast)		Gegevens fabrikant/leverancier
	Temperatuur [°C]	Volumestromen [m³/s]	
01	01 $\theta_{1,100} = 55$ [°C]*	01 $q_{v1,100} = 0,001342$	
Warmtepomp	01 $\theta_{2,100} = 55$ [°C]	01 $q_{v2,100} = 0$	
01 $\Phi_{wp} = 30$ [KW]	01 $\theta_{3,100} = 49,55$ [°C] buffer ontladen	01 $q_{v3,100} = 0,001342$	<ul style="list-style-type: none"> • $d_{1,inw} = 0,0431$ [m]; • $v = [\text{m/s}]$; • $\Delta p_{100} = 16,5$ [kPa]; • $\Delta p_{\max} = 400$ [kPa]; • $01 q_{v1} = \text{constant}$; • $\theta_{3,\min} = 20$ [°C]; • Traploos regelbaar vermogen tot $0,1 \cdot \Phi_{wp,100}$; • Regeling aanvoertemperatuur $\theta_2 = \text{constant}$, ingestelde waarde $\theta_{3,\max} = 50$ °C
buffer	01 $\theta_{4,100} = 49,55$ [°C]	01 $q_{v4,100} = 0,000468$	
01 $\Phi_{buf} = 10,45$ [KW]	*) geladen buffer wordt ontladen	01 $q_{v5,100} = 0,00181$	
02	01 $\theta_{1,100} = 70$ [°C]	02 $q_{v1,100} = 0,00181$	
ketel	01 $\theta_{2,100} = 70$ [°C]	02 $q_{v2,100} = 0$	
02 $\Phi_{ket} = 111,15$ [KW]	01 $\theta_{3,100} = 55$ [°C]	02 $q_{v3,100} = 0,00181$	
	01 $\theta_{4,100} = 55$ [°C]	02 $q_{v4,100} = 0$	
		02 $q_{v5,100} = 0,00181$	<ul style="list-style-type: none"> • $d_{1,inw} = 0,0431$ [m]; • $v = [\text{m/s}]$; • $\Delta p_{100} = 12$ [kPa]; • $\Delta p_{\max} = 400$ [kPa]; • $01 q_{v1,\min} = 0,3 \cdot q_{v1,100}$; • $\theta_{2,\max} = 95$ [°C]; • Modulerende ketel tot $0,3 \cdot \Phi_{wp,100}$, daarna aan/uit; • Regeling aanvoertemperatuur $\theta_2 = \text{constant}$, ingestelde waarde.

Voor de opwekkerschakeling in figuur 2.7.4. hadden ook andere waarden voor vermogens en temperaturen kunnen worden gekozen die onder andere de bedrijfstijd van de opwekkers beïnvloeden. Dit soort situaties kunnen worden geanalyseerd met de analysemethode in bijlage E.

Dimensioneren

Voor de hydraulische ontwerpeisen en ontwerpregels voor regelafsluiter RA en pomp CP wordt verwezen naar hoofdstuk 2.5.3.

- Opwekkermodul 6; werkblad 2 + werkblad ontwerpregels en regeling;
- Opwekkermodul 11; werkblad 1 + werkblad ontwerpregels en regeling.

2.7.2.2 Warmtekracht

Ook voor deze situatie wordt ervan uitgegaan dat een haalbaarheidsstudie heeft aangetoond dat een warmtekrachtingstallatie een technisch en economisch haalbare oplossing is. In principe is met een haalbaarheidsstudie al vastgesteld of een 2e opwekker naast de warmtekrachtingstallatie nodig is, welke vermogensverdeling wordt toegepast en/of gebruik wordt gemaakt van een buffer.

In dit voorbeeld wordt verondersteld dat de warmtekrachtingstallatie wordt beheerd door een Nutsbedrijf. Dit betekent dat de interne regeling, sturing en beveiliging van de warmtekrachtingstallatie autonoom plaatsvindt. De ontwerper dient zich hiervan op de hoogte te stellen om het ontwerp zowel hydraulisch als regeltechnisch hierop aan te passen, zonder dat de warmtevraag van de gebruikers in het geding komt.

Evenals bij de warmtepomp is het voor de warmtekrachtingstallatie noodzakelijk om tijdens warmtevraag zoveel mogelijk in bedrijf te zijn met een zo hoog mogelijk rendement om economisch rendabel te zijn.

Ontwerptemperatuurniveaus

De vollasttemperatuur $\theta_{1,100} = 70$ °C naar de warmtegebruikers is geen probleem voor de warmtekrachtingstallatie. Het in serie schakelen van een 2e opwekker om een hogere temperatuur te bereiken is dus niet nodig. De 2e opwekker (ketel) wordt daarom parallel aan de

warmtekrachtinstallatie geschakeld. Uit de haalbaarheidssituatie blijkt dat een parallel aan de warmtekrachtinstallatie geschakelde thermisch gelaagde buffer noodzakelijk is.

De volgende vermogensverdeling wordt toegepast:

$\Phi_{wk,100}$	=	30 kW	;	$\theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$;	$\theta_{3,100} = 49,55^\circ\text{C}$
$\Phi_{ket,100}$	=	70 kW	;	$\theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$;	$\theta_{3,100} = 49,55^\circ\text{C}$
$\Phi_{ket,100}$	=	51,6 W	;	$\theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$;	$\theta_{7,100} = 49,55^\circ\text{C}$
$\Phi_{g,100}$		151,6 kW				

Bij een lagere vermogensvraag wordt de ketel afgeschakeld.

Uit het overzicht van de opwekkermodulen blijkt dat met de vermelde gegevens de volgende opwekkermodulen voldoen:

- Opwekkermoduul 8; passief;
- Opwekkermoduul 9; passief;
- Opwekkermoduul 10; passief;
- Opwekkermoduul 11; passief.

Al deze modulen geven een constante volumestroom q_{v1} , wat voor de warmtekrachtinstallatie een voorwaarde is en voor de ketel een acceptabele situatie.

De constante aanvoertemperatuur $\theta_{1,100}$ wordt door de interne regeling van de opwekkers verzorgd. Een hydraulische regeling van de aanvoertemperatuur is dus niet nodig. Met dit gegeven blijven de volgende opwekkermodulen over:

- Opwekkermoduul 8; passief;
- Opwekkermoduul 11; passief.

Moduul 11 beschikt over een hydraulische beveiliging van de retourtemperatuur θ_3 , bijvoorbeeld tijdens het starten van de installatie. Uit de gegevens voor de interne beveiliging van de warmtekrachtinstallatie blijkt dat de motor reeds is beveiligd tegen te lage temperaturen en dat de warmte pas wordt vrijgegeven aan de warmtewisselaar als het motorblok voldoende warm is. De ketel is bestand tegen te lage temperaturen voor korte perioden en heeft geen hydraulische beveiliging nodig. Hiermee vervalt de noodzaak voor opwekkermoduul 11 en blijft over:

- Opwekkermoduul 8; passief.

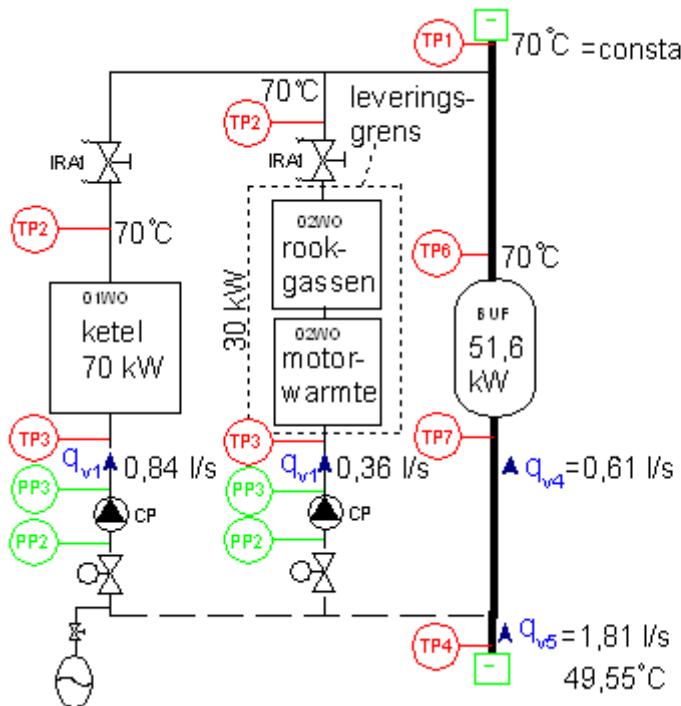
De retourtemperatuur θ_3 naar de opwekkers zal in eerste instantie dalen (buffer ontladt) en begint daarna te stijgen (buffer laden). Bij een te hoge retourwatertemperatuur zal de interne beveiliging van de warmtekrachtinstallatie de koeling van de motor veilig stellen door de overdadige warmte af te voeren via een warmtewisselaar naar de buitenlucht. Dit treedt op bij een retourtemperatuur van ongeveer 65°C en een warmtevraag van de gebruikers van ongeveer 10%. De regeling wordt zodanig ingericht dat de warmtekrachtinstallatie dan wordt afgeschakeld. Het door de warmtegebruikers gevraagde vermogen wordt dan door de buffer geleverd.

Samenstellingsregels

De gekozen opwekkermoduul 8 is passief zodat is voldaan aan de samenstellingsregel:

Opwekker(s)	+ distributie	+ gebruiker(s)
P	+ P	+ A, A, A... ...A

In figuur 2.7.5 is opwekkermoduul 8 weergegeven met de warmtewisselaars van de warmtekrachtinstallatie en de ketel.



Figuur 2.7.5 Warmteopwekkermoduul 8 met in serie motorwarmtewisselaar en rookgaswarmtewisselaar van de warmtekrachtinstallatie en parallel geschakeld de ketel

Binnen de leveringsgrens behoort de installatie tot het nutsbedrijf, inclusief regeling, sturing en beveiliging.

In de figuur zijn de vollasttemperaturen en volumestromen gegeven.

Een nadere analyse van het gedrag van deze opwekkermoduul is noodzakelijk met de rekenmethode in bijlage E. Hierbij doet men een aanname over de in- en uitgaande temperaturen van de buffer en let men bijvoorbeeld op de stijgende aanvoertemperatuur $\theta_2 > 70^\circ\text{C}$ van de opwekkers.

Dimensioneren

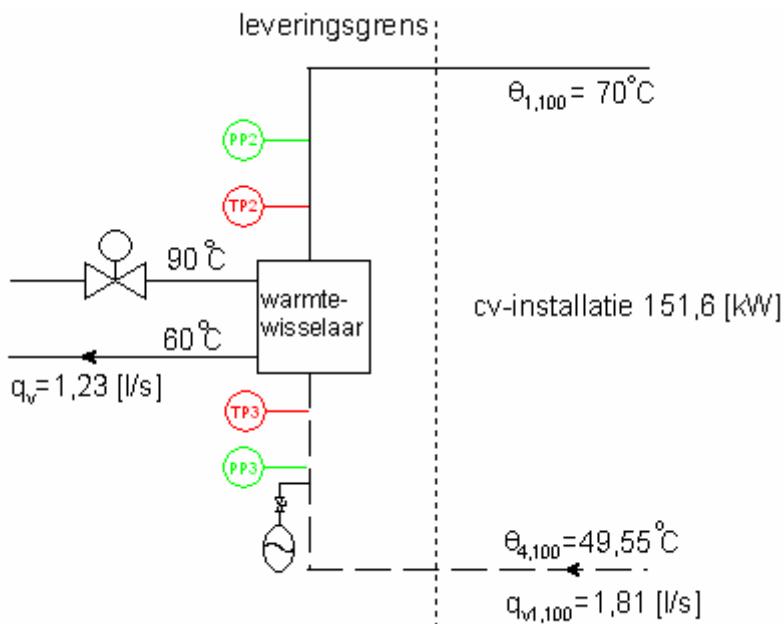
Voor de ontwerpeisen en ontwerpregels wordt verwezen naar de werkbladen van opwekkermoduul 8.

2.7.2.3 Stadsverwarming; indirecte aansluiting

Ook voor deze situatie wordt ervan uitgegaan dat een haalbaarheidsstudie heeft aangewezen dat stadsverwarming een technisch en economisch haalbare oplossing is.

Uitgewerkt wordt de indirecte aansluiting, waarbij de stadsverwarming en de cv-installatie door middel van een warmtewisselaar zijn gescheiden. De warmtewisselaar met regeling en beveiliging behoren tot de stadsverwarming en wordt dus beheerd en gecontroleerd door het nutsbedrijf.

Uitgaande van de regels voor samenstellen van modulen dient een passieve opwekkermoduul zoals opwekkermoduul 1 te worden geselecteerd, zie voorbeeld 1. In figuur 2.7.6 is de opwekkermoduul (warmtewisselaar) met vollastgegevens getekend.



Figuur 2.7.6 Indirecte aansluiting op het stadsverwarmingsnet. De vollasttemperaturen en volumestromen zijn in de figuur gegeven

De retourtemperatuur θ_4 daalt tijdens deellastsituatie. Dit sluit aan bij de voorwaarde van de stadsverwarming dat de retourtemperatuur van 60°C moet dalen tijdens deellast. Een verdere daling van de retourtemperatuur wordt verkregen door de aanvoertemperatuur van het stadsverwarmingsnet (90°C) weersafhankelijk te regelen.

Voor de radiatoren en luchtverwarmers is dit technisch mogelijk. Als de temperatuur van de boilers daalt onder de minimale waarde van 65°C moeten deze worden voorzien van elektrische naverwarmers.

Samenstellingsregel

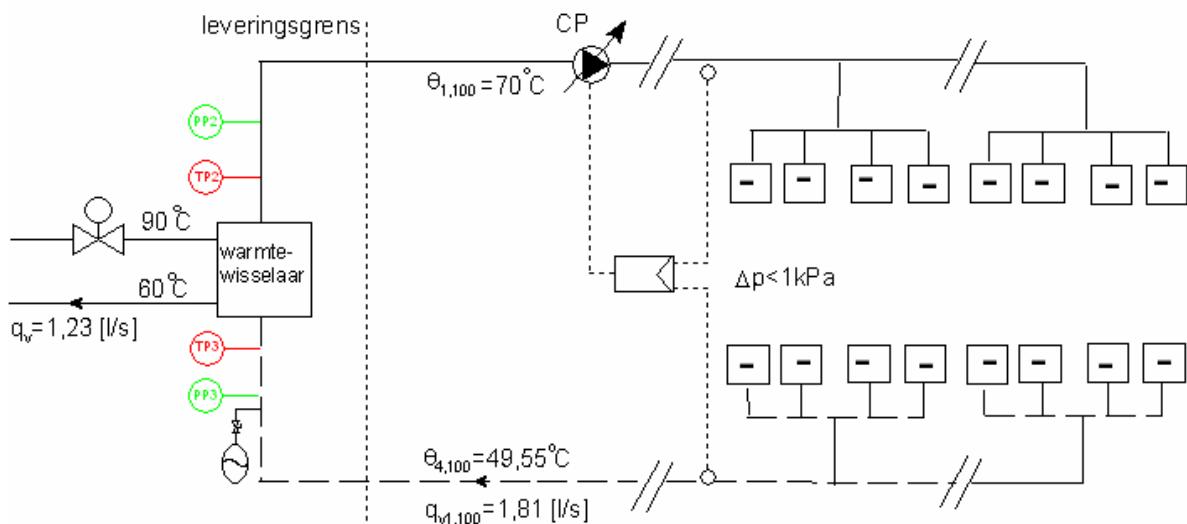
Met opwekkermoduul 1 (passief) wordt voldaan aan de samenstellingsregels voor modulen:

Opwekermoduul	+ distributiemodel	+ gebruikermodulen
P	+ P	+ A, A, A

Het drukverlies (bijvoorbeeld 15 kPa) van de warmtewisselaar aan de cv-zijde moet worden gecompenseerd door de circulatiepompen CP van de gebruikermodulen. Er kunnen zich drie situaties voordoen.

- Bestaande pompen hebben voldoende capaciteit;
- Bestaande pompen of enkele daarvan dienen te worden vervangen door pompen met een grotere capaciteit;
- Er wordt een extra pomp in de distributiemodul projecerteerd.

Om in het laatste geval aan de samenstellingsregels voor modulen te blijven voldoen, dient de distributiemodul 'Passief door regeling (P)' uit hoofdstuk 2.4 te worden geselecteerd. In figuur 2.2.7. is de situatie gegeven.



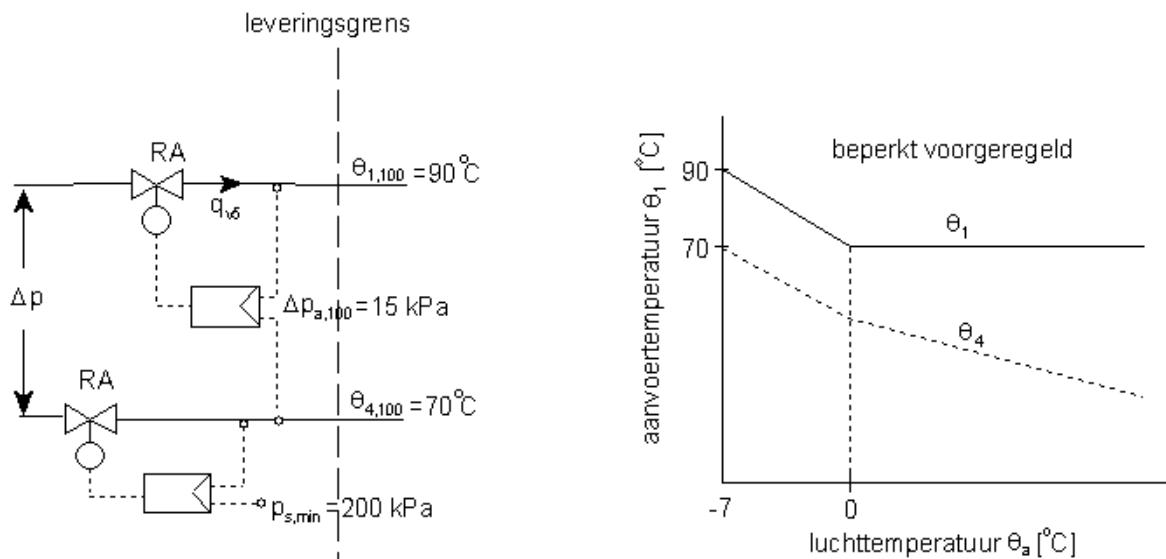
Figuur 2.7.7 Extra pomp in de distributiemodul om het drukverlies over de warmtewisselaar te compenseren. De distributiemodul is 'Passief door regeling' om aan de samenstellingsregels voor modulen te blijven voldoen.

De ontwerpeisen en dimensioneringsregels staan op de werkbladen van opwekkermodul 1 en zijn hier niet verder uitgewerkt.

2.7.3 Voorbeeld 2: Warmtegebruikers aangesloten op stadsverwarming, directe aansluiting

We gaan uit van hetzelfde gebouw en dezelfde vermogensvragen van de warmtegebruikers uit voorbeeld 1. We beperken ons in dit voorbeeld tot de selectie en het samenstellen van de modulen tot een hydraulische schakeling. Voor het dimensioneren wordt verwezen naar de werkbladen.

Vroegtijdig in het project is reeds bekend dat de warmteopwekking wordt gerealiseerd door stadsverwarming, directe aansluiting. De leveringsvoorwaarden zijn samengevat in figuur 2.7.8.



Figuur 2.7.8 Leveringsvoorwaarden stadsverwarming, directe aansluiting

De (bekende) voorwaarde van de stadsverwarmingsbedrijven voor de hydraulische schakeling is dat niet direct vanuit de aanvoer warm water naar de retour mag worden gestort via een open verdeler/verzamelaar of bypass. Dit heeft consequenties voor de te selecteren warmtegebruikermodulen (bijvoorbeeld modul 4 is nu niet toegestaan) en het opnemen van bypasses om doorstroming te garanderen is in principe niet toegestaan.

De (bekende) voorwaarde van de stadsverwarmingsbedrijven voor de hydraulische schakeling is dat niet direct vanuit de aanvoer warm water naar de retour mag worden gestort via een open verdeler/verzamelaar of bypass. Dit heeft consequenties voor de te selecteren

warmtegebruikermodulen (bijvoorbeeld moduul 4 is nu niet toegestaan) en het opnemen van bypasses om doorstroming te garanderen is in principe niet toegestaan.

Selectie en samenstellen van de modulen

Uit de leveringsvoorwaarden volgt dat de opwekkermoduul actief is en dat alleen warmtegebruikermodulen mogen worden geselecteerd met een dalende retourtemperatuur θ_4 . De eisen voor regeling, besturing en beveiliging van de warmtegebruikers worden gelijk gekozen aan voorbeeld 1.

Uit hoofdstuk 2.4. 'Samenstellen modulen' volgt dat met een actieve opwekkermoduul en een passieve distributiemoduul alleen passieve warmtegebruikermodulen mogen worden geselecteerd.

Selectie warmtegebruikermodulen

Radiatorgroep a, b en c

Regeling van het vermogen:

- De aanvoertemperatuur θ_2 voor iedere radiatorgroep wordt weersafhankelijk voorgeregd en elk radiator wordt nageregeld met 2-weg thermosstatische regelafsluiters. De overwegingen voor deze keuzes zijn:
 - Individuele naregeling is een eis uit het Programma van Eisen;
 - Verschil in operationeel gebruik is aanleiding drie groepen te creëren met eigen regeling;
 - De aanvoertemperatuur θ_1 wordt door het stadsverwarmingsbedrijf beperkt voorgeregd tot 70 °C, zie figuur 2.7.8;
 - Voorregeling van θ_1 en θ_2 leidt tot een betere individuele naregeling (operationeel in rechter gedeelte bedrijfskarakteristieken), minder warmteverlies in de leidingen en een verdere daling van de retourtemperatuur θ_4 .

Het is niet moeilijk in te zien dat op het blad 'Overzicht van warmtegebruikermodulen' in hoofdstuk 2.4. van de passieve modulen alleen moduul 5 voldoet. Gekozen wordt dus:

- Gebruikermoduul 5 (passief).

Om dezelfde reden als in voorbeeld 1 worden de regelafsluiters RA en circulatiepompen CP van de modulen gemonteerd in de technische ruimte. De circulatiepompen CP van de groepen worden toerengeregd uitgevoerd.

Vloerverwarming

Regeling van het vermogen:

Het afgegeven vermogen wordt geregeld door de aanvoertemperatuur θ_2 weersafhankelijk te maken van de buitenluchttemperatuur θ_a (basisverwarming).

Bij vollast is de aanvoertemperatuur $\theta_{2,100} = 50$ °C en niet $\theta_{1,100} = 90$ °C, die door het stadsverwarmingsbedrijf wordt geleverd. Dit betekent dat een (passieve) gebruikermoduul moet worden geselecteerd, waarmee vaste voormenging mogelijk is. Uit het overzicht van modulen blijkt deze in aanmerking komen:

- Gebruikermoduul 2 (passief);
- Gebruikermoduul 5 (passief).

Ook nu is het niet moeilijk in te zien dat gebruikermoduul 2 vervalt, omdat de retourtemperatuur θ_4 stijgt bij deellast (direct terugstorten van warm water uit aanvoer naar retour via de bypass q_{v4}).

Voor de vloerverwarming wordt dus gekozen:

- Gebruikermoduul 5 (passief).

Om dezelfde redenen als in voorbeeld 1 worden de regelafsluiter RA en circulatiepomp CP gemonteerd in de technische ruimte.

Luchtverwarming

Regeling van het vermogen

Het vermogen van de luchtverwarmers wordt geregeld door de aanvoertemperatuur θ_2 te variëren. De volumestroom q_{v1} door de warmtewisselaar is constant om bevriezing te voorkomen en een gelijkmatige temperatuurverdeling over de warmtewisselaar na te streven. Rekening houdend met de vereiste dalende retourtemperatuur θ_4 is alleen de passieve moduul 5 geschikt. Voor de 3 luchtverwarmers wordt dus geselecteerd:

- Gebruikermoduul 5 (passief).

Luchtverwarming vraagt om een snelle reactie op verandering van de buitenluchttemperatuur. De regelafsluiter RA van moduul 5 en de circulatiepomp CP worden daarom bij de warmtewisselaar op het dak van het gebouw geplaatst. In de wintermaanden dient pomp CP aan te blijven, ook buiten de bedrijfstijd van het gebouw om bevriezing van de warmtewisselaar te voorkomen. Om dezelfde reden kan doorstroming in buis 5 gewenst zijn, wat door middel van regeling van RA wordt gerealiseerd.

Boiler warmtapwater keuken

Regeling van het vermogen

Het toegevoerde vermogen aan boilers wordt meestal geregeld door variatie van de volumestroom q_{v1} , waarbij de aanvoertemperatuur θ_2 hoger dan 65 °C moet blijven. Dit laatste is verzekerd door de beperkte voorregeling van het stadsverwarmingsbedrijf.

Uit het overzicht van warmtegebruikermodulen blijkt dat 2 passieve modulen geschikt zijn:

- Gebruikermoduul 4 (passief);
- Gebruikermoduul 6 (passief).

Gebruikermoduul 4 vervalt omdat de retourtemperatuur θ_4 stijgt bij deellast. Tevens is de afstand tussen technische ruimte (opwekker) en boiler niet groot en dus vervalt een argument om moduul 4 te gebruiken.

Er wordt daarom gekozen voor moduul 6:

- Gebruikermoduul 6 (passief)

De regelafsluiter RA van de moduul wordt om redenen van bekabeling bij de boiler gemonteerd.

Boiler warmtapwater praktijklokalen

Regeling van het vermogen

Om dezelfde reden als bij de boiler in de keuken voldoen twee modulen:

- Gebruikermoduul 4 (passief);
- Gebruikermoduul 6 (passief).

Vanwege de wachttijd voor tappen warm water (moet korter zijn dan 25 seconden) wordt de boiler opgesteld bij de praktijklokalen, dus ver van de opwekkermoduul (≈ 70 m). Om deze redenen zou gekozen moeten worden voor gebruikermoduul 4, maar deze heeft een bypass leiding en een daardoor stijgende retourtemperatuur θ_4 . De kleine volumestroom q_{v5} van deze moduul kan na overleg met het stadsverwarmingsbedrijf toch reden zijn om de moduul toe te laten in het licht van de geringe invloed van de retourtemperatuur θ_4 van de moduul op de centrale retourtemperatuur θ_4 naar de opwekkermoduul. In dit voorbeeld gaan we ervan uit dat vanwege de stijgende retourtemperatuur gebruikermoduul 6 wordt geselecteerd.

- Gebruikermoduul 6 (passief).

Vanuit de regeling moet nu bekeken worden of er voor de warmtegebruiker geen onaanvaardbare situaties ontstaan voor bijvoorbeeld de wachttijd. Een ander nadelig aspect is dat bij het openen van de regelafsluiter eerst het afgekoelde water uit de leiding door de boiler stroomt, wat bij kleine boilers tot een temperatuurdaling van het tapwater kan leiden. Regeltechnisch kan dit opgelost worden door de regelafsluiter periodiek te openen met inachtneming van de maximale boilertemperatuur als de aanvoerwatertemperatuur θ_1 groter is dan 70 °C. Dit regeltechnisch probleem wordt in dit voorbeeld niet verder uitgewerkt.

Distributiemoduul

In het voorbeeld is al uitgegaan van een passieve distributiemoduul. Voor het samenstellen van opwekkermoduul, distributiemoduul en gebruikermodulen is nu de volgende regel van toepassing, zie hoofdstuk 2.4.

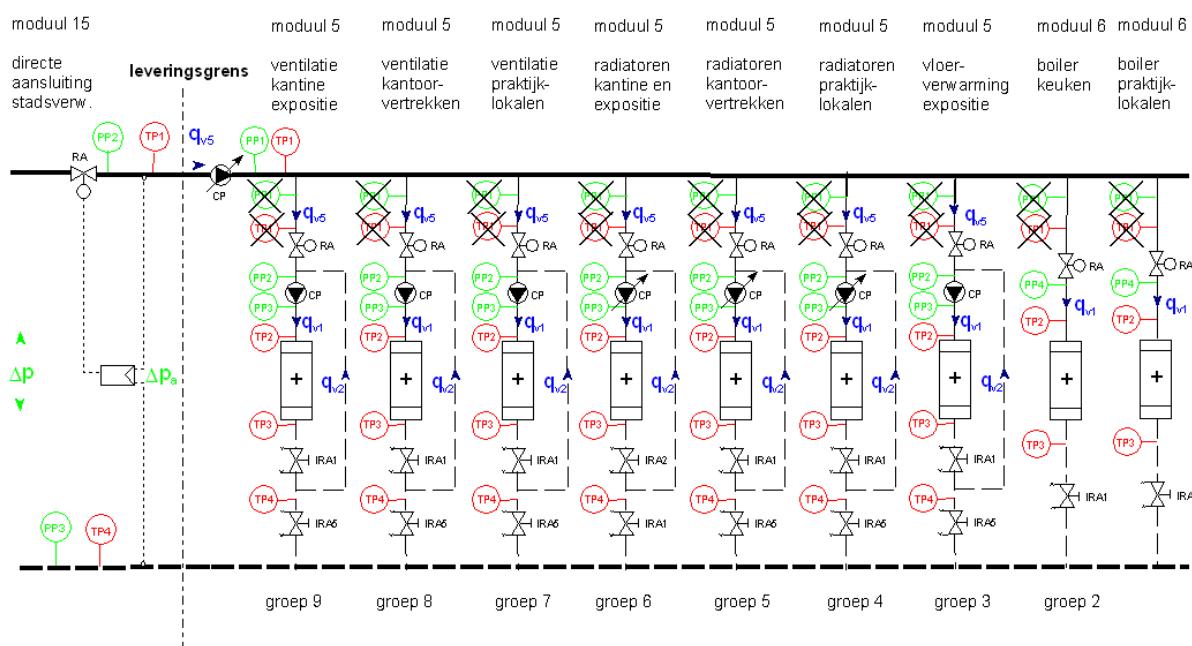
Opwekkermoduul	+ distributiemoduul	+ gebruikermoduul
A	+ P	+ P, P, P

Warmteopwekkermoduul

In het begin van het voorbeeld was reeds gekozen voor opwekkermoduul 15. De leveringsdruk bedraagt 15 kPa, die door middel van drukverschilregeling constant wordt gehouden. Uit de berekening van voorbeeld 1 blijkt dat deze leveringsdruk onvoldoende is. In buis 5 van opwekkermoduul 15 moet dus een extra circulatiepomp CP worden geprojecteerd, zoals dit bij de betreffende moduul in hoofdstuk 2.4 is vermeld.

Deze pomp wordt toerengeregeld uitgevoerd om de druktoename van de pomp bij lagere volumestromen te compenseren en een zo constant mogelijk drukverschil over de modulen te realiseren, zie ontwerpeisen op de werkbladen bij modulen 5 en 6. Het constant drukverschilpunt wordt geplaatst over de gebruikermodulen. De plaats van de Δ_p -meting in de verdeler/verzamelaar is hier niet kritisch vanwege het lage drukverlies in dit deel, zie ook bijlage K.

In figuur 2.7.9 is de gerealiseerde schakeling getekend volgens het watervalprincipe, aanvoer boven, retour onder en gebruikers daartussen.



figuur 2.7.9. Hydraulische schakeling aangesloten op stadsverwarming, directe aansluiting. Alle warmtegebruikermodulen hebben als eigenschap dat de retourtemperatuur θ_r daalt bij deellast.

BIJLAGE A ONTWERPEISEN EN ONTWERPREGELS VOOR DISTRIBUTIESYSTEMEN IN DE WARMTEGEBRUIKER- EN WARMTEOPWEKKERMODULEN

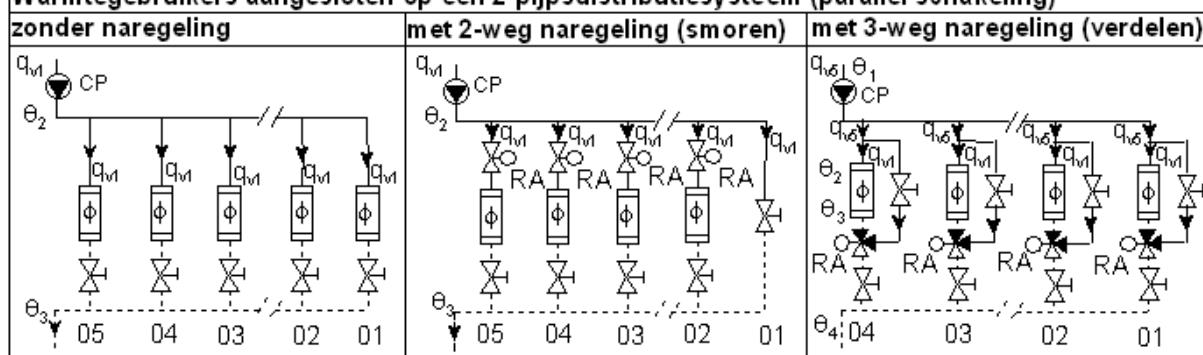
Met de distributiesystemen worden de warmtegebruikers en warmteopwekkers in de modulen met elkaar verbonden. De volgende distributiesystemen worden onderscheiden:

- 2-pijpssysteem;
- 1-pijpssysteem;
- Tichelmannsysteem (reverse-flow).

Ten aanzien van het 2-pijpssysteem verschilt het Tichelmannsysteem hierin dat voor de verdeling van de volumestromen door de warmtegebruikers of warmteopwekkers de kans bestaat dat geen inregelafsluiters hoeven te worden geprojecteerd. Een drukverliesberekening volgens ISSO-publicatie 18 moet dit bevestigen. Ten aanzien van het hydraulisch deellast gedrag verschilt een Tichelmannsysteem nauwelijks van een 2-pijpssysteem.

2 - PIJPSDISTRIBUTIESYSTEMEN OPGENOMEN IN DE WARMTEGEBRUIKERMODULEN

Warmtegebruikers aangesloten op een 2-pijpsdistributiesysteem (parallel schakeling)



toepasbaar in de warmtegebruikermodulen

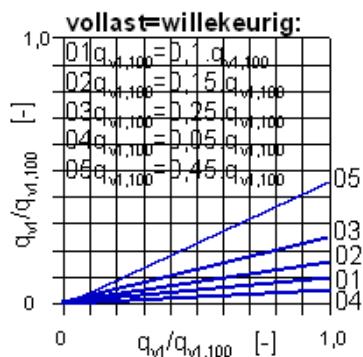
1,2,3,4,5,6,7 en 8

1,2,3,5,7 en 8

1,2,3,5,7 en 8

hydraulische eigenschappen

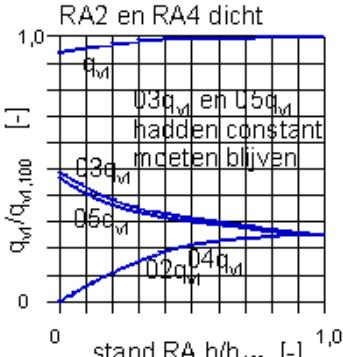
-als hoofdstroom q_M =variabel



q_M (hoofdstroom) is variabel als:

- > aangesloten op warmtegebruikermodule 4 (verdelen)
- > aangesloten op warmtegebruikermodule 6 (smoren)
- > regelen vermogen ϕ met toerengeregelde pomp CP

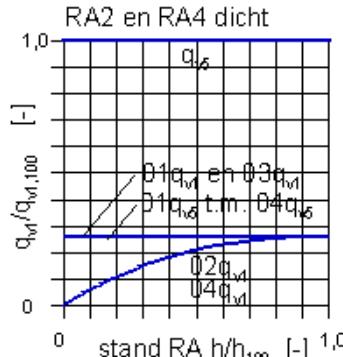
-naregeling met RA's, zie figuur



minder onderlinge beïnvloeding als:

- autoriteit A>0,5, dus hoge weerstand bij de gebruikers
- lage weerstand gemaatschappelijke buizen
- vlakke pompkarakteristiek CP
- $\Delta p=\text{constant}$ regeling, bijlage K

- naregelen met RA's, zie figuur



geen onderlinge beïnvloeding

- (01q_M t.m. 04q_M=constant)
- als ontwerpeisen worden gevuld

ontwerpeisen

-drukverliesberekening en inregelen volgens ISSO18 "Leidingnetberekening"

-Autoriteit A>0,5 gebaseerd op warmtegebruiker 2, voor berekening k_{ie} zie moduul 6

-drukverliesberekening ISSO-18 met ontwerpmethoden:
> constante wrijving <150 Pa/m of
> geleidelijke snelheidsreductie

- volg de ontwerpregels voor moduul 4

thermisch gedrag

zie scenario's in bijlage E:

- θ_2 varieert; scenario 1
- q_M varieert; scenario 2

zie scenario's in bijlage E

- q_M varieert scenario 2

- zie scenario 4 bijlage E

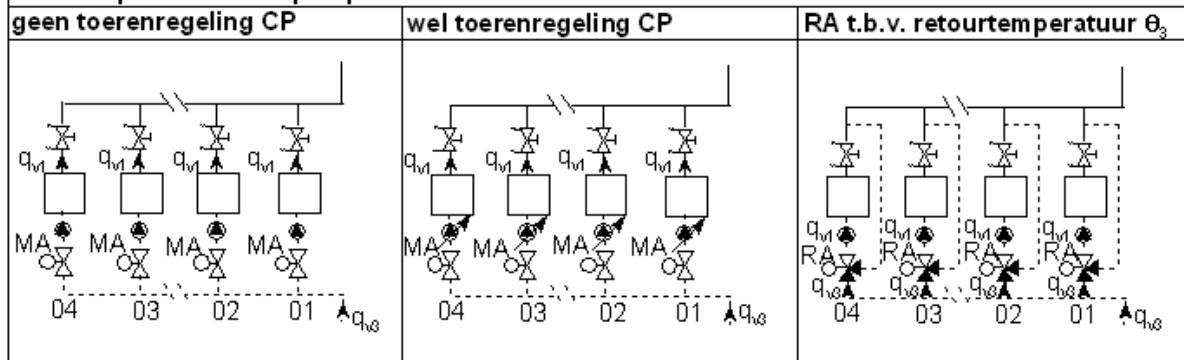
2-PIJPSDISTRIBUTIESYSTEMEN OPGENOMEN IN DE WARMTEOPWEKKERMODULEN

warmteopwekkers zonder individuele pomp

geen toerenregeling CP	wel toerenregeling CP	
toepasbaar in warmteopwekkermodulen		
1,5 en 14	1,5 en 14	
hydraulische eigenschappen		
-als q_{v0} =variabel, zie figuur vollast=willekeurig: 	-als q_{v0} =variabel, zie figuur linker kolom	
-als MA's dicht gaan, zie figuur 	-als MA's dicht gaan, zie figuur linker kolom	
q_v-sprongen opwekkers minder: - lage weerstand gemeenschappelijke buizen - open verdeler/verzamelaar - hoge weerstand opwekkers - vlakke pompkarakteristiek CP	q_v-sprongen opwekkers minder: - zie linkerkolom en/of - $\Delta p = \text{constant}$ regeling d.m.v. toerengeregelde pomp	
ontwerpeisen		
- drukverliesberekening volgens ISO-18 - als opwekkers worden afgeschakeld liever niet toepassen met opwekkermodule 14 (gesloten verdeler verzamelaar, dus weerstand gebruikers moet worden meegerekend)	- zie linkerkolom	

2-PIJPSDISTRIBUTIESYSTEMEN OPGENOMEN IN DE WARMTEOPWEKKERMODULEN

warmteopwekkers met pomp



toepasbaar in warmteopwekkermodulen

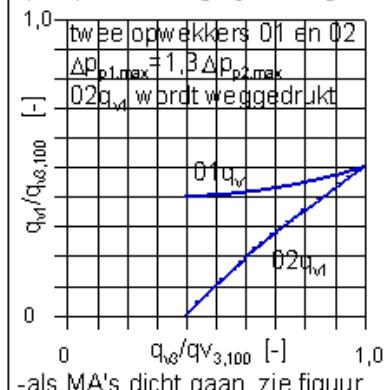
3,4,7,8,9,12 en 13

3,4,7,8,9,12 en 13

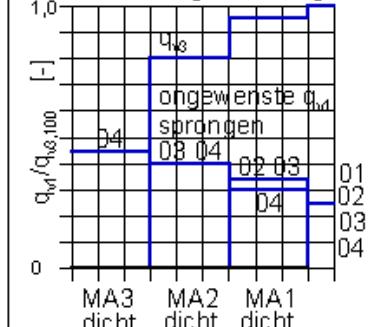
6,10 en 11

hydraulische eigenschappen

- als q_w =variabel en $\Delta p_{p,max}$ pompen is niet gelijk, zie figuur

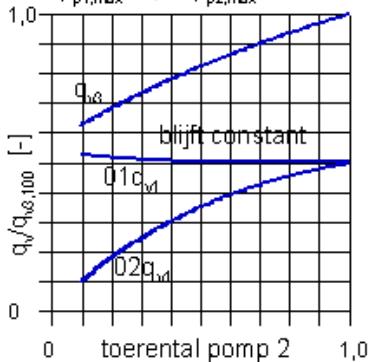


- als MA's dicht gaan, zie figuur



- q_v -sprongen opwekkers minder:
- weerstand gemeenschappelijke buizen groot, ook gebruikers
- weerstand opwekkers groot

- cascade toerenregeling
twee opwekkers 01 en 02
 $\Delta p_{p1,max} = 1,3 \Delta p_{p2,max}$



- RA's open/dicht
geen noemenswaardige beïnvloeding q_v 's andere opwekkers als ontwerpeisen worden gevuld

ontwerpeisen

- $\Delta p_{p,max}$ voor alle pompen gelijk
- pompen dimensioneren met de ontwerpregels bij de opwekkermodulen

- als $\Delta p_{3,100}$ klein b.v. bij open verdeler/verzamelaraar opwekkermodulen 4, dan hoeft $\Delta p_{p,max}$ pompen niet gelijk te zijn
- pompen dimensioneren met de ontwerpregels bij de opwekkermodulen

- Autoriteit A en k_v -waarde bepalen volgens de ontwerp-eisen en regels bij de opwekkermodulen
- pompen dimensioneren volgens de ontwerpregels bij de opwekkermodulen

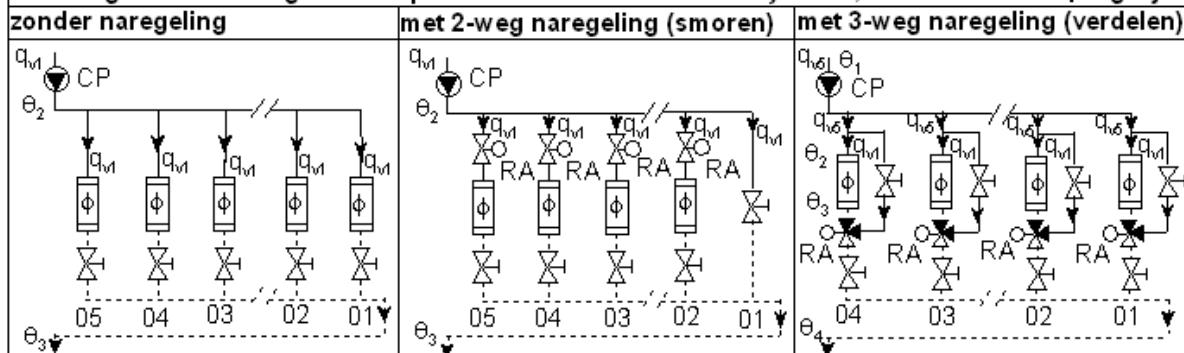
1 - PIJPSDISTRIBUTIESYSTEMEN OPGENOMEN IN DE WARMTEGEBRUIKERMODULEN

warmtegebruikers aangesloten op een 1-pijpsdistributiesysteem

zonder naregeling	met 2-weg naregeling (smoren)	met 3-weg naregeling (verdelen)
geen toepassing		geen toepassing
toepasbaar in de warmtegebruikermodulen		
	1,2,3,5,7 en 8	
hydraulische eigenschappen		
	<p>-naregeling met RA's, zie figuur</p> <p>RA2 en RA4 dicht</p> <p>geen onderlinge beïnvloeding als: - lage weerstand gemeenschappelijke buis $\Delta p < 50 \text{ Pa/m}$</p>	
ontwerpeisen		
	<ul style="list-style-type: none"> -Autoriteit A>0,5 -$\Delta p_{RA,100}=A/(1-A) \cdot \Delta p_{1,100}$ -drukverliesberekening ISSO-18, drukverlies in gemeenschappelijke buis < 50 Pa/m 	
thermisch gedrag		
	<ul style="list-style-type: none"> -$\theta_2 = \text{constant}$; scenario 4 bijlage E -$\theta_2 = \text{dalend}$, zie b.v. moduul 1, blad 1, met 3-weg naregeling 	

TICHELMANN (REVERSE FLOW) DISTRIBUTIESYSTEMEN IN DE WARMTEGEBRUIKERMODULEN

Warmtegebruikers aangesloten op een Tichelmann distributiesysteem, alleen zinvol als ϕ 's gelijk



toepasbaar in de warmtegebruikermodulen

1,2,3,4,5,6,7 en 8

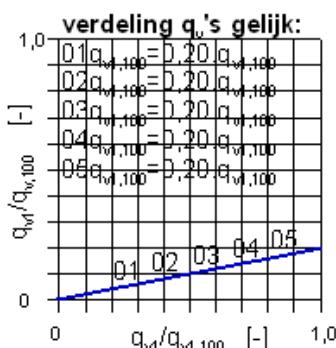
1,2,3,5,7 en 8

1,2,3,5,7 en 8

hydraulische eigenschappen

-kans dat inregelafsluiters komen te vervallen (niet nodig zijn)

-als q_M =variabel

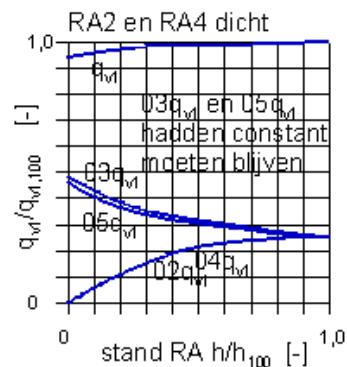


q_M is variabel als:

- > aangesloten op warmtegebruikermodul 4 (verdelen)
- > aangesloten op warmtegebruikermodul 6 (smoren)
- > regelen vermogen ϕ met toerengeregelde pomp CP

-kans dat inregelafsluiters komen te vervallen (niet nodig zijn).

-naregeling met RA's, zie figuur RA2 en RA4 dicht

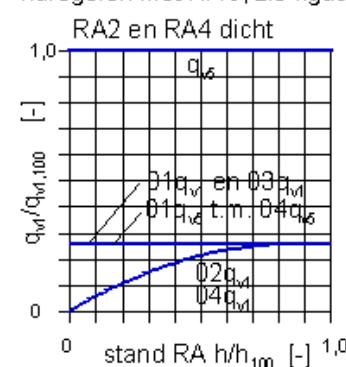


minder onderlinge beïnvloeding als:

- autoriteit $A > 0,5$; dus hoge weerstand bij de gebruikers
- lage weerstand gemeenschappelijke buizen
- vlakke pompkarakteristiek
- $\Delta p = \text{constant}$ regeling, bijlage K

-kans dat inregelafsluiters komen te vervallen (niet nodig zijn).

- naregelen met RA's, zie figuur RA2 en RA4 dicht



geen onderlinge beïnvloeding ($01q_M$ t.m. $04q_M = \text{constant}$) als ontwerpregels worden gevuld

ontwerpeisen

-drukverliesberekening en inregelen volgens ISSO -18 "Leidingnetberekening"

-Autoriteit $A > 0,5$
-bereken k_s gebaseerd op warmtegebruiker 2, zie verder modul 6
-drukverliesberekening ISSO -18 met ontwerpmethoden:
> constante wrijving $< 150 \text{ Pa/m}$
> geleidelijke snelheidsreductie

-volg de ontwerpeisen en ontwerpregels voor modul 4
-drukverliesberekening ($RA = \text{open}$) en inregelen volgens ISSO-18 en ISSO 31

thermisch gedrag

zie scenario's in bijlage E:

- θ_2 varieert; scenario 1
- q_M varieert; scenario 2

zie scenario's in bijlage E

- q_M varieert scenario 2

-zie scenario 4 bijlage E

TICHELMANN (REVERSE FLOW) DISTRIBUTIESYSTEMEN IN DE WARMTEOPWEKKERMODULEN

Warmteopwekkers zonder pomp, Tichelmann alleen zinvol met dezelfde opwekkers

geen toerenregeling CP	wel toerenregeling CP	
toepasbaar in warmteopwekkermodulen		
1,5 en 14	1,5 en 14	
hydraulische eigenschappen		
<ul style="list-style-type: none"> -kans dat inregelaarsluiters komen te vervallen (niet nodig zijn) -als q_{v0}=variabel, zie figuur q_v's gelijk: 	<ul style="list-style-type: none"> -kans dat inregelaarsluiters komen te vervallen (niet nodig zijn) -als q_{v0}=variabel, zie linkerkolom 	
<ul style="list-style-type: none"> -als MA's dicht gaan, zie figuur 	<ul style="list-style-type: none"> -als MA's dicht gaan, zie linkerkolom 	
<ul style="list-style-type: none"> - q_v-sprongen opwekkers minder: <ul style="list-style-type: none"> - lage weerstand gemeenschappelijke buizen - open verdeler/verzamelaar - hoge weerstand opwekkers - vlakke pompkarakteristiek CP 	<ul style="list-style-type: none"> - q_v-sprongen opwekkers minder: <ul style="list-style-type: none"> - zie linkerkolom - en/of - Δp=constant regeling d.m.v. toerengeregelde pomp 	
ontwerpeisen		
<ul style="list-style-type: none"> - drukverliesberekening volgens ISSO 18 - als opwekkers worden afgeschakeld liever niet toepassen met opwekkermodule 14 (gesloten verdeler/verzamelaar, dus weerstand gebruikers moet worden meegerekend) 	<ul style="list-style-type: none"> - zie linkerkolom 	

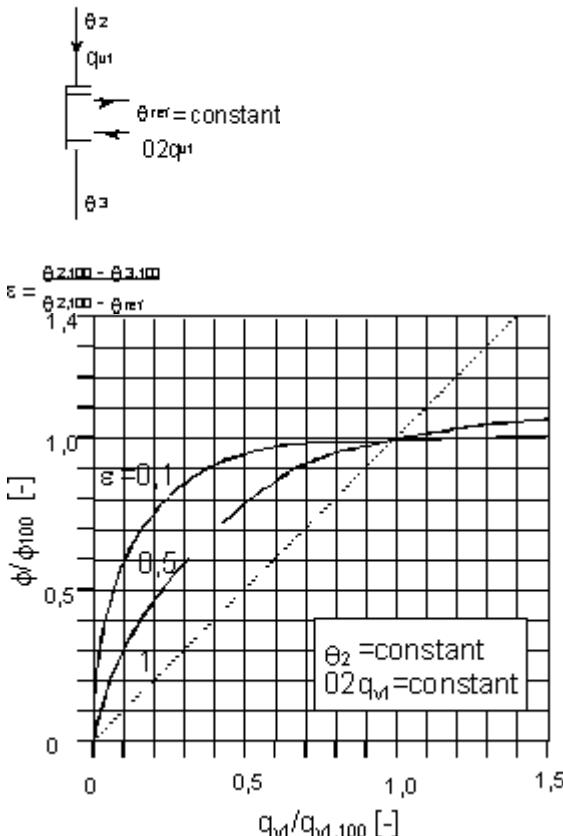
BIJLAGE B THERMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN WARMTEWISSELAARS

Warmtevermogen

Globaal gelden de volgende statische eigenschappen voor alle soorten warmtewisselaars voor verwarmen.

Regeling van het warmtevermogen met q_{v1}

Voorverwarmer



Figuur B.1 Verband tussen warmtevermogen Φ en de volumestroom q_{v1} bij voorverwarmer(s). De kromming van de curven wordt (hoofdzakelijk) bepaald door het temperatuurrendement ϵ ,

Enkele gebruikelijke waarden voor ϵ_1 zijn:

$\theta_2/\theta_3/\theta_{ref}/\epsilon_1$

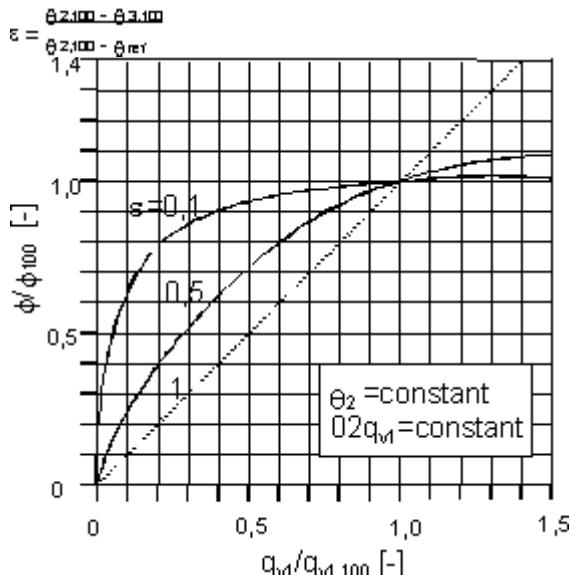
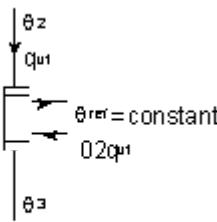
90/70/40/0,4

70/50/30/0,5

80/60/20/0,33

Bij de gebruikelijke ϵ_1 -waarden rekening houden met kleine volumestromen q_{v1} vanaf een vermogensvraag van ongeveer 60%, zie grafiek. Denk bijvoorbeeld aan afkoelen medium in de buizen.

voorverwarmer



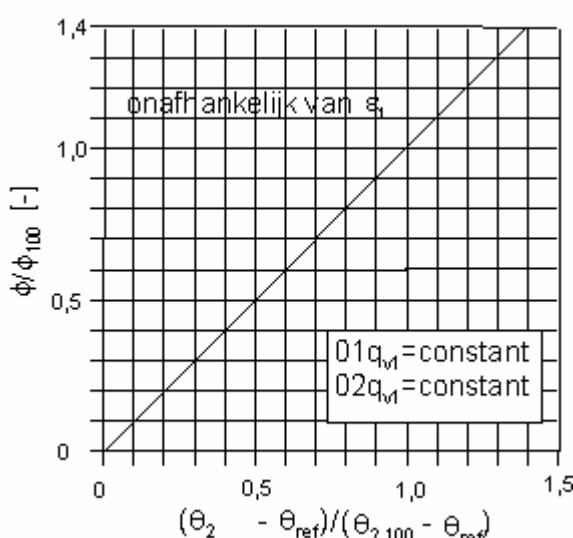
Figuur B.2 Verband tussen warmtevermogen Φ en de volumestroom q_{v1} bij naverwarmer(s). De kromming van de curven wordt (hoofdzakelijk) bepaald door het temperatuurrendement ε_1 .

Enkele gebruikelijke waarden voor ε_1 zijn:

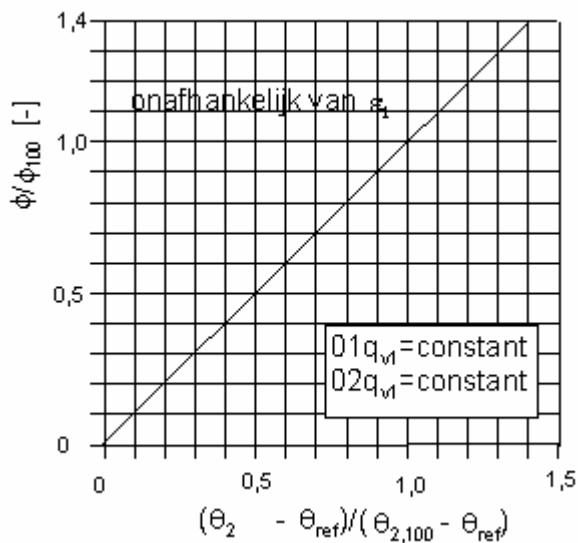
$\theta_2/\theta_3/\theta_{ref}/\varepsilon_1$
90/70/20/0,29
80/60/20/0,33
70/50/20/0,4

Bij de gebruikelijke ε_1 -waarden rekening houden met kleine volumestromen q_{v1} vanaf een vermogensvraag van ongeveer 60%, zie grafiek. Denk bijvoorbeeld aan afkoelen medium in de buizen.

Regeling van het vermogen met θ_2



Figuur B.3 Verband tussen warmtevermogen Φ en θ_2 bij voorverwarmer(s). Het temperatuurrendement ε heeft weinig tot geen invloed op het verloop van de curve



Figuur B.4 Verband tussen warmtevermogen Φ en θ_2 bij naverwarmer(s). Het temperatuurrendement ε heeft weinig tot geen invloed op het verloop van de curve

Tegenstroomwarmte-wisselaar	Toepassing (voorwaarden)	ISSO-publicatie 44
Formules voor de warmteafgifte		
Voorverwarmer $\theta_{ref} = \text{constant}$	$\theta_2 = \text{constant}$ $q_{v2} = \text{constant}$	ϕ afhankelijk van $q_{v1}; \varepsilon_2$ heeft nagenoeg geen invloed $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{(B(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v1}}))} - 1}{e^{(B(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v1}}))}}$ $(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v1}}) \cdot e^{\frac{q_{v1},100}{q_{v1}}}$ $\frac{q_{v1},100}{q_{v1}}$
		ϕ afhankelijk van θ_2 $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$
	$q_{v1} = \text{constant}$ $q_{v2} = \text{constant}$	ϕ afhankelijk van q_{v1} en $\theta_2; \varepsilon_2$ heeft nagenoeg geen invloed $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{(B(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v1}}))} - 1}{e^{(B(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v1}}))}} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$ $(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v1}}) \cdot e^{\frac{q_{v1},100}{q_{v1}}}$ $\frac{q_{v1},100}{q_{v1}}$
		ϕ afhankelijk van $q_{v2}; \varepsilon_1$ heeft nagenoeg geen invloed $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{(B(\varepsilon_1 - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}))} - 1}{e^{(B(\varepsilon_1 - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}))}}$ $(\varepsilon_1 - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}) \cdot e^{\frac{q_{v2},100}{q_{v2}}}$ $\frac{q_{v2},100}{q_{v2}}$
	$q_{v1} = \text{constant}$	ϕ afhankelijk van $q_{v2}; \varepsilon_1$ heeft nagenoeg geen invloed $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{(B(\varepsilon_1 - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}))} - 1}{e^{(B(\varepsilon_1 - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}))}} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$ $(\varepsilon_1 - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}) \cdot e^{\frac{q_{v2},100}{q_{v2}}}$ $\frac{q_{v2},100}{q_{v2}}$
		ϕ afhankelijk van $\theta_2; q_{v1}$ en q_{v2} $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{(B(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}))} - 1}{e^{(B(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}))}} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$ $(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \frac{\varepsilon_2}{q_{v2}}) \cdot e^{\frac{q_{v1},100}{q_{v1}} \frac{q_{v2},100}{q_{v2}}}$ $\frac{q_{v1},100}{q_{v1}} \frac{q_{v2},100}{q_{v2}}$
$\varepsilon_1 = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$ $\varepsilon_2 = \frac{\theta_{ref} - \theta_{6,100}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$ $B = \frac{1}{\ln(\frac{1 + \varepsilon_2 - \varepsilon_1}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2})}$ $\varepsilon_1 \neq \varepsilon_2$		

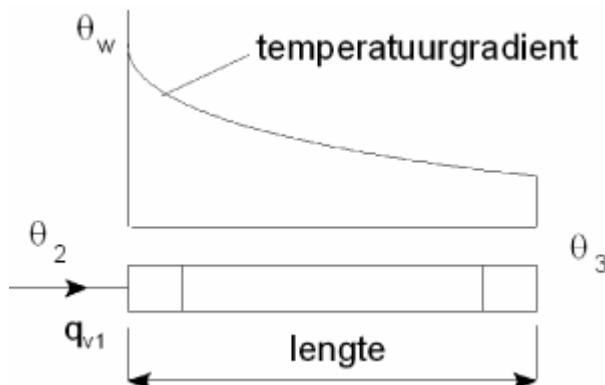
Tegenstroomwarmte-wisselaar	Toepassing (voorwaarden)	ISSO-publicatie 44	
		Formules voor de warmteafgifte	
<p>Naverwamer $\theta_{ref} = \text{constant}$</p>	$\theta_2 = \text{constant}$ $q_{v2} = \text{constant}$	Φ afhankelijk van q_{v1} ; ϵ_2 heeft nauwelijks invloed $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{\frac{(B - (\frac{z_1}{q_{v1}} - \epsilon_2))}{q_{v1},100}} - 1}{\frac{\epsilon_1}{q_{v1}} \cdot e^{\frac{(B - (\frac{z_1}{q_{v1}} - \epsilon_2))}{q_{v1},100}} - \epsilon_2}$	
	$q_{v1} = \text{constant}$ $q_{v2} = \text{constant}$	Φ afhankelijk van θ_2 $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$	
	$q_{v2} = \text{constant}$	Φ afhankelijk van q_{v1} en θ_2 ; ϵ_2 heeft nauwelijks invloed $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{\frac{(B - (\frac{z_1}{q_{v1}} - \epsilon_2))}{q_{v1},100}} - 1}{\frac{\epsilon_1}{q_{v1}} \cdot e^{\frac{(B - (\frac{z_1}{q_{v1}} - \epsilon_2))}{q_{v1},100}} - \epsilon_2} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$	
	$\theta_2 = \text{constant}$ $q_{v1} = \text{constant}$	Φ afhankelijk van q_{v2} ; ϵ_1 heeft nauwelijks invloed $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{\frac{(B - (\epsilon_1 - \frac{z_2}{q_{v2}}))}{q_{v2},100}} - 1}{\frac{\epsilon_1 \cdot e^{\frac{(B - (\epsilon_1 - \frac{z_2}{q_{v2}}))}{q_{v2},100}} - \frac{\epsilon_2}{q_{v2}}}{q_{v2},100}}$	
	$q_{v1} = \text{constant}$	Φ afhankelijk van q_{v2} ; ϵ_1 heeft nauwelijks invloed $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{\frac{(B - (\epsilon_1 - \frac{z_2}{q_{v2}}))}{q_{v2},100}} - 1}{\frac{\epsilon_1 \cdot e^{\frac{(B - (\epsilon_1 - \frac{z_2}{q_{v2}}))}{q_{v2},100}} - \frac{\epsilon_2}{q_{v2}}}{q_{v2},100}} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$	
	$\epsilon_1 = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$ $\epsilon_2 = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}{\ln(\frac{1 - \epsilon_2}{1 - \epsilon_1})}$ $B = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_2}{\epsilon_1 \cdot \epsilon_2}$ $\epsilon_1 \neq \epsilon_2$	Φ afhankelijk van θ_2 ; q_{v1} en q_{v2} $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{e^{\frac{(B - (\frac{z_1}{q_{v1}} - \frac{z_2}{q_{v2}}))}{q_{v1},100}} - 1}{\frac{\epsilon_1 \cdot e^{\frac{(B - (\frac{z_1}{q_{v1}} - \frac{z_2}{q_{v2}}))}{q_{v1},100}} - \frac{\epsilon_2}{q_{v2}}}{q_{v2},100}} \cdot \frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$	

Temperatuurgradiënt over de warmtewisselaar

De temperatuurgradiënt over de warmtewisselaar is afhankelijk van:

- Ontwerp temperatuurniveaus $\theta_{2,100}$ en $\theta_{3,100}$;
- Ontwerp temperatuurverschil $\theta_{2,100} - \theta_{3,100}$;
- Aantal malen dat een warmtewisselaar wordt doorstroomd (in het ongunstigste geval 1x, zoals bij radiatoren en sommige convectoren);

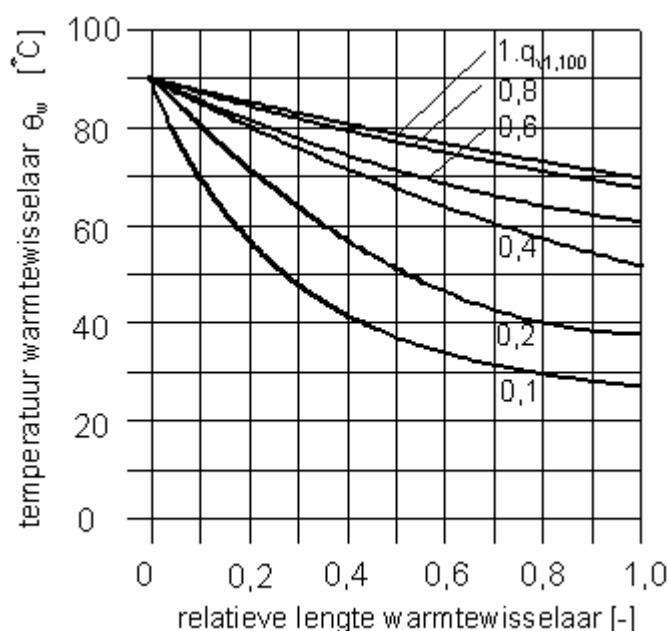
- Lengte van de warmtewisselaar;
- Volumestroom q_{v1} .



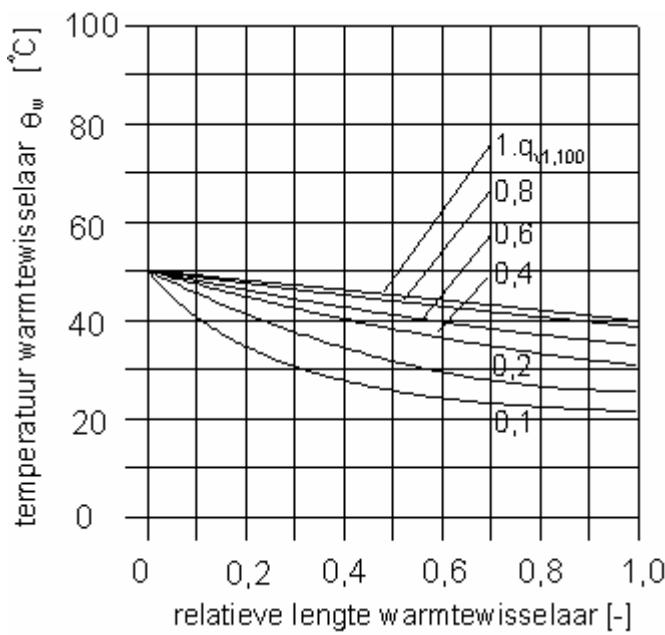
Figuur B.5 Temperatuurgradiënt over de warmtewisselaar

In het bijzonder bij Laag Temperatuur Verwarming LTV is de kans op een te grote temperatuurgradiënt bij deellastsituaties aanwezig. Hierdoor zal een deel van het oppervlak van de warmtewisselaar ongeveer de omgevingstemperatuur aannemen en daardoor als het ware buiten bedrijf zijn. Dit kan aanleiding zijn tot thermische onbehaaglijkheid, bijvoorbeeld stralingsasymmetrie of koudeval.

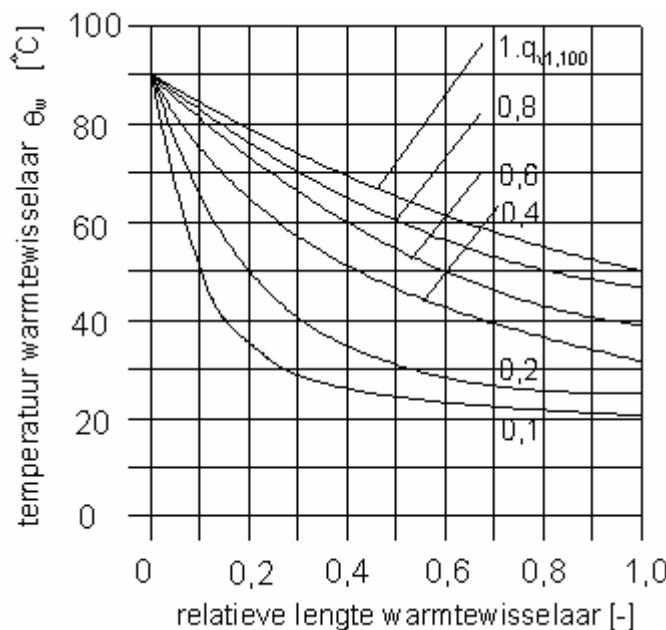
In de figuren B.6. tot en met B.8. worden voor een ongunstig type warmwaterwarmtewisselaar met 1x doorstroming de temperatuurgradiënten getoond, afhankelijk van de ontwerptemperaturen $\theta_{2,100}$ en $\theta_{3,100}$ en de volumestroom q_{v1} .



Figuur B.6 Temperatuurgradiënt over een warmwaterwarmtewisselaar. Parameter bij de curven is de volumestroom q_{v1} . De ontwerptemperaturen zijn conventioneel $\theta_{2,100} = 90$ °C en $\theta_{3,100} = 70$ °C.



Figuur B.7 Temperatuurgradiënt over een warmwaterwarmtewisselaar. Parameter bij de curven is de volumestroom q_v1 . Laag Temperatuur Verwarming $\theta_{2,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en $\theta_{3,100} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$.



Figuur B.8 Temperatuurgradiënt over een warmwaterwarmtewisselaar. Parameter bij de curven is de volumestroom q_v1 . Groot temperatuurverschil $\theta_{2,100} = 90 \text{ }^{\circ}\text{C}$ en $\theta_{3,100} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ontwerpaanbevelingen

- Warmtewisselaars selecteren die meerdere keren worden doorstroomd. Dit is niet altijd mogelijk zoals bijvoorbeeld bij radiatoren;
- Niet overdimensioneren, zodat bij deellast onmiddellijk een lage volumestroom q_v1 optreedt;
- Geen lange warmtewisselaars selecteren. Bijvoorbeeld voor LTV lengte < 1 m;
- Ontwerp temperatuurverschil klein houden. Bijvoorbeeld bij LTV $(\theta_{2,100} - \theta_{3,100}) < 10 \text{ K}$.

Opwarm- en afkoelkarakteristiek van een indirect gestookte boiler

Bepaling toe te voeren vermogen bij opwarmen

Bij een goed geïsoleerde boiler (5 cm isolatie of meer) kan het vermogen voor opwarmen worden berekend met formule B.1. In deze formule wordt het warmteverlies tijdens opwarmen verwaarloosd.

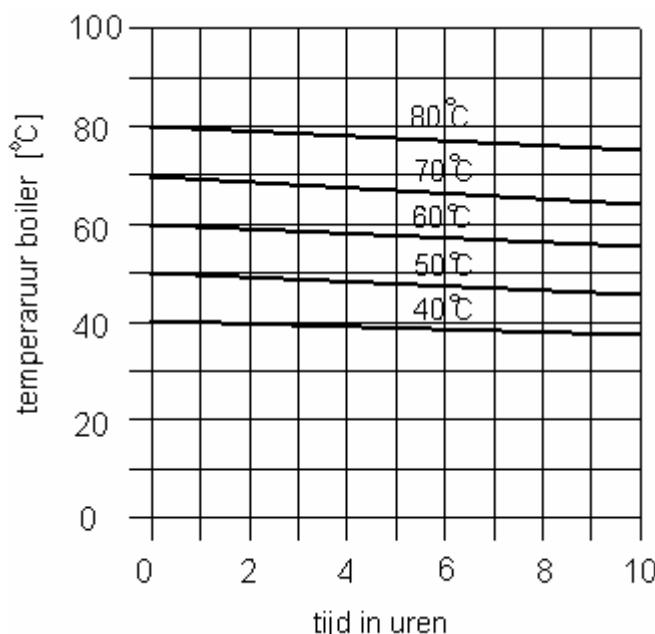
$\Phi_b = \frac{V_b \cdot \rho \cdot c \cdot (\theta_{b2} - \theta_{b1})}{3600 \cdot \Delta t}$	[KW]	(B.1)
---	------	-------

Waarin:

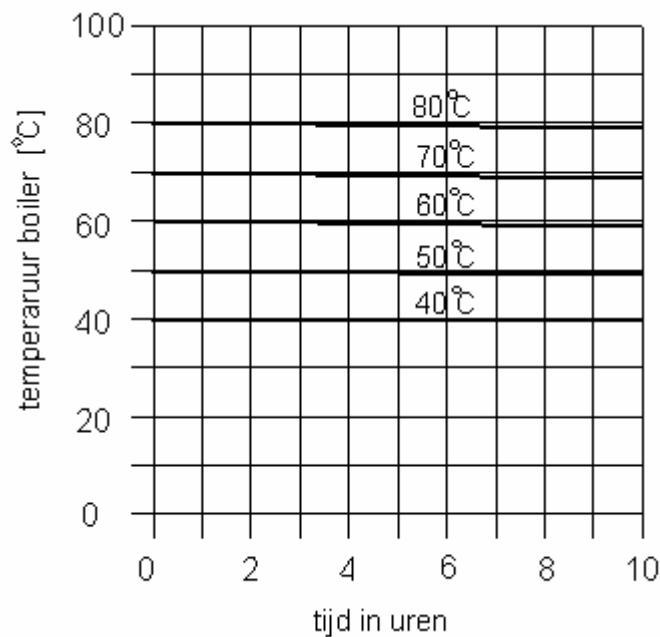
Φ_b	= Het aan een boiler toe te voeren vermogen	[KW]
ρ	= Soortelijke massa water	[kg/m ³]
c	= Soortelijke warmte water (4,19)	[kJ/(kg·K)]
θ_{b2}	= Temperatuur boilerwater opgewarmd	[°C]
θ_{b1}	= Temperatuur boilerwater opgewarmd	[°C]
Δt	= Tijd waarin het opwarmen van het boilerwater dient te geschieden $\Delta t_{max} = 12$ h voor gebruik van formule B.1	[h]

Afkoelkarakteristiek geïsoleerde boiler

Een goed geïsoleerde boiler, 5 cm isolatie of meer, heeft een geringe (verwaarloosbare) temperatuurdaling. Het meest bepalend voor de afkoeling is het volume van de boiler. In de figuren B.9 en B.10 is de afkoeling gegeven voor een boiler met klein volume en een boiler met groot volume.



Figuur B.9 Afkoelkarakteristiek geïsoleerde boiler (5 cm isolatie of meer). Parameter bij de curven is de aanvangstemperatuur. Kleine boilerinhoud $V_{boil} = 0,08$ m³



Figuur B.10 Afkoelkarakteristiek geïsoleerde boiler (5 cm isolatie of meer). Parameter bij de curven is de aanvangstemperatuur. Grote boilerinhoud $V_{boil} = 3 \text{ m}^3$

BIJLAGE C REGELAFLUITERS TESTMETHODE VOLGENS VDI/VDE 2173 EN OVERIGE VAN BELANG ZIJNDE SELECTIEGEGEVENS

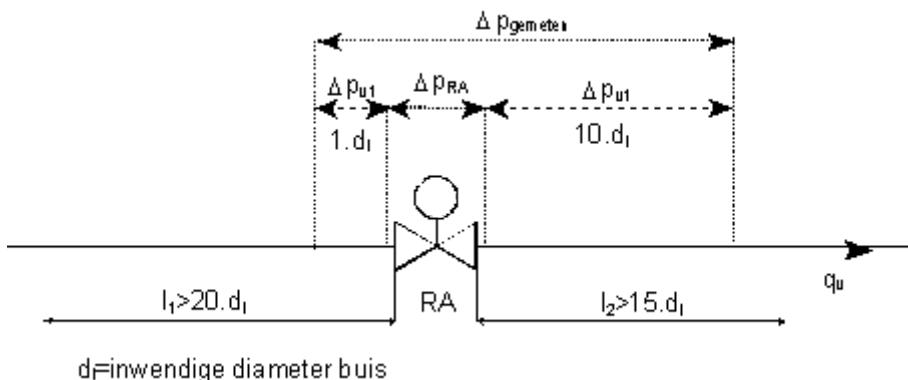
C.1 TESTEN VAN REGELAFLUITERS

Voor het testen van de regelafluiters wordt door de fabrikant/leverancier gebruik gemaakt van de richtlijn:

- VDI/VDE 2173 'Strömungstechnische Kenngrößen von Stellventilen und deren Bestimmung';
- DIN IEC 534, 2-1, 'Stellventile für die Prozesregelung Durchfluskapazität'.

Deze bijlage concentreert zich op de VDI/VDE 2173 waarin wordt gewerkt met het begrip k_v -waarde. In de IEC 534 worden de verbanden gegeven tussen k_v -waarde en C_v - of A_v -waarden. Deze laatste grootheden voor de karakterisering van de regelafluiter worden onder andere in Amerika toegepast.

De VDI/VDE 2173 geeft aan op welke wijze de relatie drukverlies en volumestroom $\Delta p_{RA}/q_v$ dient te worden vastgesteld. In het bijzonder is hierbij van belang de testopstelling, zie figuur C.1.



Op basis van metingen, uitgevoerd met de testopstelling, verstrekkt de fabrikant/leverancier gegevens over de $\Delta p_{RA}/q_v$ -karakteristiek. De ontwerper dient er rekening mee te houden dat als de praktijkomstandigheden waaronder de regelafluiter functioneert afwijken van de testcondities de gegevens van de fabrikant/leverancier niet altijd 1 op 1 kunnen worden overgenomen. In het bijzonder geldt dit voor de vrije weglengten l_1 en l_2 en de $\Delta p_{RA}/q_v$ -karakteristiek of de op basis hiervan afgeleide hydraulisch karakteristieken zoals ζ -waarden of k_v -waarden.

C.2 BENODIGDE GEGEVENS VOOR SELECTIE EN DIMENSIONERING

De hieronder genoemde gegevens geven een overzicht van de minimaal benodigde gegevens voor selectie en dimensionering. In principe dient altijd te worden uitgegaan van de gegevens en voorwaarden die de fabrikant/leverancier stelt. Meestal zijn deze gegevens gebaseerd op water als stromend medium. Voor water met toevoegingen of andere vloeistoffen beschikt de fabrikant/leverancier meestal over correctiefactoren.

C.2.1 Vloeistoffen

Specificatie voor welke vloeistoffen de regelafluiter geschikt is.

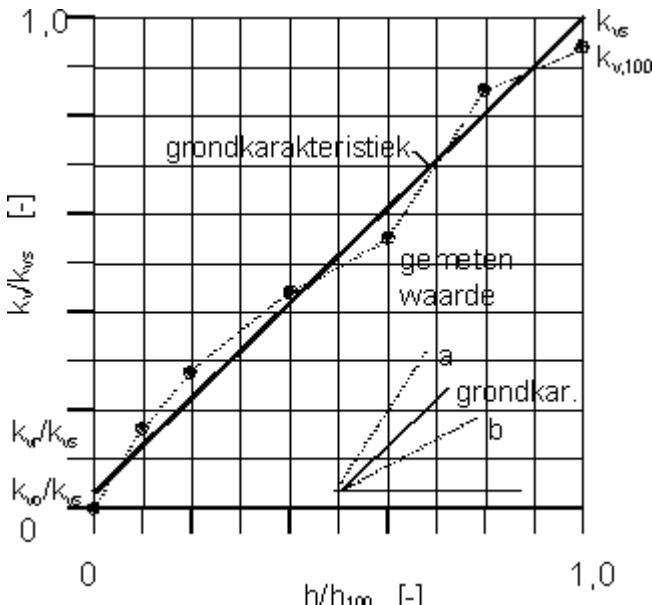
C.2.2 Grondkarakteristiek

Het verband tussen de k_v -waarde (= volumestroom) en de stand van de regelafluiter h , waarbij het drukverschil constant wordt gehouden op 1 bar = 100 kPa.

De werkbladen voor modulen in deze publicatie beperken zich tot de voor de verwarmingsindustrie meest bekende grondkarakteristiek, namelijk de lineaire en equiprocentuele grondkarakteristiek.

In figuur C.2 is weergegeven op welke wijze de grondkarakteristiek voor de lineaire regelafsluiter wordt vastgesteld. Het vaststellen van een equiprocentuele grondkarakteristiek gebeurt op dezelfde wijze, met dezelfde karakteriserende grootheden. Tijdens het meten geldt:

- Water (5°C tot 30°C); $\rho \approx 1000 \text{ kg/m}^3$;
- Δp_{RA} over regelafsluiter is 1 bar (constant).



Figuur C.2 Bepalen lineaire grondkarakteristiek van een regelafsluiter. De karakteriserende grootheden zijn in onderstaande tekst gegeven

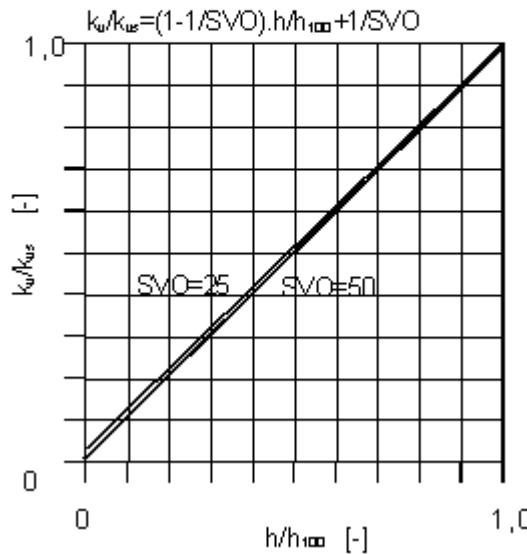
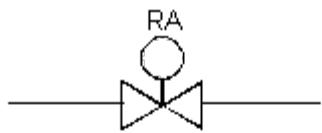
Karakteriserende grootheden voor de regelafsluiter zijn:

k_v -waarde	=	Volumestroom door de regelafsluiter onder genormeerde condities ($\Delta p_{RA} = 1 \text{ bar}$).
$k_{v,100}$ -waarde	=	De werkelijke k_v -waarde bij volledig geopende regelafsluiter.
k_{vs} -waarde	=	De door de fabrikant/leverancier gegeven k_v -waarde bij volledig geopende regelafsluiter, gebaseerd op de grondkarakteristiek.
k_{vo} -waarde	=	De niet werkelijk optredende volumestroom onder genormeerde condities als de regelafsluiter dichtstaat, gebaseerd op de grondkarakteristiek.
k_{vr} -waarde	=	Minimale k_v -waarde voordat de gemeten hellingshoek te groot wordt en buiten de toegelaten grens ligt.
SVO-waarde	=	De door de fabrikant/leverancier gegeven theoretische regelverhouding $SVO = k_{vs}/k_{vo}$. Maat voor het regelbereik van k_v . Gebruikelijke waarden zijn $SVO = 25$ en $SVO = 50$. Zie ontwerpeisen op de werkbladen van de gebruikermodulen.
SV-waarde	=	Werkelijke regelverhouding, gebaseerd op de gemeten k_{vr} -waarde $SV = k_{vs}/k_{vr}$.
*) De vetgedrukte grootheden worden door de fabrikant/leverancier vermeld. Dit zijn dus alleen de gegevens die betrekking hebben op de grondkarakteristiek.		

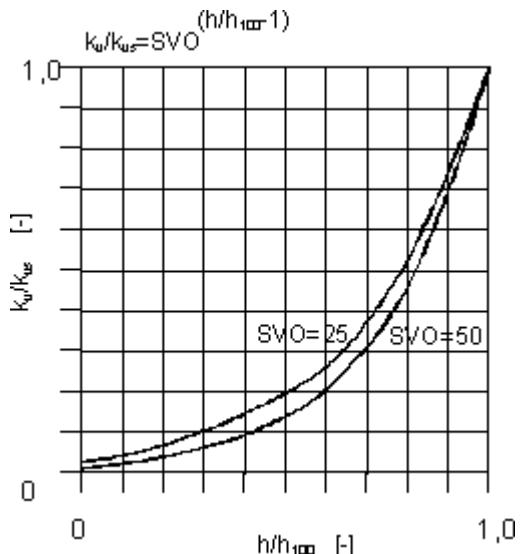
De grondkarakteristiek is een wiskundige formule gebaseerd op de meetresultaten. In het bijzonder valt dit op in het linkergedeelte van de grafiek, waarbij gesloten standen van de RA de werkelijk gemeten waarden aangeeft zodat er nagenoeg geen volume meer aanwezig is en volgens de grondkarakteristiek de volumestroom k_{vo} groot is. Deze waarde is dus fictief en wordt samen met de k_{vs} -waarde als maat voor de regelbaarheid SVO gehanteerd. Op de werkbladen met grafieken is ook uitgegaan van de grondkarakteristiek. Vooral in de gesloten of bijna gesloten situatie voor RA moeten deze grafieken op de juiste wijze worden geïnterpreteerd.

Voorkomende grondkarakteristieken zijn:

2-wegregelafsluiters

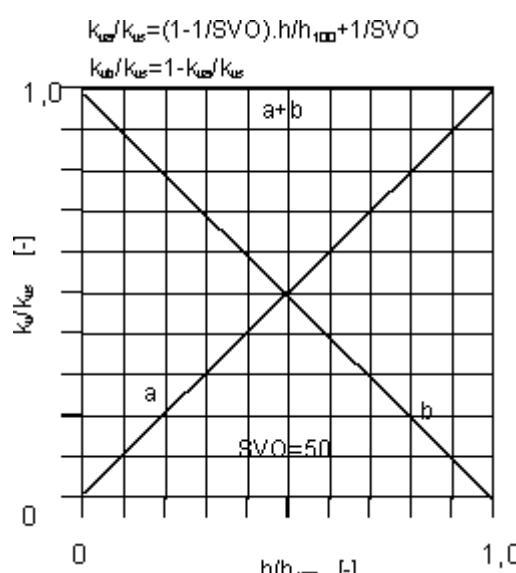


Figuur C.3 Lineaire grondkarakteristiek, toegepast bij voorbeeld open/dichtregeling boiler

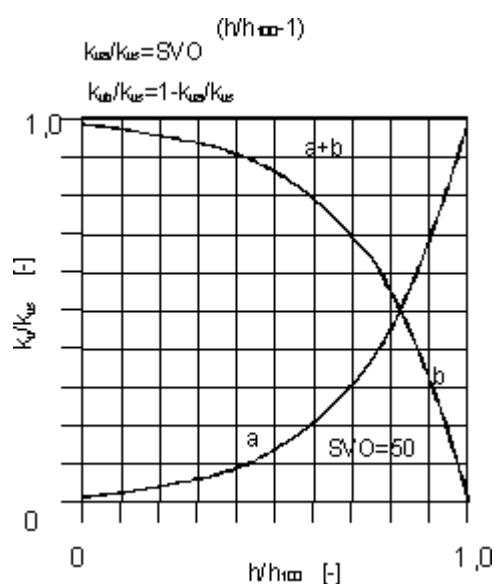


Figuur C.4 Equiprocentuele grondkarakteristiek, toegepast bij voorbeeld vermogens- en temperatuurregeling

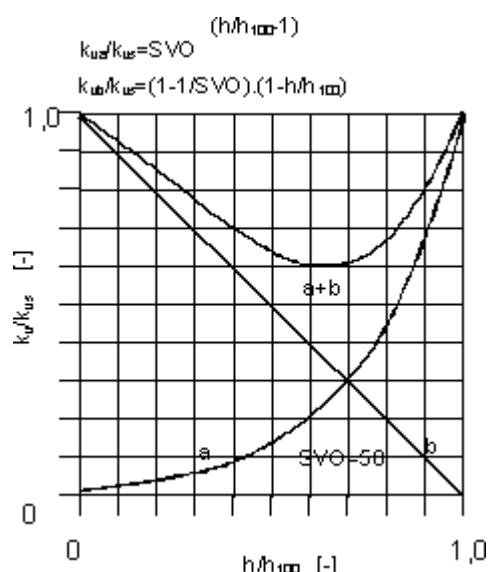
3-wegregelafsluiters



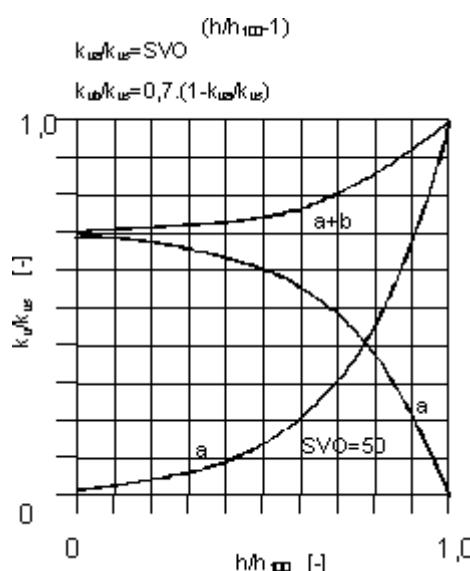
Figuur C.5 Lineaire, complementaire grondkarakteristiek, toegepast bij voorbeeld open/dichtregeling



Figuur C.6 Equiprocentuele complementaire grondkarakteristiek, toegepast bij voorbeeld vermogens- en temperatuurregeling



Figuur C.7 Poort a-ab equiprocentueel en poort b-ab lineair, toegepast bij voorbeeld vermogens- en temperatuurregeling



Figuur C.8 Beide poorten equiprocentueel, maar poort b-ab met lagere k_{ws} -waarde, komt praktisch niet voor

In bijlage D wordt nader ingegaan op het gedrag van regelafsluiters geprojecteerd in installaties. Hier is ook beter de reden voor een bepaalde grondkarakteristiek te herkennen.

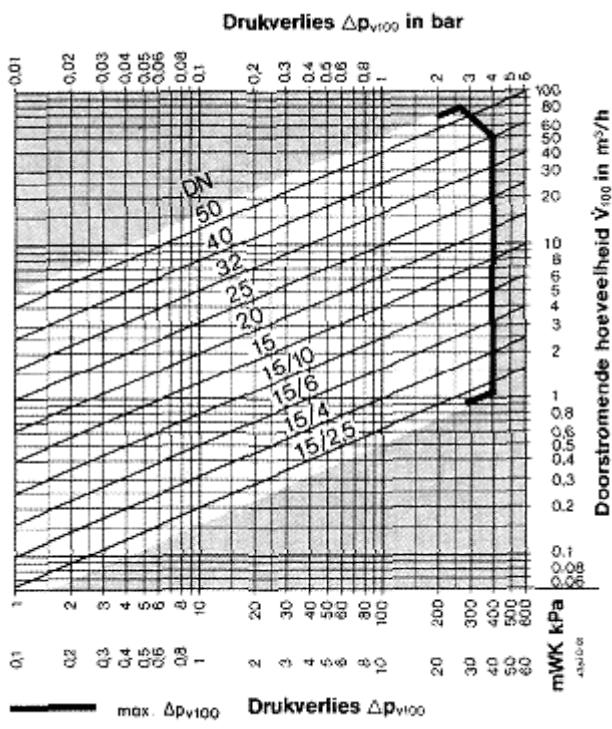
C.2.3 Berekening van de k_{ws} -waarde

Op basis van de ontwerpgegevens $\Delta p_{RA,100}$ en $q_{v1,100}$ wordt de k_{ws} -waarde berekend met formule C.1. Hierbij wordt aangenomen $k_{ws} = k_{v1,100}$.

$k_{ws} = 36000 \cdot q_{v1,100} \cdot \left(\frac{\rho}{\Delta p_{RA,100}} \right)^{1/2}$	$[m^3/h]$	(C.1)
---	-----------	-------

Waarin:			
$q_{v1,100}$	=	Ontwerp volumestroom	$[m^3/s]$
$\Delta P_{RA,100}$	=	Drukverlies over de volledig geopende regelafsluiter	$[Pa]$
ρ	=	Soortelijke massavloeistof	$[kg/m^3]$

Formule C.1 wordt door de fabrikant/leverancier ook in grafiekvorm gegeven, zie figuur C.9.



Figuur C.9 Bepaling k_{vs} -waarde met grafiek, gebaseerd op formule C.1

Formule C.1. is onafhankelijk van het type regelafsluiter en kan met behulp van de bekende hydraulische formules worden afgeleid.

C.2.4 Temperatuur

Temperatuurgebied waarbinnen de regelafsluiter mag worden toegepast.

C.2.5 Maximaal drukverschil (werkdruk) Δp_{max}

Maximaal toegelaten drukverschil tussen de vloeistof in de regelafsluiter en de atmosferische druk. Bijvoorbeeld in verband met lekkage langs de spindel.

C.2.6 Maximaal drukverschil Δp_{RA}

Maximaal toegelaten drukverschil over de regelafsluiter, meestal opgegeven bij de volledig geopende en/of volledig gesloten regelafsluiter. Deze eis heeft betrekking op de door de servomotor te leveren kracht voor het openen en sluiten van de regelafsluiter. Het komt voor dat de servomotor in de bijna-dichtstand van de regelafsluiter (groot drukverschil) onvoldoende kracht kan leveren om de spindel van de regelafsluiter in de gevraagde positie te houden.

C.2.7 Lekverlies

Lekverlies van de gesloten regelafsluiter $q_{v1,0}$, meestal opgegeven als percentage van de k_{vs} -waarde. Uitgaande van het werkelijk drukverlies $\Delta p_{RA,0}$ over de gesloten regelafsluiting wordt het lekverlies berekend met formule C.2.

$q_{v1,0} = \frac{\% \text{ van } k_{vs}}{36000} \cdot \left(\frac{\Delta p_{RA,100}}{\rho \cdot A} \right)^n$	[m³/s]	(C.2)
---	--------	-------

Waarin:		
% van k_{vs}	=	Opgegeven door fabrikant/leverancier [m³/h]
$\Delta p_{RA,100}$	=	Drukverlies over volledig geopende afsluiter [Pa]
A	=	Autoriteit [-]
ρ	=	Soortelijke massa water [kg/m³]
n	=	½ of andere waarde

De ontwerper beoordeelt, afhankelijk van de situatie, of het berekende lekverlies acceptabel is.

Het lekverlies niet verwarringen met de k_{vo} -waarde, die betrekking heeft op de grondkarakteristiek.
Het gegeven percentage lekverlies van de k_{vs} -waarde is veel kleiner dan de k_{vo} -waarde.

C.2.8 Montage

Hierbij dient te worden aangegeven:

- Afmetingen regelafsluiter;
- Materialen regelafsluiter;
- Inbouwwijze; spindel horizontaal of verticaal, 3-weggregelafsluiters mengend of verdelend.

C.2.9 Servomotor

- Voedingsspanning, bijvoorbeeld 220 V/50 Hertz;
- Versteltijd van open naar dicht, of andersom;
- Elektrisch stuursignaal, bijvoorbeeld:
 - 0V; regelafsluiter dicht;
 - 10V; regelafsluiter open;
 - Verband tussen stuursignaal en spindel is lineair.

Meestal zijn meerdere typen servomotoren geschikt voor één regelafsluiter.

C.2.10 Hysterese (servomotor)

Het verschil in response van een systeem bij een toenemend en afnemend signaal. Bij moderne servomotoren wordt gewerkt om de hysterese zo klein mogelijk te maken.

C.2.11 Regelaar

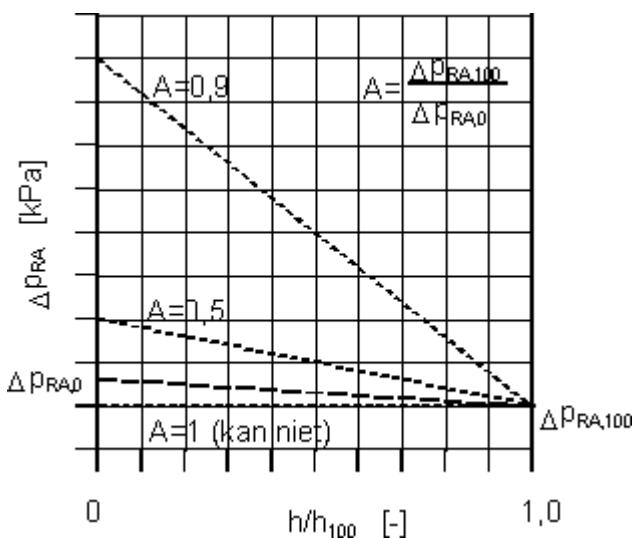
De in C.2.2. besproken grondkarakteristieken en volumestromen worden mechanisch gerealiseerd met behulp van de klepform. Met behulp van de moderne elektronica is het tegenwoordig mogelijk willekeurige verbanden te realiseren tussen bijvoorbeeld het ingangssignaal van de regelaar en de volumestroom.

BIJLAGE D BEDRIJFSKARAKTERISTIEKEN VAN DE GEBRUIKERMODULEN

Hieronder wordt verstaan het verband tussen het afgegeven vermogen Φ , de volumestromen q_v , de temperaturen θ met de relatieve stand h/h_{100} van de regelafsluiter van een moduul. De grafieken op de werkbladen bij de gebruikermodulen zijn bedrijfskarakteristieken, gebaseerd op gedetailleerde computerberekeningen [3, 4, 5]. In deze bijlage worden op basis van vereenvoudigingen en toepassing van de ontwerpeisen, zoals die op de werkbladen zijn vermeld, voor enkele modulen analytisch bedrijfskarakteristieken afgeleid. Deze bedrijfskarakteristieken, waarin ook een stooklijn kan worden geprogrammeerd, kunnen als analyse-gereedschap tijdens het ontwerp worden ingezet.

D.1 AUTORITEIT A VAN EEN REGELAFSLUITER

Bij het vaststellen van de grondkarakteristiek van een regelafsluiter wordt het drukverschil over de regelafsluiter constant gehouden, zie bijlage C. In principe neemt het drukverlies over een in de installatie geprojecteerde regelafsluiter in minder of meerdere mate toe, zie figuur D.1.



Figuur D.1 Toename drukverlies over een in de installatie geprojecteerde regelafsluiter

Door de toename van het drukverschil over de regelafsluiter tijdens het sluiten vervormt de grondkarakteristiek. In deze situatie wordt het verband tussen de volumestromen q_v en de stand van de regelafsluiter h/h_{100} bedrijfskarakteristiek genoemd.

De ontwerper kan met behulp van de autoriteit A het vervormen van de grondkarakteristiek tegengaan of beïnvloeden en daarmee de gewenste bedrijfskarakteristiek realiseren. Dit is ook de werkwijze geweest op de werkbladen, waar op basis van een als gewenst vastgesteld gedrag voor de bedrijfskarakteristiek de ontwerpeisen zijn vastgesteld.

De basisdefinitie voor autoriteit luidt:

$A = \frac{\Delta p_{RA,100}}{\Delta p_{RA,0}}$	[-]	(D.1)
---	-------	-------

Waarin:	
$\Delta p_{RA,100}$	= Drukverlies over de volledig geopende regelafsluiter [Pa]
$\Delta p_{RA,0}$	= Drukverlies over de gesloten regelafsluiter [Pa]

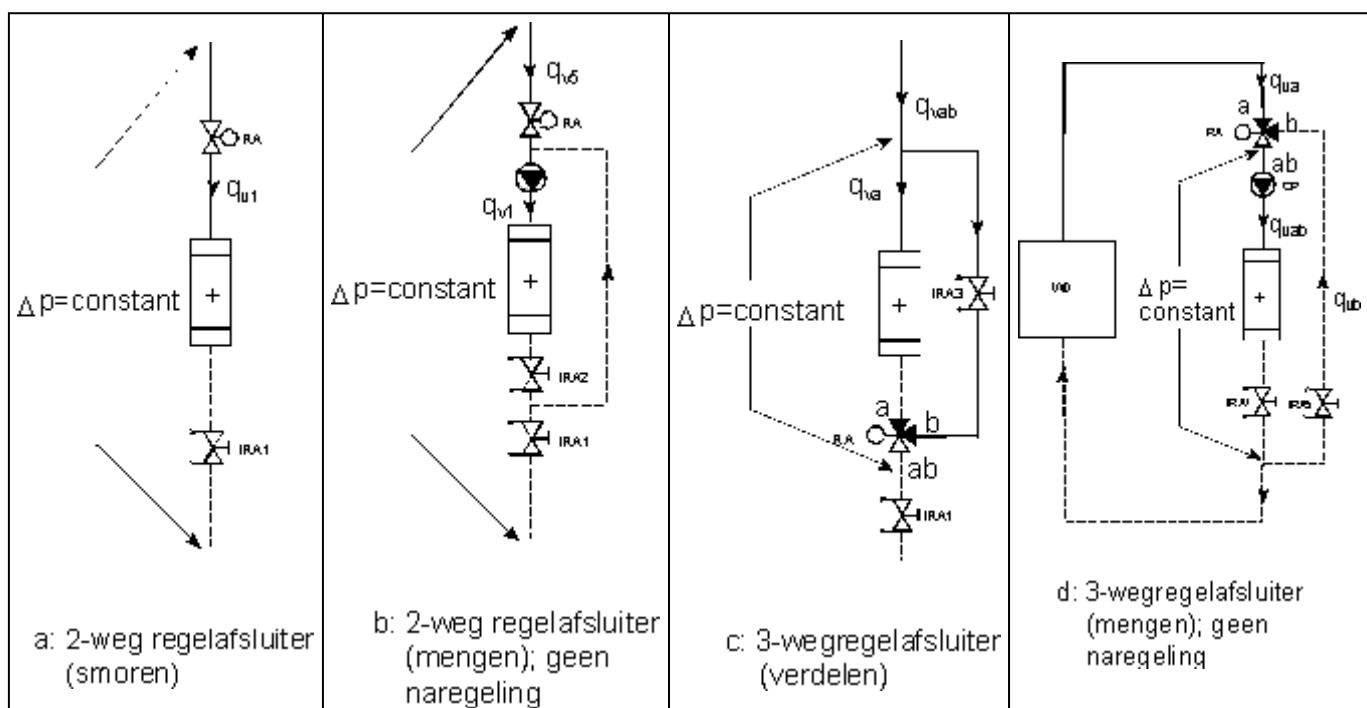
Bij de warmtegebruikermodulen is $\Delta p_{RA,0}$ omgerekend naar de vollastsituatie (Δp_{100}). Voor een aantal modulen lukt dit exact, bij andere modulen wordt $\Delta p_{RA,0}$ benaderd, zie de definitie voor autoriteit op de werkbladen 'Dimensioneren en regeling' van de gebruikermodulen.

In figuur D.1 is aangegeven wat de keuze van de autoriteit betekent voor de toename van het drukverlies over de regelafsluiter.

A = 1	$\Delta p_{RA,0} = \Delta p_{RA,100}$ (kan niet)
A = 0,5	$\Delta p_{RA,0} = 2 \cdot \Delta p_{RA,100}$
A = 0,1	$\Delta p_{RA,0} = 10 \cdot \Delta p_{RA,100}$

D.2 BEDRIJFSKARAKTERISTIEK VOOR DE VOLUMESTROMEN

Door introductie van een aantal vereenvoudigingen, bijvoorbeeld geen naregeling en toepassen van enkele van de ontwerpeisen, zoals die op de werkbladen bij de modulen staan vermeld, is het mogelijk voor enkele gebruikermodulen formules af te leiden voor de bedrijfskarakteristiek. In figuur D.2 zijn deze gebruikermodulen getekend.



Figuur D.2 Vereenvoudigde hydraulische schakelingen (modulen)

Voor bovenstaande schakelingen/modulen geven onderstaande formules de bedrijfskarakteristiek voor de volumestromen.

Moduul 6: 2-wegregelafsluiters (smoren)

$\frac{q_{v1}}{q_{v1,100}} = \frac{1}{\sqrt{1 + A \left(\left(\frac{k_v}{k_{vs}} \right)^{-2} - 1 \right)}}$	[-]	(D.2)
--	-----	-------

Waarin:		
A	= $\frac{\Delta p_{RA,100}}{\Delta p_{RA,100} + \Delta p_{1,100}}$	[-]
$\frac{k_v}{k_{vs}}$	= Grondkarakteristiek regelafsluiter, zie bijlage C	[-]

Moduul 5: 2-wegregelafsluiters (mengen)

$\frac{q_{v5}}{q_{v1,100}} = \frac{a}{\sqrt{1 + A \left[\left(\frac{k_v}{k_{vs}} \right)^{-2} - 1 \right]}}$	[-]	(D.3.a)
--	-----	---------

$\frac{q_{v2}}{q_{v1,100}} = 1 - \frac{q_{v5}}{q_{v1,100}}$	[-]	(D.3.b)
---	-----	---------

$\frac{q_{v1}}{q_{v1,100}} = \frac{q_{v2}}{q_{v1,100}} + \frac{q_{v5}}{q_{v1,100}}$	[-]	(D.3.c)
---	-----	---------

Waarin:		
A	$= \frac{\Delta p_{RA,100}}{\Delta p_{RA,100} + \Delta p_{5,100}}$	[-]
a	$= \frac{q_{v5,100}}{q_{v1,100}} = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{1,100} - \theta_{3,100}}$	[-]

- Geen vaste voormenging $\theta_{1,100} = \theta_{2,100}$; a = 1;
- Wel vaste voormenging $\theta_{1,100} < \theta_{2,100}$; a < 1.

Moduul 4: 3-wegregelafsluiters (verdelen)

$\frac{q_{v5}}{q_{v1,100}} = \frac{1 + \left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1} + B}{\left(1 + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}}{\left(\frac{k_{va}}{k_{vs}} \right)^2} \right) \cdot \left(C + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}} \right)^2} \right) + B}$	[-]	(D.4.a)
---	-----	---------

$\frac{q_{v4}}{q_{v1,100}} = \frac{\frac{1}{C + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}} \right)^2}} \cdot q_{v5}}{\left(1 + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}}{\left(\frac{k_{va}}{k_{vs}} \right)^2} \right) + \left(C + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}} \right)^2} \right)} \cdot q_{v1,100}$	[-]	(D.4.b)
--	-----	---------

$\frac{q_{v1}}{q_{v1,100}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{1 + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1\right)^{-1}}{(C + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1\right)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}}\right)^2})}} \cdot q_{v1,100}}}{\sqrt{\frac{1}{1 + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1\right)^{-1}}{\left(\frac{k_{va}}{k_{vs}}\right)^2}} + \sqrt{\frac{1}{C + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1\right)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}}\right)^2}}}}$	[-]	(D.4.c)
---	-----	---------

Waarin:

A =	$\frac{\Delta p_{RA,100}}{\Delta p_{RA,100} + \Delta p_{1,100}}$	[-]
B =	$\frac{1,3 \cdot \Delta p_{5,100}}{\Delta p_{1,100}}$ (30% toename pompdruk gekozen)	[-]
C =	$\frac{\Delta p_{2,0}}{\Delta p_{1,100}}$	[-]

Moduul 7: 3-wegregelafsluiters (mengen)

$\frac{q_{v1}}{q_{v1,100}} = \frac{\frac{1 + (\frac{1}{A} - 1)^{-1} + B}{(1 + \frac{(\frac{1}{A} - 1)^{-1}}{\left(\frac{k_{va}}{k_{vs}}\right)^2}) \cdot (C + \frac{(\frac{1}{A} - 1)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}}\right)^2})}}{\sqrt{\left[\frac{1 + (\frac{1}{A} - 1)^{-1}}{\left(\frac{k_{va}}{k_{vs}}\right)^2}\right]^{1/2} + (C + \frac{(\frac{1}{A} - 1)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}}\right)^2})}}$	[-]	(D.5.a)
--	-----	---------

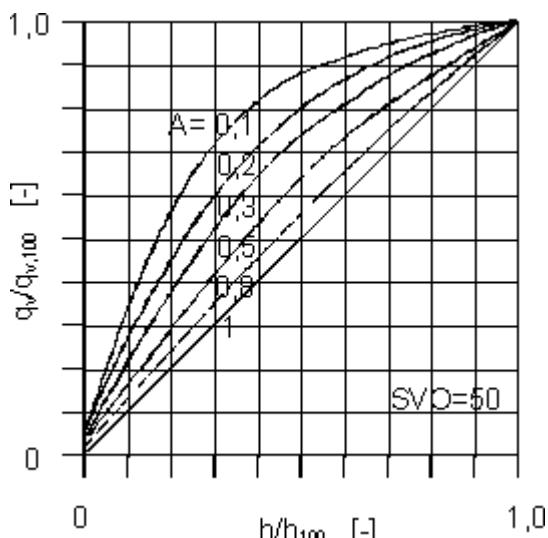
$\frac{q_{v2}}{q_{v1,100}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{C + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1\right)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}}\right)^2}}} \cdot q_{v1,100}}{\sqrt{\frac{1}{1 + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1\right)^{-1}}{\left(\frac{k_{va}}{k_{vs}}\right)^2}} + \sqrt{\frac{1}{C + \frac{\left(\frac{1}{A} - 1\right)^{-1}}{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}}\right)^2}}}}}$	[-]	(D.5.b)
--	-----	---------

$\frac{q_{v2}}{q_{v1,100}} = \frac{\left(C + \frac{1}{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}} \right) \cdot q_{v1}}{\left(1 + \frac{1}{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}} \right) + \left(C + \frac{1}{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}} \right) \cdot \frac{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}} \right)^2}{1 + \frac{\left(\frac{k_{vb}}{k_{vs}} \right)^2}{C + \frac{1}{\left(\frac{1}{A} - 1 \right)^{-1}}}} \cdot q_{v1,100}}$	[-]	(D.5.c)
--	-----	---------

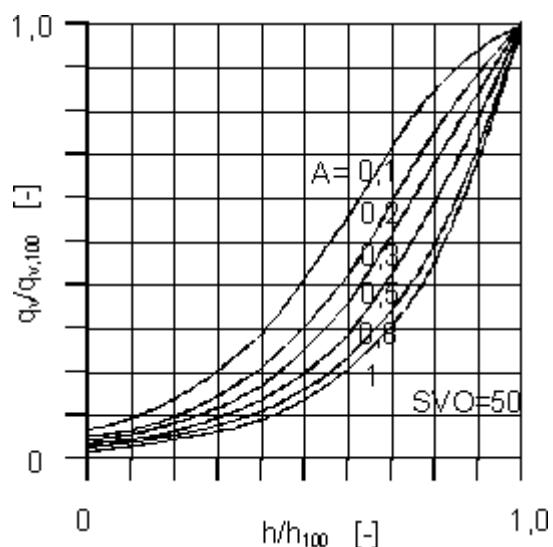
Waarin:		
A	= $\frac{\Delta p_{RA,100}}{\Delta p_{RA,100} + \Delta p_{5,100}}$	[-]
B	= $\frac{1,3 \cdot \Delta p_{1,100}}{\Delta p_{5,100}}$ (30% toename pompdruk gekozen)	[-]
C	= $\frac{\Delta p_{2,0}}{\Delta p_{5,100}}$	[-]

Op basis van de formules voor de grondkarakteristieken van de regelafsluiters in bijlage C en de formules D2 tot en met D5, kunnen de bedrijfskarakteristieken voor de volumestromen worden berekend. In de navolgende figuren zijn hiervan enkele voorbeelden gegeven. De Autoriteit A heeft meestal een grote invloed op de bedrijfskarakteristiek.

Moduul 6: 2-wegregelafsluiters (smoren)

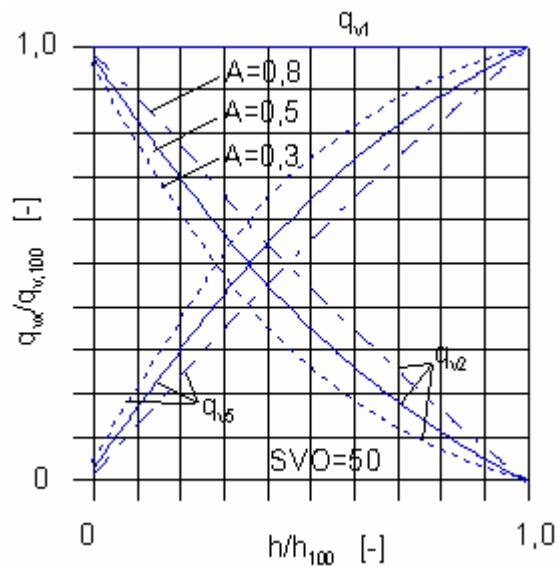


Figuur D.3 Bedrijfskarakteristieken, gebaseerd op formule D.2 en een lineaire grondkarakteristiek met SVO=50

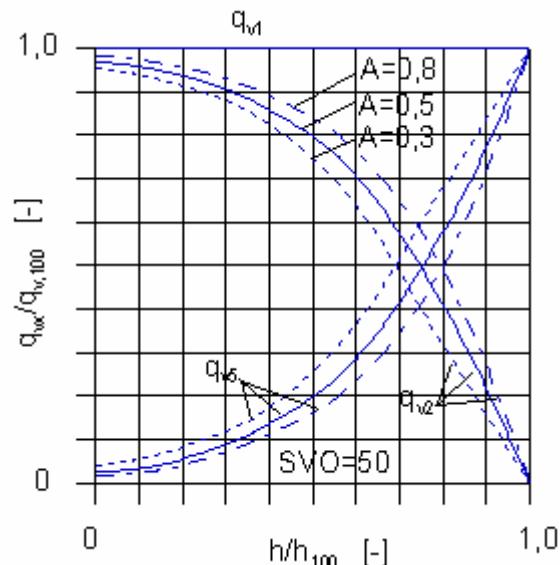


Figuur D.4 Bedrijfskarakteristieken, gebaseerd op formule D.2 en een equiprocentuele grondkarakteristiek met SVO=50

Moduul 5: 2-wegregelafsluiters (mengen)

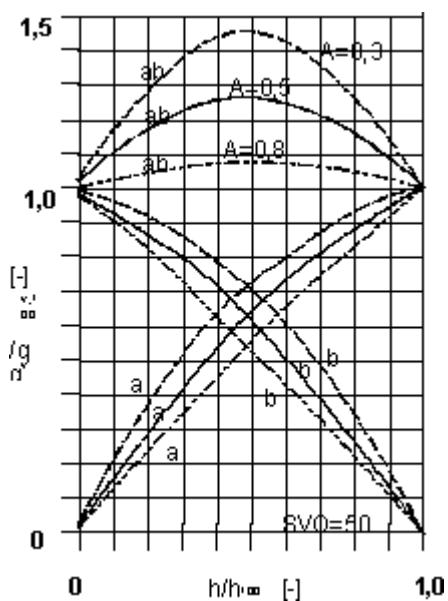


Figuur D.5 Bedrijfskarakteristieken, gebaseerd op formule D.3 en een lineaire grondkarakteristiek met SVO=50

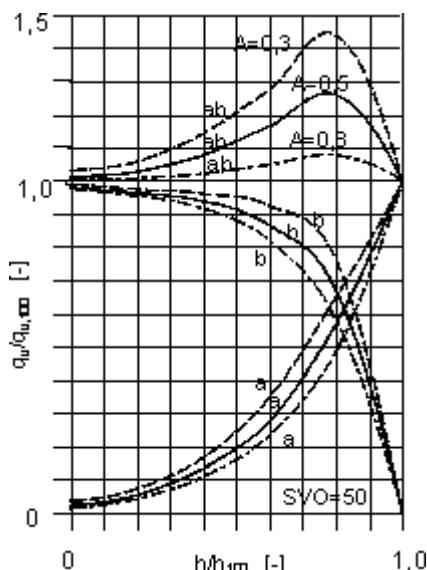


Figuur D.6 Bedrijfskarakteristieken, gebaseerd op formule D.3 en een equiprocentuele grondkarakteristiek met $SVO=50$

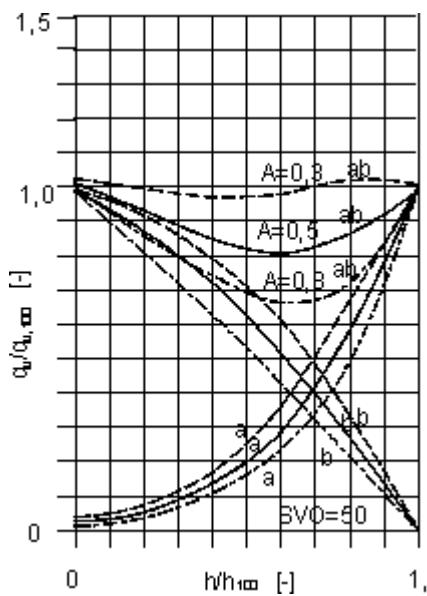
Moduul 4 of 7: 3-wegregelafsluiters (verdelen of mengen)



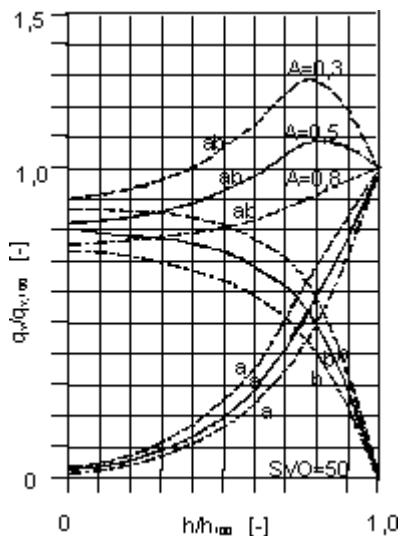
Figuur D.7 Bedrijfskarakteristiek, gebaseerd op formule D.4 en/of D.5 een lineaire complementaire grondkarakteristiek



Figuur D.8 Bedrijfskarakteristiek, gebaseerd op formule D.4 en/of D.5 en een equiprocentuele complementaire grondkarakteristiek



Figuur D.9 Bedrijfskarakteristiek, gebaseerd op formule D.4 en/of D.5 en een grondkarakteristiek waarvan poort a-ab equiprocentueel is en poort b-ab lineair is



Figuur D.10 Bedrijfskarakteristiek, gebaseerd op formule D.4 en/of D.5 en een grondkarakteristiek waarvan beide poorten equiprocentueel, maar met ongelijke k_{vs} -waarden. $k_{vab}=0,7 k_{vsa}$. In principe is de formule hier voor niet geldig

Uit figuur D.9 is o.a. af te leiden dat met een lagere autoriteit dan in figuur D.8 een constante volumestroom q_{vab} is te realiseren. De (theoretische) waarde $B = 0$ in de figuren D7 tot en met D10 leidt tot extreme waarden voor de volumestroom q_{vab} die in de praktijk niet voorkomen.

D.3 BEDRIJSKARAKTERISTIEK VOOR HET VERMOGEN EN TEMPERATUUR

Door aan de bedrijfskarakteristiek voor de volumestromen de thermodynamische formules voor vermogen en temperatuur te koppelen, ontstaan de volledige bedrijfskarakteristieken voor volumestroom, vermogen en temperatuur, zoals die op de werkbladen voor de modulen grafisch zijn weergegeven.

De thermodynamische formules worden voor de modulen in onderstaande tekst gegeven. De werkwijze is als volgt:

- Substitueer de grondkarakteristiek van de regelafsluiter (RA) (bijlage C) in de formules voor de bedrijfskarakteristiek voor de volumestromen in bijlage D.2;
- Bereken de volumestromen en substitueer deze in de thermodynamische formules voor vermogen en temperatuur.

Uitwerking van deze formules geeft de ontwerper de middelen om een gebruikermodul op basis van de bedrijfskarakteristiek te analyseren. Dit kan nodig zijn als bijvoorbeeld een nieuwe grondkarakteristiek voor een regelafsluiter in het geding is of als een afwijkende situatie aan de orde is. Ook hier is het advies de formules onder te brengen in een zogenoemde spreadsheet op de computer met in de eerste kolom de onafhankelijke relatieve stand h/h_{100} van de regelafsluiter. De meest bekende van deze computerprogramma's hebben ook een grafiekengenerator, waarbij direct de invloed van de veranderende invoergroothed, bijvoorbeeld Autoriteit, op het hydraulisch en thermisch gedrag te zien is.

Thermodynamische formules voor vermogen en temperatuur, uitgaande van naverwarmers, zie bijlage B

In tegenstelling tot de grafieken op de werkbladen waar geen stooklijnen zijn gegeven wordt in onderstaande formules een benaderende stooklijn voor θ_1 gegeven, die afhankelijk is gemaakt van de relatieve stand h/h_{100} van de regelafsluiter.

Moduul 6: smoren met 2-wegregelafsluiters

$$\frac{\theta_1 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = (1 - m) \cdot \frac{h}{100} + m; 0 \leq m \leq 1 \quad [-] \quad (D.6.a)$$

$$\phi = \frac{\frac{B \left(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \varepsilon_2 \right)}{q_{v1,100}} - 1}{\frac{B \left(\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \varepsilon_2 \right)}{q_{v1,100}}} \cdot \frac{\theta_1 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} \quad [-] \quad (D.6.b)$$

$$\frac{\theta_3 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = \frac{\theta_1 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} - \frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} \quad [-] \quad (D.6.c)$$

Zie voor definitie ε_1 , ε_2 en B , bijlage B 'Naverwarmers'.

Moduul 5: mengen met 2-wegregelafsluiters

$\frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m) \cdot \frac{h}{100} + m; 0 \leq m \leq 1$	[-]	(D.7.a)
--	-----	---------

$\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{\frac{a + (1-a) \cdot \varepsilon_1 \cdot \frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}}}{1 - \left\{ 1 - \frac{1}{\frac{q_{v5}}{q_{v5,100}}} \cdot \frac{1}{a} \right\} \cdot \varepsilon_1}}{}$	[-]	(D.7.b)
---	-----	---------

$\frac{\theta_2 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = \frac{a}{a + (1 - a) \cdot \varepsilon_1} \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}}$	[-]	(D.7.c)
---	-----	---------

$\frac{\theta_3 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = \frac{\theta_2 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} - \frac{a \cdot \varepsilon_1}{a + (1 - a) \cdot \varepsilon_1} \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}}$	[-]	(D.7.d)
---	-----	---------

$a = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{1,100} - \theta_{3,100}} = \frac{q_{v5,100}}{q_{v1,100}}$	[-]	
---	-----	--

Zie voor definitie θ_1 bijlage B 'Naverwarmers'.

Moduul 4: verdelen met 3-wegregelafsluiters

$\frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m) \cdot \frac{h}{100} + m;$	[-]	(D.8.a)
--	-----	---------

$\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{\frac{B \cdot (\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \varepsilon_2)}{q_{v1,100}} - 1}{\frac{B \cdot (\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \varepsilon_2)}{q_{v1,100}} - \frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} \cdot e^{\frac{-q_{v1,100}}{q_{v1}}}} =$	[-]	(D.8.b)
---	-----	---------

$\frac{\theta_3 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = \frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} - \frac{\varepsilon_1}{q_{v5}} \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}}$	[-]	(D.8.c)
--	-----	---------

$\frac{\theta_4 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = \frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} - \frac{\varepsilon_1}{q_{v5}} \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}}$	[-]	(D.8.d)
--	-----	---------

Zie voor definitie θ_1 , θ_2 en B bijlage B 'Naverwarmers'.

Moduul 7: mengen met 3-wegregelafsluiters

$\frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m) \cdot \frac{h}{100} + m \quad 0 \leq m \leq 1$	[-]	(D.9.a)
---	-----	---------

$\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{F \cdot \frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}}}{1 + F \cdot \left\{ \frac{1}{\frac{q_{v5}}{q_{v5,100}}} - \frac{1}{\frac{q_{v1}}{q_{v1,100}}} \right\} \cdot \varepsilon_1}$	[-]	(D.9.b)
--	-----	---------

Waarin:	
$F = \frac{e^{\frac{B \cdot (\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \varepsilon_2)}{q_{v1,100}}} - 1}{\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} \cdot e^{\frac{B \cdot (\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - \varepsilon_2)}{q_{v1,100}}} - \varepsilon_2}$	[-]

$\frac{\theta_2 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = \frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} - \left(\frac{1}{\frac{q_{v5}}{q_{v5,100}}} - \frac{1}{\frac{q_{v1}}{q_{v1,100}}} \right) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} \cdot \varepsilon_1$	[-]	(D.9.c)
--	-----	---------

$\frac{\theta_3 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = \frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} - \frac{\varepsilon_1}{\frac{q_{v5}}{q_{v5,100}}} \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}}$	[-]	(D.9.d)
---	-----	---------

Zie voor definitie ε_1 , ε_2 en B bijlage B 'Naverwarmers'.

Bedrijfskarakteristiek VDI 2068 [18]

In de VDI 2068 worden ook bedrijfskarakteristieken gegeven voor verschillende modulen. Voor overeenkomstige gevallen verschillen de resultaten niet met ISSO-publicatie 44. De VDI 2068 werkt echter met (onbekende) vereenvoudigingen en geeft een beperkt aantal oplossingen. Tevens wordt in de VDI 2068 voor moduul 4 en 7 gewerkt met een bedrijfskarakteristiek voor de volumestromen waarin $B = 0$ wordt verondersteld.

BIJLAGE E HYDRAULISCH EN THERMISCH ANALYSEREN VAN OPWEKKERMODULEN

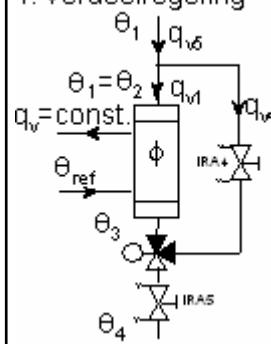
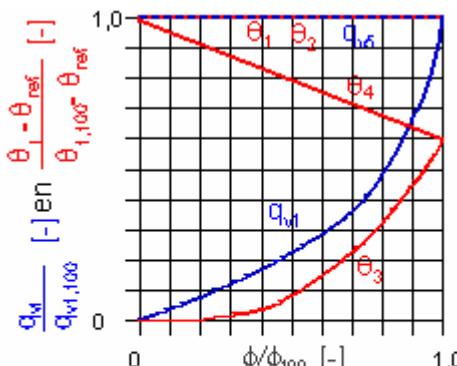
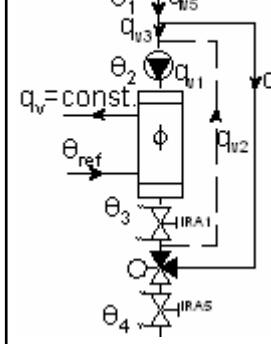
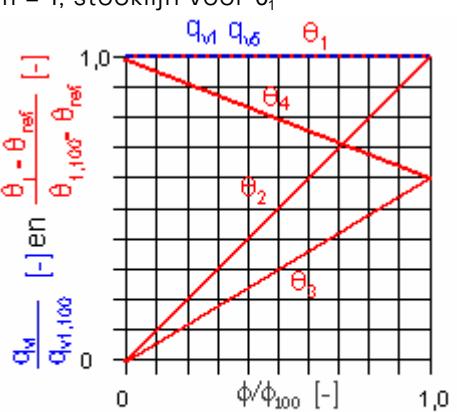
Onderstaande overzicht geeft een aantal formules waarmee de ontwerper het gedrag van een opwekermodule hydraulisch en thermisch kan analyseren. Het gebruik van de rekenregels wordt toegelicht met enkele voorbeelden.

Rekenregels

Onderdeel hydraulische schakeling	Figuur en symbolen	Formule	Nr.
verdeelpunt		$q_{v3} = q_{v1} + q_{v2} \text{ [m}^3/\text{s}]$	1
		$\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 \text{ [}^\circ\text{C]}$	2
mengpunt		$q_{v3} = q_{v1} + q_{v2}$	3
		$\theta_3 = \frac{q_{v1}}{q_{v3}} \cdot \theta_1 + \left(1 - \frac{q_{v1}}{q_{v3}}\right) \cdot \theta_2$	4
opwekker		$\theta_2 = \theta_3 + \frac{\phi_o}{q_{v1} \cdot p \cdot c}$	5
		$\theta_3 = \theta_2 - \frac{\phi_o}{q_{v1} \cdot p \cdot c}$	6
opwekker aangesloten op een open verdeler/ verzamelaar		$\theta_1 = \theta_4 + \frac{\phi_o}{q_{v5} \cdot p \cdot c}$	7
		$\theta_4 = \theta_1 - \frac{\phi_o}{q_{v5} \cdot p \cdot c}$	8
		$\theta_2 = \theta_3 + \frac{\phi_o}{q_{v1} \cdot p \cdot c}$	9
		$\theta_3 = \theta_2 + \frac{\phi_o}{q_{v1} \cdot p \cdot c}$	10
gebruiker(s)		$\theta_3 = \theta_2 - \frac{\phi_g}{q_{v1} \cdot p \cdot c}$	11
		$\theta_4 = \theta_1 - \frac{\phi_g}{q_{v5} \cdot p \cdot c}$	

ρ = soortelijke massa [kg/m^3]; water $\rho = 981$ en c = soortelijke warmte [$\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$]; water $c = 4,19$

ISSO-publicatie 44	Veband tussen bekend veronderstelde door de gebruikers opgenomen vermogen Φ , q_{v5} , θ_4 voor modulen met naverwarmer	Verband Φ , q_{v5} en θ_4 grafisch $m = 1$ (geen stooklijn voor θ_1) $\theta_{2,100} = 70^\circ\text{C}$; $\theta_{3,100} = 50^\circ\text{C}$; $\theta_{\text{ref}} = 20^\circ\text{C}$
1. Stooklijn voor θ_1 1. aanvoertemperatuur θ_1 wordt geregeld	<p>$\theta_1 = \theta_2$</p> <p>$q_v = \text{const.}$</p> <p>$\theta_3 = \theta_4$</p> $\frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $\frac{\theta_4 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m - \varepsilon_1) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $\varepsilon_1 = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{2,100} - \theta_{\text{ref}}}$	<p>$m = 0$; stooklijn voor θ_1</p> <p>1.niet geregeld (stooklijn)</p>
2. Smoorregeling * 2. smoorregeling	<p>$\theta_1 = \theta_2$</p> <p>$q_v = \text{const.}$</p> <p>$\theta_3 = \theta_4$</p> $\frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{m \cdot F}{\{1 - (1 - m) \cdot F\}}; m \neq 0^*$ $\frac{\theta_3 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} - \frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $F = \frac{(B \cdot (\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - 0,4))}{e^{\frac{q_{v1},100}{q_{v1}}} - 1}; \varepsilon_1 \neq 0,4$ $\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} \cdot e^{\frac{q_{v1},100}{q_{v1}}} - 0,4$ $\varepsilon_1 = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{2,100} - \theta_{\text{ref}}} \text{ en } B = \frac{\ln 1 - 0,4}{1 - \varepsilon_1}$	<p>$m = 1$; stooklijn voor θ_1</p> <p>2.smoorregeling</p>
3. Mengregeling 2-weg en 3-weg RA 3. mengregeling	<p>$\theta_1 = \theta_2$</p> <p>$q_v = \text{const.}$</p> <p>$\theta_3 = \theta_4$</p> $\frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $\frac{q_{v5}}{q_{v,100}} = \frac{\varepsilon_1}{m \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + \varepsilon_1 - m}$ $\frac{\theta_2 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = \frac{\phi}{\phi_{100}}$ $\frac{\theta_3 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - \varepsilon_1) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}}$ $\varepsilon_1 = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{2,100} - \theta_{\text{ref}}}$ <p>$q_{v2,100} = 0$ en $q_{v1} = \text{constant}$, dus geen naregeling</p>	<p>$m = 1$; stooklijn voor θ_1</p> <p>3.mengregeling</p>
4. Verdeelregeling	$\frac{\theta_1 - \theta_{\text{ref}}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = (1 - m) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$	<p>$m = 1$; stooklijn voor θ_1</p>

<p>4. verdeelregeling</p>  $\frac{\phi}{\phi_{100}} = \frac{m \cdot F}{[1 - (1-m) \cdot F]} ; m \neq 0^*$ $\frac{\theta_3 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = (1-m) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} - \frac{\varepsilon_1}{q_{v1,100}} \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $\frac{\theta_4 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = (1-m-\varepsilon_1) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $F = \frac{(B \cdot (\frac{\varepsilon_1}{q_{v1}} - 0,4))}{e^{\frac{\varepsilon_1}{q_{v1,100}}} - 1} ; \varepsilon_1 \neq 0,4$ $\frac{\varepsilon_1}{q_{v1,100}} \cdot e^{\frac{\varepsilon_1}{q_{v1,100}}} - 0,4$ $\varepsilon_1 = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}} \text{ en } B = \frac{\ln(\frac{1-0,4}{1-\varepsilon_1})}{\varepsilon_1 - 0,4}$ $q_{v5} = \text{constant}$	 <p>4. verdeelregeling</p>
<p>5. Verdeel- en mengregeling</p> <p>5. verdeel- en mengregeling</p>  $\frac{\theta_1 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = (1-m) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $\frac{\theta_2 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = \frac{\phi}{\phi_{100}}$ $\frac{\theta_3 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = (1-\varepsilon_1) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}}$ $\frac{\theta_4 - \theta_{ref}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = (1-m-\varepsilon_1) \cdot \frac{\phi}{\phi_{100}} + m$ $\varepsilon_1 = \frac{\theta_{2,100} - \theta_{3,100}}{\theta_{2,100} - \theta_{ref}}$ $q_{v2,100} = 0 \text{ (geen vaste voormenging)}$ $q_{v5} = q_{v1} = \text{constant}$	<p>m = 1; stooklijn voor theta_1</p>  <p>5. verdeel en mengregeling</p>

*) Kies eerst een waarde voor $q_{v1}/q_{v1,100}$ en bereken dan Φ/Φ_{100} , omgekeerd betekent itereren.

Uitgangspunten en aannamen bij de berekening

1. Het gevraagde vermogen Φ van de warmtegebruikers wordt bekend verondersteld. De waarden voor θ_1 , θ_4 en q_{v5} worden berekend met de formules gegeven bij de verschillende gebruikermodulen in de tabel. Het vermogen Φ , θ_1 , θ_4 en q_{v5} zijn de door de warmtegebruikermodul opgelegde invoergegevens voor de te analyseren opwekkermodule. De formules voor θ_1 , θ_4 en q_{v5} zijn thermodynamische formules en geven aan welke volumestroom en temperatuur nodig zijn bij een gegeven vermogen Φ . De formules geven geen informatie over de stand van de regelaafsluiter RA bij een bepaalde volumestroom. Hiervoor dienen de hydraulische eigenschappen van de schakeling te worden meegenomen, zoals dat in bijlage D is uitgewerkt.

2. Hydraulisch aannamen

- Veronderstellingen over welke volumestromen constant blijven;
- Toename/afname volumestroom bij aan/of uitschakelen van een pomp of opwekker.

De grafieken bij de opwekkermodulen op de werkbladen geven reeds een goed beeld van het hydraulisch gedrag dat men kan verwachten, mits men zich aan de ontwerpeisen houdt.

3. Aannamen voor de regeling

- θ_1 = constant ($m = 1$) of voor θ_1 wordt een stooklijn gekozen, afhankelijk van het vermogen Φ ($m < 1$);
- Moment voor afschakelen opwekker.

Het is duidelijk dat deze aannamen moeten worden meegebruikt bij het analyseren van de rekenresultaten. De navolgende berekeningsvoorbeelden zijn uitgevoerd met behulp van een zogenoemde spreadsheet op de computer. Dit is voor de analyse handig omdat bij verandering van een gegeven direct de invloed op de berekeningsresultaten kan worden bekeken. In de gegeven tabellen bij de voorbeelden is niet gecorrigeerd voor de verschillen die ontstaan door afronding.

Voorbeeld 1: Een opwekker op een open verdeler/verzamelaar (opwekkermodule 3).

	<p>Gegeven:</p> <p>$\Phi_{g,100} = 100 \text{ [kW]}$</p> <p>$\theta_{1,100} = 80 \text{ [°C]}$</p> <p>$\theta_{4,100} = 60 \text{ [°C]}$</p> <p>$q_{v4,100} = 0 \text{ [ltr/s]}$</p> <p>Berekeningen (vollast):</p> $q_{v5,100} = \frac{1000 \cdot \phi_g}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{1,100} - \theta_{4,100})} = \frac{1000 \cdot 100}{981 \cdot 4,19 \cdot (80 - 60)} = 1,22 \text{ [ltr/s]}$ <p>Warmtegebruikermodule: smoorregeling, zonder stooklijn $\theta_1 = \text{constant}$ (dus $\theta_2 = \text{constant}$)</p> $\varepsilon_1 = \frac{\theta_{1,100} - \theta_{4,100}}{\theta_{1,100} - \theta_{ref}} = \frac{80 - 60}{80 - 20} = 0,33 \quad [-]$ <p>Hydraulische aannamen: $q_{v1} = q_{v1,100} = \text{constant}$</p> <p>Aannamen regeling: $\theta_2 = \text{constant} = \text{setpoint} = 80 \text{ °C}$</p>
--	--

Gevraagd: Vermogen, volumestromen en temperaturen opwekkermodule bij vollast en deellast.

Vermogensvraag warmtegebruikers					Opwekkermoduul			Situatie opwekker		
2. Smoorregeling				Formule		Formule				
				--	6	11	--	--	1	
$\Phi_g/\Phi_{g,100}^*$ [-]	$q_{v5}/q_{v5,100}$ [-]	Φ_g [kW]	q_{v5} [ltr/s]	θ_1 [°C]	θ_4 [°C]	θ_3 [°C]	θ_2 [°C]	q_{v1} [ltr/s]	q_{v4} [ltr/s]	
1	1	100	1,22	80	60	60	80	1,22	0	Vollast
0,98	0,9	98,46	1,09	80	58,11	60,31	80	1,22	0,12	
0,97	0,8	96,55	0,97	80	55,86	60,69	80	1,22	0,24	
0,94	0,7	94,11	0,85	80	53,11	61,18	80	1,22	0,36	
0,91	0,6	90,90	0,72	80	49,70	61,82	80	1,22	0,49	
0,86	0,5	86,50	0,61	80	45,40	62,70	80	1,22	0,61	Deellast
0,80	0,4	80,17	0,49	80	39,92	63,97	80	1,22	0,73	
0,70	0,3	70,49	0,36	80	33,01	65,90	80	1,22	0,85	
0,55	0,2	54,78	0,24	80	25,22	69,04	80	1,22	0,97	
0,30	0,1	29,87	0,12	80	20,26	74,03	80	1,22	1,09	
0,01	0,03	3,00	0,01	80	20,00	79,40	80	1,22	1,20	Nullast

*) Bij de formule voor smoorregeling wordt $q_{v5}/q_{v5,100}$ gekozen en Φ/Φ_{100} berekend. Andersom leidt tot oplossing via iteratie, hetgeen meer werk is.

Voorbeeld 2: Een opwekker op een open verdeler/verzamelaar (opwekkermoduul 3). Hetzelfde als voorbeeld 1, maar nu met $q_{v4,100} < 0$, dus van de retour naar de aanvoer. Doel: lagere retourtemperatuur θ_3 .

	<p>Gegeven: $\Phi_{g,100} = 100$ [kW] $\theta_{1,100} = 80$ [°C] $\theta_{4,100} = 60$ ($\theta_{4,100} = \theta_{3,100}$) [°C] $\theta_{2,100} = 90$ [°C]</p> <p>Berekeningen (vollast):</p> $q_{v5,100} = \frac{1000 \cdot \phi_g}{p \cdot c \cdot (\theta_{1,100} - \theta_{4,100})} = \frac{1000 \cdot 100}{981 \cdot 4,19 \cdot (80 - 60)} = 1,22 \text{ [ltr/s]}$ $q_{v1,100} = \frac{1000 \cdot \phi_g}{p \cdot c \cdot (\theta_{2,100} - \theta_{3,100})} = \frac{1000 \cdot 100}{981 \cdot 4,19 \cdot (90 - 60)} = 0,81 \text{ [ltr/s]}$ $q_{v4,100} = q_{v5,100} - q_{v1,100} = -0,41 \text{ [ltr/s]}$ <p>Warmtegebruikermoduul: smoorregeling, zonder stooklijn $\theta_1 = \text{constant}$</p> $\frac{\theta_{1,100} - \theta_{4,100}}{\theta_{1,100} - \theta_{\text{ref}}} = \frac{80 - 60}{80 - 20} = 0,33 \text{ [-]}$ <p>Hydraulische aannamen: $q_{v1} = q_{v1,100} = \text{constant}$ Aannamen regeling: $\theta_1 = \text{constant} = \text{setpoint}$</p>
--	--

Vermogensvraag warmtegebruikers					Opwekkermoduul				Situatie opwekker	
2. Smoorregeling				Formule		Formule				
				--	6	11	--	--	1	
$\Phi_g/\Phi_{g,100}^*$) [-]	$q_{v5}/q_{v5,100}$ [-]	Φ_g [kW]	q_{v5} [ltr/s]	θ_1 [°C]	θ_4 [°C]	θ_3 [°C]	θ_2 [°C]	q_{v1} [ltr/ s]	q_{v4} [ltr/ s]	
1	1	100	1,22	80	60	60	90	0,81	-0,41	Vollast
0,98	0,9	98,46	1,09	80	58,12	58,12	87,66	0,81	-0,28	
0,97	0,8	96,55	0,97	80	55,86	55,86	84,83	0,81	-0,16	
0,94	0,7	94,11	0,85	80	53,11	53,11	81,34	0,81	-0,04	
0,91	0,6	90,90	0,73	80	49,70	52,73	80	0,81	0,08	
0,86	0,5	86,50	0,61	80	45,40	54,05	80	0,81	0,20	Deellast
0,80	0,4	80,17	0,49	80	39,92	55,95	80	0,81	0,32	
0,70	0,3	70,49	0,36	80	33,01	58,85	80	0,81	0,45	
0,55	0,2	54,78	0,24	80	25,22	63,57	80	0,81	0,57	
0,30	0,1	29,87	0,12	80	20,26	71,04	80	0,81	0,69	
0,01	0,03	3,00	0,01	80	20,00	79,10	80	0,81	0,80	Nullast

*) Bij de formule voor smoorregeling wordt $q_{v5}/q_{v5,100}$ gekozen en Φ/Φ_{100} berekend. Andersom leidt tot oplossing via iteratie, hetgeen meer werk is.

Voorbeeld 3: twee opwekkers parallel geschakeld met open verdeler/verzamelaar (opwekker moduul 4)

Gegeven:		
Gebruikers	Opwekker 1	Opwekker 2
$\Phi_{g,100} = 300 \text{ [kW]}$ $\theta_{1,100} = 70 \text{ [°C]}$ $\theta_{4,100} = 50 \text{ [°C]}$ $q_{v4,100} = 0 \text{ [ltr/s]}$	$01\Phi_{0,100} = 200 \text{ [kW]}$ $01\theta_{2,100} = 70 \text{ [°C]}$ $01\theta_{3,100} = 50 \text{ [°C]}$	$02\Phi_{0,100} = 100 \text{ [kW]}$ $02\theta_{2,100} = 70 \text{ [°C]}$ $02\theta_{3,100} = 50 \text{ [°C]}$
Berekeningen (vollast):		
$q_{v5,100} = \frac{1000 \cdot \Phi_{g,100}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{1,100} - \theta_{4,100})} = \frac{1000 \cdot 300}{981 \cdot 4,19 \cdot (70 - 50)} = 3,64 \text{ [ltr/s]}$		
$01q_{v1,100} = \frac{1000 \cdot 01\Phi_{0,100}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{2,100} - \theta_{3,100})} = \frac{1000 \cdot 200}{981 \cdot 4,19 \cdot (70 - 50)} = 2,43 \text{ [ltr/s]}$		
$02q_{v1,100} = \frac{1000 \cdot 02\Phi_{0,100}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{2,100} - \theta_{3,100})} = \frac{1000 \cdot 100}{981 \cdot 4,19 \cdot (70 - 50)} = 1,21 \text{ [ltr/s]}$		
Warmtegebruikermoduul: smoorregeling, zonder stooklijn $\theta_1 = \text{constant}$		
$\varepsilon_1 = \frac{\theta_{1,100} - \theta_{4,100}}{\theta_{1,100} - 20} = \frac{70 - 50}{70 - 20} = 0,4 \quad (\text{naverwarmers}) [-]$		
Hydraulische - $01q_{v1} = 01q_{v1,100} = \text{constant}$		
Aannamen - $02q_{v1} = 02q_{v1,100} = \text{constant}$		
02 Φ_0 uit, dan $01q_{v1} = 1,05 \cdot 01q_{v1,100}$ (5% toename is geschat)		
Aannamen - $\theta_1 = \text{constant} = \text{setpoint} = 70 \text{ °C}$		
regeling: - $01\Phi_0 = \text{vollast en } 02\Phi_0 \text{ deellast}$		

Gevraagd: - Vermogens, volumestromen en temperaturen, opwekkermoduul bij vollast en deellast.

Vermogensvraag warmtegebruikers						Opwekkermoduul 1				Opwekkermoduul 2						Mode opwekkers	
2. Smoorregeling				Formule		Formule				Formule				1			
				--	11	--	4	9	--	--	4	9	--				
$\Phi_g / \Phi_{g,100} [-]$	$q_{v5} / q_{v5,100} [kW]$	$\Phi_g [kW]$	$q_{v5} [ltr/s]$	$\theta_1 [^{\circ}C]$	$\theta_4 [^{\circ}C]$	$01q_{v1} [ltr/s]$	$01\theta_3 [^{\circ}C]$	$01\theta_2 [^{\circ}C]$	$01\Phi_0 [kW]$	$02q_{v1} [ltr/s]$	$02\theta_3 [ltr/s]$	$02\theta_2 [kW]$	$02\Phi_0 [ltr/s]$	$q_{v4} [ltr/s]$	$q_{v1} + q_{v1} [ltr/s]$	1	2
1	1	300	3,64	70	50	2,43	50	70	200	1,21	50	70	100	0	3,64	vollast	vollast
0,98	0,9	293,58	3,28	70	48,25	2,43	50,43	70,43	200	1,21	50,43	69,14	93,58	0,36	3,64	vollast	deell
0,95	0,8	285,71	2,91	70	46,19	2,43	50,95	70,95	200	1,21	50,95	68,10	85,71	0,73	3,64	vollast	deell
0,92	0,7	275,87	2,55	70	43,73	2,43	51,61	71,61	200	1,21	51,61	66,78	75,86	1,09	3,64	vollast	deell
0,88	0,6	263,21	2,18	70	40,75	2,43	52,45	72,45	200	1,21	52,45	65,10	63,21	1,46	3,64	vollast	deell
0,82	0,5	246,45	1,82	70	37,14	2,43	53,57	73,57	500	1,21	53,57	62,86	46,45	1,82	3,64	vollast	deell
0,74	0,4	223,41	1,46	70	32,77	2,43	55,11	75,11	200	1,21	55,11	59,79	23,41	2,18	3,64	vollast	deell
0,63	0,3	190,45	1,09	70	27,68	2,55	51,86	70	190,45	0	0	0	0	1,46	2,55	deellast	uit
0,47	0,2	142,05	0,73	70	22,65	2,55	56,47	70	142,05	0	0	0	0	1,82	2,55	deellast	uit
0,25	0,1	74,86	0,36	70	20,09	2,55	62,87	70	74,86	0	0	0	0	2,18	2,55	deellast	uit
0,03	0,01	7,50	0,04	70	20	2,55	69,29	70	7,50	0	0	0	0	2,51	2,55	deellast	uit

Let op de toename van $01\theta_2$ bij opwekker 1. Binnen deze uitvoering moet de maximaal thermostaat van opwekker 1 dus

Voorbeeld 4: twee opwekkers parallel geschakeld met open verdeler/verzamelaar (opwekker moduul 4)

Hetzelfde als voorbeeld 3, maar nu met toerengeregelde pompen. Doel verlagen van de retourtemperatuur θ_3 .

Gegeven:		
Gebruikers	Opwekker 1	Opwekker 2
$\Phi_{g,100} = 300 \text{ [kW]}$ $\theta_{1,100} = 70 \text{ [°C]}$ $\theta_{4,100} = 50 \text{ [°C]}$ $q_{v4,100} = 0 \text{ [ltr/s]}$	$01\Phi_{0,100} = 200 \text{ [kW]}$ $01\theta_{2,100} = 70 \text{ [°C]}$ $01\theta_{3,100} = 50 \text{ [°C]}$	$02\Phi_{0,100} = 100 \text{ [kW]}$ $02\theta_{2,100} = 70 \text{ [°C]}$ $02\theta_{3,100} = 50 \text{ [°C]}$
Berekeningen (vollast):		
$q_{v5,100} = \frac{1000 \cdot \Phi_{g,100}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{1,100} - \theta_{4,100})} = \frac{1000 \cdot 300}{981 \cdot 4,19 \cdot (70 - 50)} = 3,64 \text{ [ltr/s]}$		
$01q_{v1,100} = \frac{1000 \cdot 01\Phi_{0,100}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{2,100} - \theta_{3,100})} = \frac{1000 \cdot 200}{981 \cdot 4,19 \cdot (70 - 50)} = 2,43 \text{ [ltr/s]}$		
$02q_{v1,100} = \frac{1000 \cdot 02\Phi_{0,100}}{\rho \cdot c \cdot (\theta_{2,100} - \theta_{3,100})} = \frac{1000 \cdot 100}{981 \cdot 4,19 \cdot (70 - 50)} = 1,21 \text{ [ltr/s]}$		
Warmtegebruikermoduul: mengregeling, zonder stooklijn $\theta_1 = \text{constant}$		
$\varepsilon_1 = \frac{\theta_{1,100} - \theta_{4,100}}{\theta_{1,100} - 20} = \frac{70 - 50}{70 - 20} = 0,4$ (naverwarmers) [-]		
Hydraulische - toerenregeling 02CP met als minimumwaarde;		
Aannamen: $02q_{v1,\min} = 0,4 \cdot 02q_{v1,100}$		
Aannamen - $\theta_1 = \text{constant} = \text{setpoint}$		
Regeling: - $01\Phi_o = \text{vollast en } 02\Phi_o \text{ deellast}$ $01\Phi_o = \text{deellast en } 02\Phi_o \text{ uit}$		

Gevraagd: - Vermogens, volumestromen en temperaturen, opwekkermoduul bij vollast en deellast.

Vermogensvraag warmtegebruikers						Opwekkermoduul 1				Opwekkermoduul 2						Mode opwekkers		Bep d.m.
3. Mengregeling				Formule		Formule				Formule								
				--	11	--	4	9	--	--	4	9	--	1			1	
$\Phi_g / \Phi_{g,100}$ [-]	$q_{v5} / q_{v5,100}$ [-]	Φ_g [kW]	q_{v5} [ltr/s]	θ_1 [°C]	θ_4 [°C]	$01q_{v1}$ [ltr/s]	$01\theta_3$ [°C]	$01\theta_2$ [°C]	$01\Phi_0$ [kW]	$02q_{v1}$ [ltr/s]	$02\theta_3$ [°C]	$02\theta_2$ [°C]	$02\Phi_0$ [kW]	q_{v4} [ltr/s]	$q_{v1} + q_{v4}$ [ltr/s]	1	2	Med [ltr/s]
1	1	300	3,64	70	50	2,43	50	70	200	1,21	50	70	100	0	3,64	vollast	vollast	
0,9	0,78	270	2,85	70	47	1,64	47	76,68	200	0,49	47	82	70	-0,73	2,12	vollast	deellast	
0,8	0,62	240	2,24	70	44	1,03	44	91,27	200	0,49	44	64	40	-0,73	1,51	vollast	deellast	
0,7	0,48	210	1,76	70	41	0,97	41	91	200	0,49	41	46	10	-0,30	1,46	vollast	deellast	
0,6	0,38	180	1,37	70	38	0,97	38	83	180	0	0	0	0	-0,39	0,97	deellast	uit	
0,5	0,29	150	1,04	70	35	0,97	35	72,5	150	0	0	0	0	-0,08	0,97	deellast	uit	
0,4	0,21	120	0,77	70	32	0,97	40	70	120	0	0	0	0	0,20	0,97	deellast	uit	
0,3	0,15	90	0,53	70	29	0,97	47,5	70	90	0	0	0	0	0,44	0,97	deellast	uit	
0,2	0,09	60	0,33	70	26	0,97	55	70	60	0	0	0	0	0,64	0,97	deellast	uit	
0,1	0,04	30	0,15	70	23	0,97	62,5	70	30	0	0	0	0	0,82	0,97	deellast	uit	
0,0	0,00	3	0,01	70	20,3	0,97	69,3	70	3	0	0	0	0	0,96	0,97	deellast	uit	

Als bijvoorbeeld $01q_{v1,min} = 0,3 \cdot 01q_{v1,100}$ wordt gekozen, stijgt de temperatuur van $01\theta_2$ van opwekker 1 tot een te hoge waarde (de opwekker stopt). Er had ook een andere pompregeling kunnen worden uitgekozen, zodanig dat $q_{v4} < 0$ niet optreedt.

Voorbeeld 5 : twee opwekkers in serie, geen buffers (opwekkermoduul 3 + opwekkermoduul 3)

		Gegeven:					
02 θ_2	02 ϕ_o	$\Phi_{g,100}$	=	500	[kW]		
02 θ_3	02 q_M	02 $\theta_{1,100}$	=	70	[°C]		
01 θ_2	01 ϕ_o	01 $\theta_{4,100}$	=	45	[°C]		
01 θ_3	01 q_M	01 $\theta_{1,100}$	=	55	[°C]		
		01 $q_{v4,100}$	=	0	[litr/s]		
		02 $q_{v4,100}$	=	0	[litr/s]		
		Berekend (vollast):					
		$q_{v5,100} = \frac{1000 \cdot \Phi_{g,100}}{\rho \cdot c \cdot (02\theta_{1,100} - 01\theta_{4,100})} = \frac{1000 \cdot 500}{981 \cdot 4,19 \cdot (70 - 45)} = 4,85$ [litr/s]					
		$q_{v4,100} = 0$, dus $01q_{v5,100} = 01q_{v1,100} = 02q_{v5,100} = 02q_{v1,100} = 4,85$ [litr/s]					
		$01\Phi_{0,100} = 0,001 \cdot 01q_{v1,100} \cdot \rho \cdot c \cdot (01\theta_{1,100} - 01\theta_{4,100}) = 0,001 \cdot 4,85 \cdot 981,19 \cdot (55 - 45) = 200$ [kW]					
		$02\Phi_{0,100} = 0,001 \cdot 02q_{v1,100} \cdot \rho \cdot c \cdot (02\theta_{1,100} - 02\theta_{4,100}) = 0,001 \cdot 4,85 \cdot 981 \cdot 4,19 \cdot (70 - 55) = 300$ [kW]					
		Warmtegebruikermodul: smoorregeling, zonder stooklijn θ_1 = constant					
		$\frac{02\theta_{1,100} - 01\theta_{4,100}}{02\theta_{1,100} - 20} = \frac{70 - 45}{70 - 20} = 0,5$ (naverwarmer) [-]					
		Hydraulische - $01q_{v1} = 01q_{v1,100} = \text{constant}$					
		Aannamen: - $02q_{v1} = 02q_{v1,100} = \text{constant}$					
		Aannamen - $02\theta_1 = \text{constant} = \text{setpoint}$					
		Regeling: - $01\Phi_o = \text{vollast en } 02\Phi_o = \text{deellast}$					

Gevraagd: - Vermogens, volumestromen en temperaturen, opwekkermodul bij vollast en deellast.

Vermogensvraag warmtegebruikers				Opwekkermoduul 1						Opwekkermoduul 2							
2. Smoorregeling				Formule		Formule						Formule					
				--	11	--	1	9	4	2	--	--	1	--	--	9	4
$\Phi_g / \Phi_{g,100}$ [-]	$q_{v5} / q_{v5,100}$ [-]	Φ_g [kW]	$01q_{v5}$ [litr/s]	02 θ_1 [°C]	01 θ_4 [°C]	01 q_{v1} [litr/s]	01 θ_4 [°C]	01 θ_2 [°C]	01 θ_3 [°C]	01 θ_1 [°C]	01 Φ_0 [kW]	02 q_{v5} [litr/s]	02 q_{v4} [litr/s]	02 q_{v1} [litr/s]	02 θ_4 [litr/s]	02 θ_2 [°C]	02 θ_3 [°C]
1	1	500	4,85	70	45	4,85	0	55	45	55	200	4,85	0	4,85	55	70	55
0,97	0,9	485,47	4,37	70	43,03	4,85	0,49	54,14	44,14	54,14	200	4,37	0,49	4,85	54,14	70	55,73
0,93	0,8	467,88	3,88	70	40,76	4,85	0,97	53,26	43,26	53,26	200	3,88	0,97	4,85	53,26	70	56,61
0,89	0,7	446,21	3,40	70	38,13	4,85	1,46	52,41	42,41	42,41	200	3,40	1,46	4,85	52,41	70	57,69
0,84	0,6	418,98	2,91	70	35,09	4,85	1,94	51,75	41,75	51,75	200	2,91	1,94	4,85	51,75	70	59,05
0,77	0,5	383,99	2,43	70	31,60	4,85	2,43	51,60	41,60	51,60	500	2,43	2,43	4,85	51,60	70	60,80
0,68	0,4	338,04	1,94	70	27,74	4,85	2,91	52,74	42,74	52,74	200	1,94	2,91	4,85	52,74	70	63,10
0,55	0,3	276,80	1,46	70	23,87	4,85	3,40	57,20	47,20	57,20	200	1,46	3,40	4,85	57,20	70	66,16
0,39	0,2	196,34	0,97	70	20,92	4,85	3,88	70	60,18	70	196,36	0,97	-0,97	0	70	0	0
0,20	0,1	99,98	0,49	70	20,01	4,85	4,37	70	65	70	99,98	0,49	-0,49	0	70	0	0
0,02	0,01	10,00	0,05	70	20	4,85	4,81	70	69,50	70	10	0,05	-0,05	0	70	0	0

Als voor een andere verdeling van vermogens en temperaturen wordt gekozen ontstaat weer een andere verdeling van

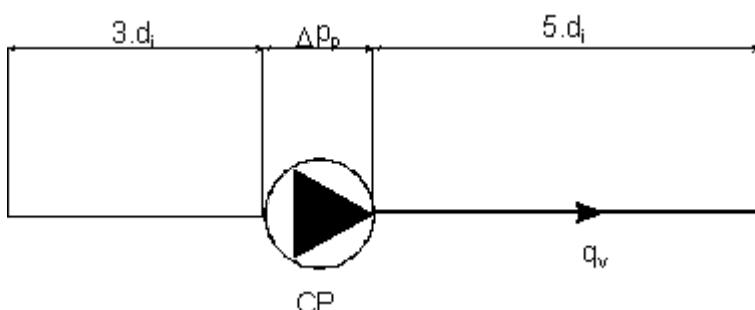
BIJLAGE F CIRCULATIEPOMPEN CP

F.1 TESTEN VAN POMPEN

Voor het testen van pomp en elektromotor wordt door fabrikant/leverancier gebruik gemaakt van verschillende normen. Enkele van deze normen zijn:

EN 10704	Vaststellen pompkarakteristiek $\Delta p/q_v$
NEN-EN 1151	Centrifugaalpompen tot 200 Watt elektrisch vermogen voor verwarming en drinkwaterinstallaties. Eisen en beproevingen.

Het testen, vaststellen van de eigenschappen van de pomp, volgens de genoemde normen geschieft onder specifieke condities. De ontwerper dient bij het gebruik van deze gegevens telkens de vraag te stellen of de gegevens 1 op 1 overgenomen kunnen worden naar de betreffende praktijkstudie of dat correctie noodzakelijk is. Een voorbeeld is het vaststellen van de druk/volumestroom $\Delta p/q_v$ -karakteristiek, waarvan de testopstelling is weergegeven in figuur F.1.



Figuur F.1 Schets van een testconditie van een pomp bij het vaststellen van de $\Delta p/q_v$ -karakteristiek. Het verschil met de praktijkopstelling is de vrije weglengte voor het te transporteren medium aan de zuig- en perszijde van de pomp

Deze vrije weglengte is in praktiksituaties zelden aanwezig, waardoor de door de fabrikant verstrekte $\Delta p/q_v$ -karakteristiek vervormt.

Tijdens het vaststellen van de benodigde opvoerhoogte van de pomp (Δp) wordt hier meestal geen rekening mee gehouden, omdat de pomp groter wordt geselecteerd en de overtollige druk wordt gesmoord met een inregelaarsluiting. Het meten van de volumestroom via de vervormde pompkarakteristiek wordt ontraden vanwege de kans op een te grote systematische fout, zie ISSO-publicatie 31 'Meetpunten en meetmethoden' en ISSO-publicatie 42.

F.2 BENODIGDE GEGEVENS VAN SELECTIE EN DIMENSIONERING

Deze opsomming geeft een overzicht van de minimaal benodigde gegevens, die bij de selectie en dimensionering een rol spelen. In principe dient altijd te worden uitgegaan van de eisen en voorwaarden die de fabrikant/leverancier ten aanzien van zijn product vermeldt. De door de fabrikant/leverancier verstrekte gegevens gaan uit van een bepaald te transporteren medium (bijvoorbeeld water). Bij gebruik van een ander medium, of als er toevoegingen worden gebruikt, dienen deze verstrekte gegevens te worden gecorrigeerd.

F.2.1 Δp als functie van de q_v -karakteristiek

De selectie en dimensionering van een pomp wordt in belangrijke mate bepaald door de $\Delta p/q_v$ -karakteristiek, zie figuur F.2.

De benodigde gegevens van selectie en dimensionering zijn:

- Ontwerpervolumestroom $q_{v,100}$;
- Benodigde pompdruk;
- Werkgebied pomp; Dat is het gebied waar het hydraulisch vermogen van de pomp P_{hyd} zo groot mogelijk is.

$$P_{hyd} = \Delta p_p \cdot q_v$$

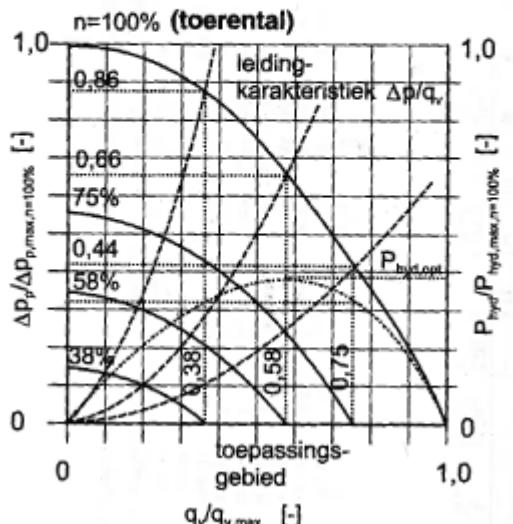
$$P_{hyd,max} = \Delta p_{p,max} \cdot q_v$$

Toepassinggebied arbitrair $P_{hyd} / P_{hyd,opt} > 0,85$
 $n = \text{toerental in \%}$

$$P_{hyd} = \Delta p_v \cdot q_v$$

$$P_{hyd,max} = \Delta p_{v,max} \cdot q_{v,max}$$

Toepassingsgebied arbitrair $P_{hyd}/P_{hyd,opt} > 0,85$
 $n = \text{toerental in \%}$



Figuur F.2 $\Delta p/q_v$ -karakteristiek voor een eenvoudig hydraulisch pompp model. In de figuur is ook het verloop van het hydraulisch pompvermogen P_{hyd} aangegeven en het werkgebied van de pomp

Het opgenomen elektrische vermogen volgt uit:

$P_{el} = \frac{P_{hyd}}{\eta_p \cdot \eta_m}$	[W]	(F.1)
--	-----	-------

Waarin:		
η_p	= pomprendement (0,4 – 0,5)	[-]
η_m	= motorrendement (0,9 – 0,95)	[-]

Als algemene ontwerpregel geldt dat, zonder toerenregeling, een zo vlak (horizontaal) mogelijke $\Delta p/q_v$ -karakteristiek dient te worden geselecteerd.

F.2.2 Maximale werkdruk

Verschil tussen de statische druk in het pomphuis en de atmosferische druk die een door de fabrikant/leverancier gegeven maximale waarde niet mag overschrijden.

F.2.3 Maximale stroomsnelheid

Sommige fabrikanten/leveranciers stellen voorwaarden aan de maximale toegelaten stroomsnelheid aan de zuigzijde van de pomp.

F.2.4 Minimaal benodigde statische druk aan de zuigzijde van een pomp

De verzadigde dampspanning in een (vloeistof)medium is afhankelijk van de druk en temperatuur van dat medium. Daalt de druk tot beneden een mediumafhankelijke waarde, dan ontstaat dampvorming in de pomp en daarmee cavitatie. Dit wordt voorkomen door ervoor te zorgen dat de statische druk aan de zuigzijde van de pomp boven de verzadigde dampdruklijn van het te transporteren medium ligt. In de vakliteratuur wordt dit verschijnsel met NPSH aangeduid (Netto Pump Suction Head), het verschil tussen de minimaal benodigde statische druk aan de zuigzijde en de verzadigde dampdruk.

F.2.5 Minimale en maximale temperatuur

Grenswaarde voor de temperatuur van het te transporterteren medium. De maximaal toegelaten temperatuur heeft bijvoorbeeld betrekking op het koelen van de motor bij natlopercirculatiepompen. Er kunnen ook eisen gesteld worden aan de maximale luchttemperatuur van de ruimte waarin de pomp(en) staan opgesteld.

F.2.6 Minimale volumestroom (natte motor)

Grenswaarde die onder andere verband houdt met het koelen van de elektromotor met de getransporteerde vloeistof. De grenswaarde is afhankelijk van het elektrisch opgenomen vermogen van de motor.

$$q_{v,\min} = 0,1 - 0,3 \cdot q_{v,nominale}$$

Hier is $q_{v,nominale}$ een door de fabrikant gegeven nominale waarde voor de betreffende pomp.

F.2.7 Geluidsproductie

In Nederland geldt als wettelijk maximum 30 dBA voor aanliggende gebouwen (Bouwbesluit).

F.2.8 Isolatie pomphuis

Mogelijkheid tot beperking van het warmteverlies. Aan de orde zijn hier:

- Warmtegeleidingscoëfficiënt en dikte isolatiemateriaal;
- Brandbaarheidsklasse isolatiemateriaal.

F.2.9 Inbouwvoorschriften

Inbouwvoorschriften van de fabrikant/leverancier aanhouden en bij afwijkende situaties overleggen met de fabrikant/leverancier.

F.2.10 Motorgegevens (elektrisch)

- Wisselspanning 1 fase/3 fasen (draaistroom) en frequentie;
- Maximale spanning afhankelijk van toerental;
- Maximale stroomsterkte afhankelijk van toerental;
- Opgenomen vermogen (U en I), meestal uitgedrukt als nominale;
- Capaciteit condensator in verband met starten met 2 fasen van de motor en verminderde faseverschuiving tussen spanning en stroom.

F.2.11 Motorbeveiliging

- Beveiligd tegen geblokkeerde rotor (hoge stroomsterkte);
- Wikkeling beveiligingscontact;
- Ingebouwde uitschakelvoorzieningen;
- Beveiligd tegen fase-uitval.

F.2.12 Regeling en besturing

Er is de laatste jaren sprake van een enorme vooruitgang bij de regeling van pompen.

- Variatie van het toerental met behulp van fasesnijding of frequentie-omvormers ten behoeve van de regeling van:
 - Constant drukverschil over de installatie of een deel hiervan. Kans op een te laag drukverschil bij de gebruikers, zie bijlage K;
 - Dalend drukverschil, afhankelijk van de warmtevraag van de warmtegebruikers. De hierbij geïntroduceerde scenario's geven geen garantie dat voldoende drukverschil aanwezig is.
- Ter indicatie van de warmtevraag kan bijvoorbeeld uit worden gegaan van de centraal weersafhankelijk voorgeregelde aanvoertemperatuur θ_1 . Inmiddels heeft ook de Fuzzylogic zijn intrede gedaan, waarbij toerenregeling plaatsvindt op basis van:
- Aanvoertemperatuur, retourtemperatuur of temperatuurverschillen.

Altijd nagaan wat de invloed van een regeling is op de rest van de hydraulische schakeling.

- Besturing toerental afhankelijk van het operationeel gebruik in het gebouw:
 - Dag-, nacht- en weekendsituaties;
 - Delen van het gebouw niet continu in gebruik.

De mogelijkheid bestaat hier een deel van de hydraulische schakeling af te schakelen of een minimale volumestroom (laag toerental) te onderhouden. De ontwerper dient altijd na te gaan wat de invloed hiervan is op de rest van de hydraulische schakeling.

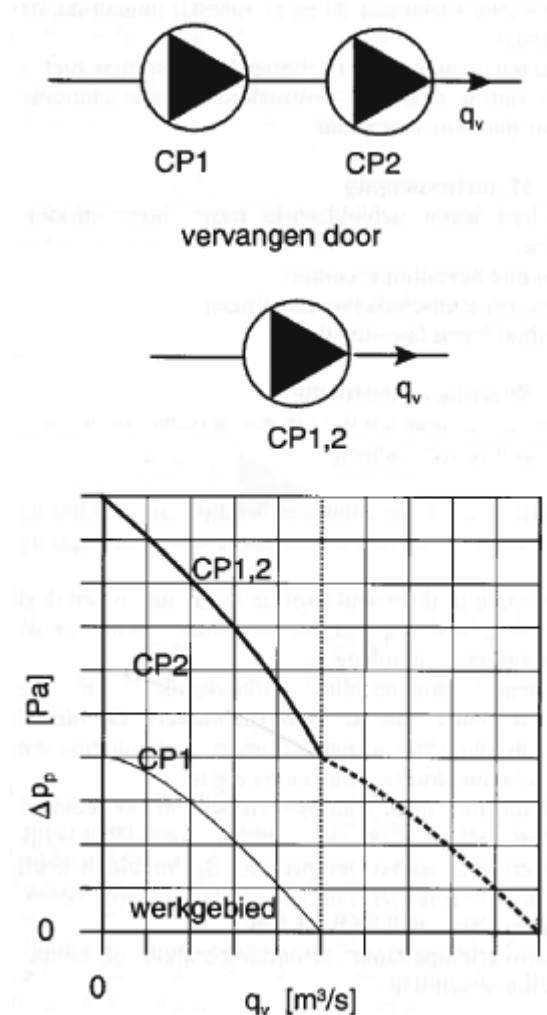
- Communicatie:
 - Display pomp met de mogelijkheid in te grijpen;
 - Aansluiting op GBS-systeem.

F.3 SERIE- EN PARALLELSCHAKELING VAN POMPEN

Serieschakeling van pompen

Doel: Verhoging van het drukverschil, waarbij het werkgebied voor de volumestromen ongeveer gelijk blijft.

De gemeenschappelijke karakteristiek $\Delta p/q_v$ van 2 pompen CP1 en CP2 wordt verkregen door bij gelijke volumestroom het drukverschil van CP2 bij CP1 op te tellen, zie figuur F.3.

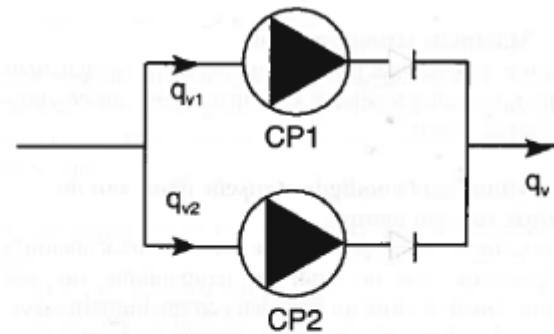


Figuur F.3 Gemeenschappelijke pompkarakteristiek van 2 in serie geschakelde pompen

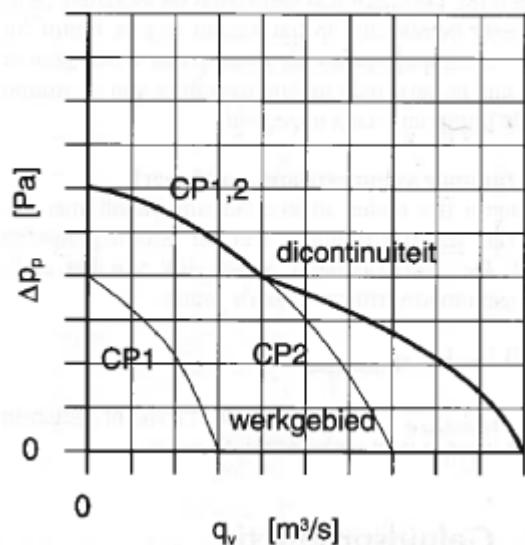
Parallelschakeling van pompen

Doel: Uitbreiden van het werkgebied voor de volumestroom q_v , waarbij het drukverschil Δp_p ongeveer gelijk blijft.

De gemeenschappelijke karakteristiek $\Delta p/q_v$ van 2 pompen CP1 en CP2 wordt verkregen door bij gelijk drukverschil Δp de volumestroom van CP1 en CP2 op te tellen.



vervangen door



Figuur F.4 Gemeenschappelijke pompkarakteristiek van twee parallel geschakelde pompen

F.4 ENERGIEBESPARING

De juiste werking van de hydraulische schakeling, alsmede energiebesparing, wordt bevorderd door:

- Pompselectie en dimensionering, zie F.2.1;
- Regeling en besturing, zie F.2.12.

Met regeling wordt bereikt dat tijdens operationeel gebruik de transportenergie wordt verminderd en met besturing kan buiten bedrijfstijd transportenergie worden vermeden door de pomp uit te schakelen of op een minimale stand te zetten.

In het onderstaande overzicht zijn indicatief de jaarlijks mogelijke transportenergiebesparingen weergegeven voor verschillende situaties.

De jaarlijkse energiebesparing wordt berekend met formule F.2, afgeleid uit de formules gegeven onder F.2.1.

$Q_e = \frac{\Delta p_p \cdot \phi \cdot h}{\rho \cdot c \cdot \Delta \theta \cdot \eta \cdot 1000}$	[kW·h/a]	(F.2)
--	----------	-------

Waarin:		
Δp_p	= Pompdruk	[Pa]
Φ	= Te leveren warmtevermogen	[kW]
h	= Bedrijfsuren pomp	[h/a]
ρ	= Soortelijke massa 'water = 981'	[kg/m³]
c	= Soortelijke massa 'water = 4,2'	[kJ/(kg·K)]
$\Delta\theta$	= Temperatuurverschil van warmtegebruikers	[K]
η	= Pomp en motorrendement worden constant verondersteld ($\approx 0,3$)	[−]

Referentiesituatie

Δp_p	= 30000	[Pa]
Φ	= 150	[kW]
$\Delta\theta$	= 20	[K]
h	= 8760	[h/a]

$$Q_{e,\text{ref}} = \frac{30000 \cdot 150 \cdot 8760}{981 \cdot 4,2 \cdot 20 \cdot 0,3 \cdot 1000} \quad [\text{kW}\cdot\text{h/a}]$$

- Ter vergelijking elektriciteitsverbruik een gezinswoning ongeveer 2800 [kW·h/a];
- Kosten in guldens: $1595 \cdot f 0,25 = f 398,75$

Besturen pomp aan/uit:

$$h = 2000 \quad [\text{h/a}] \quad (\text{kantoortijd})$$

$$Q_e = 364 \quad [\text{kW}\cdot\text{h/a}]$$

$$\text{Besparing in procenten} = \frac{1595 - 364}{1595} \cdot 100\% = 77\%$$

Toerenregeling:

$$\text{Stel } \Delta p_p \approx 0,4 \cdot 30000 = 12000 \quad [\text{Pa}]$$

$$Q_e = 637 \quad [\text{kW}\cdot\text{h/a}]$$

Pomp aan/uit + toerenregeling:

$$\text{Besparing in procenten} = \frac{1595 - 637}{1595} \cdot 100\% = 60\%$$

$$h = 2000 \quad [\text{h/a}] \text{ en } P_p \approx 12000 \quad [\text{Pa}]$$

$$Q_e = 145 \quad [\text{kW}\cdot\text{h/a}]$$

$$\text{Besparing in procenten} = \frac{1595 - 145}{1595} \cdot 100\% = 91\%$$

BIJLAGE G BENODIGDE GEGEVENS VAN INREGELAFLSUITERS (IRA'S) EN ANDERE COMPONENTEN

G.1 ALGEMEEN

In bijlage C 'Regelaflsluiters' en bijlage F 'Pompen' is gespecificeerd welke gegevens door de fabrikant/leverancier moeten worden overlegd om de betreffende componenten te kunnen projecteren in de hydraulische schakeling.

Dit geldt in mindere of meerdere mate voor alle componenten waaruit de hydraulische schakeling is opgebouwd. In onderstaande tekst volgt een (niet volledige) opsomming van componenten. De voor deze publicatie belangrijke componenten worden in de tekst behandeld en aan een aantal is een speciale bijlage gewijd.

Overzicht componenten:

- Warmtewisselaars (bijlage B);
- Buizen (bijlage N);
- Hulpstukken (bochten, T-stukken) (bijlage N);
- Regelaflsluiters (bijlage C);
- Inregelaflsluiters (bijlage G);
- Handafsluiters --;
- Drukregelaars (bijlage K);
- Filters --;
- Expansievat (bijlage L).

G.2 BENODIGDE GEGEVENS VOOR SELECTIE EN DIMENSIONERING

Onderstaand overzicht geeft een minimaal overzicht van de technische gegevens van componenten die een rol spelen bij het ontwerp en die door de fabrikant/leverancier dienen te worden overlegd.

- Voor welke vloeistoffen geschikt;
- Materiaalsamenstelling component;
- Toegelaten drukverschil over de component;
- Toegelaten temperatuurniveaus;
- Minimale/maximale volumestroom;
- Minimale/maximale snelheid;
- Maximale werkdruk.

G.3 INREGELAFLSLUITERS

Het doel van een inregelaflsluiter is de ontwerpvolumestroom in te stellen in de betreffende buis.

Er zijn twee soorten inregelaflsluiters:

Inregelaflsluiters zonder meetvoorziening

Door middel van berekening (ISSO-publicatie 18) wordt vastgesteld welke hoeveelheid druk moet worden weggesmoord om de ontwerpvolumestroom te realiseren. De fabrikant/leverancier levert informatie bij welke stand van de regelaflsluiter deze druk wordt weggesmoord. Deze inregelaflsluiters (voetventielen) worden gebruikt bij inregelen met de voorinstelmethode, fase 1, zie ISSO-publicatie 31 of ISSO-publicatie 42.

Inregelaflsluiters met meetvoorziening

Door middel van meten wordt de volumestroom ingesteld. Men meet bijvoorbeeld het drukverschil over de regelaflsluiter en met de gegevens van de fabrikant/leverancier wordt de volumestroom bepaald.

Voor een betrouwbare meting is het noodzakelijk dat het minimale drukverschil groter of gelijk is dan 3 kPa. Dit kan via het ontwerp worden gerealiseerd, zie voorbeeld in hoofdstuk 2.7.

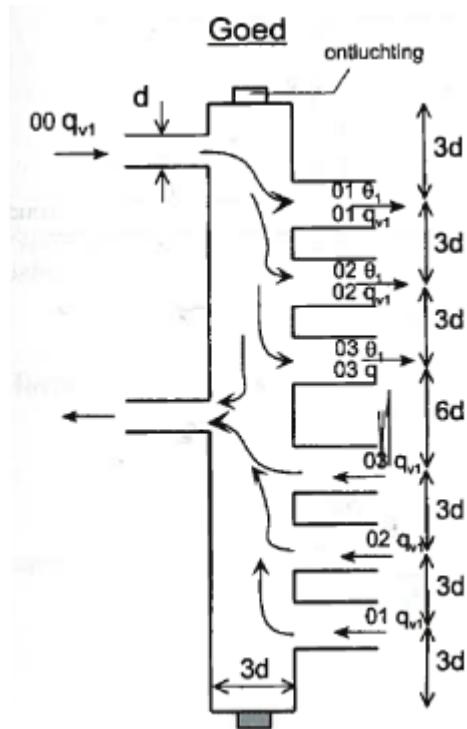
In deze publicatie wordt uitgegaan van drukverschilmeting over de regelafsluiters. In principe kunnen het ook andere meetmethoden zijn waarmee de volumestroom wordt bepaald. Deze inregelafsluiters worden toegepast bij inregelen met de voorinstelmethode, fase 2, zie ISSO-publicatie 31 of ISSO-publicatie 42.

Nauwkeurigheid

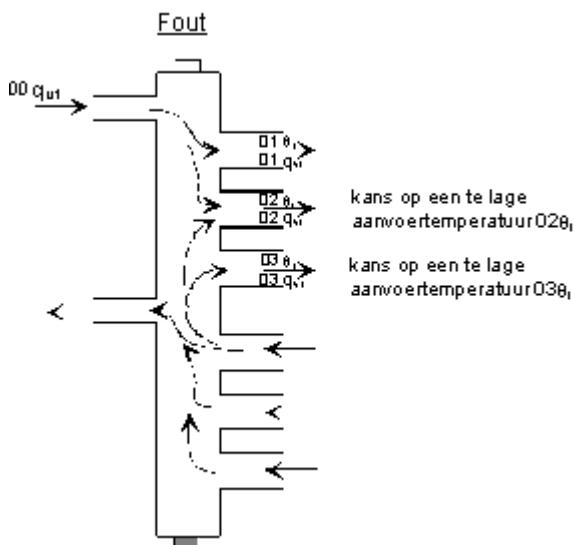
Zowel bij het instellen van de ontwerpervolumestroom met inregelafsluiters zonder meetvoorziening als bij inregelafsluiters met meetvoorziening wordt gebruik gemaakt van gegevens van de fabrikantleverancier die in een testopstelling zijn vastgesteld. Deze testopstelling houdt bijvoorbeeld in dat er een bepaalde vrije weglengte aanwezig is stroomopwaarts en stroomafwaarts van de inregelafsluiters. Als men hier in de praktijkopstelling van afwijkt, is het nog maar de vraag of de gegevens van de fabrikantleverancier geldig zijn. Het komt ook voor dat niet duidelijk is welk drukverschil wordt bedoeld, bijvoorbeeld het drukverschil direct over de inregelafsluiter of op enige afstand hiervan [15]. In de ISSO-publicaties 31 en 42 worden daarom voorwaarden gesteld aan het inbouwen van inregelafsluiters en de gehanteerde terminologie. Het doel hiervan is tijdens het instellen of meten systematisch fouten te voorkomen.

BIJLAGE H UITVOERING VAN OPEN VERDELER/ VERZAMELAAR, BYPASSEN EN RECIRCULATIELEIDINGEN

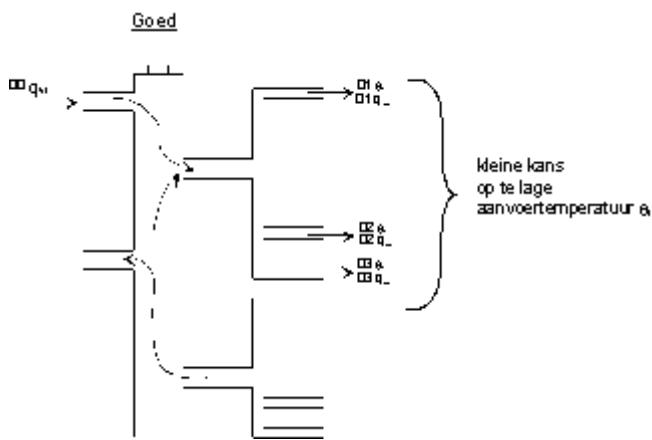
Uitvoering open verdeler/verzamelaar (horizontaal of verticaal opgesteld)



Figuur H.1 Goed als geldt: $00q_{v1} > 01q_{v1} + 02q_{v1} + 03q_{v1}$ nu geldt $01\theta_1 = 02\theta_2 = 03\theta_3$.



Figuur H.2 Fout als geldt: $00q_{v1} < 01q_{v1} + 02q_{v1} + 03q_{v1}$ nu geldt $01\theta_1 > 02\theta_2 > 03\theta_3$. Deze stromingssituatie treedt op als bijvoorbeeld een opwekker te vroeg wordt afgeschakeld.

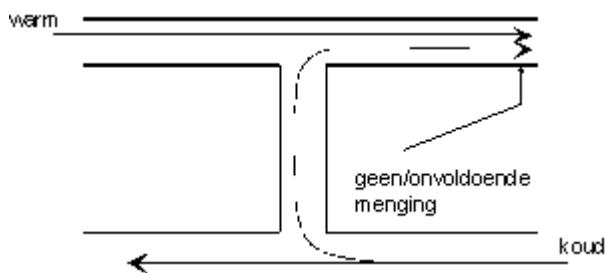


Figuur H.3 Goed in alle situaties $00q_{v1} > 01q_{v1} + 02q_{v1} + 03q_{v1}$ en $00q_{v1} < 01q_{v1} + 02q_{v1} + 03q_{v1}$ nu geldt $01\theta_1 = 02\theta_2 = 03\theta_3$.

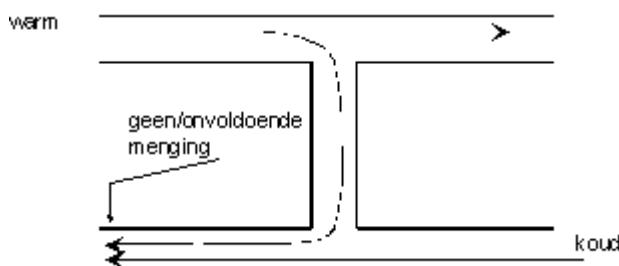
Uit figuur H.3 volgt dus: eerst mengen, daarna verdelen.

Mengpunten bij open verdeler/verzamelaar, by-passen en recirculatieleidingen

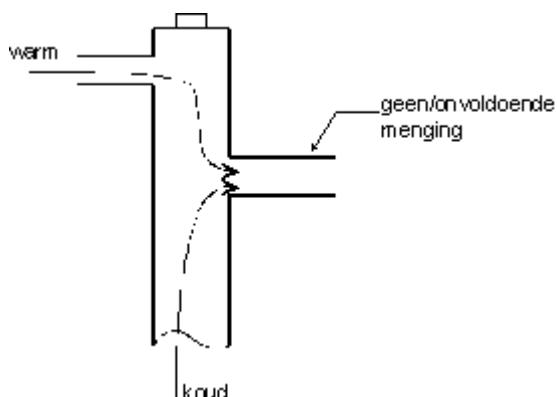
Onvoldoende menging in de volgende situaties:



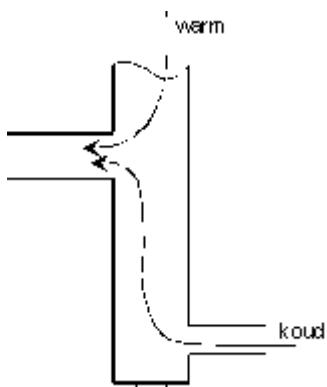
Figuur H.4 Recirculatieleiding



Figuur H.5 By-pass leiding



Figuur H.6 Open verdeler/verzamelaar verticaal opgesteld. Verbetering menging door op elkaar gerichte stromingsrichting warm en koud, echter met te lage snelheid

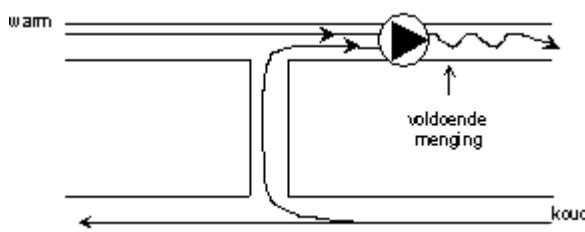


Figuur H.7 Open verdeler/verzamelaar verticaal opgesteld. Verbetering menging door op elkaar gerichte stromingsrichting warm en koud, echter met te lage snelheid

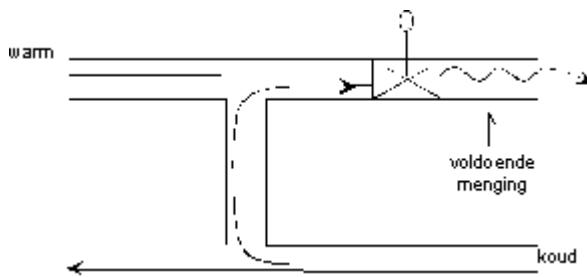
Er zijn twee manieren om voldoende menging te realiseren:

- Actief mengen van warme- en koude stroom;
- Warmestroom onder de koudestroom inbrengen.

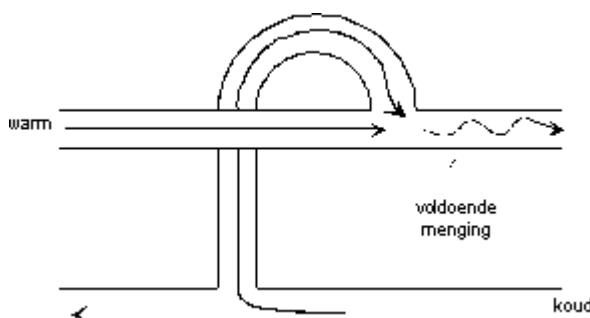
Actief mengen



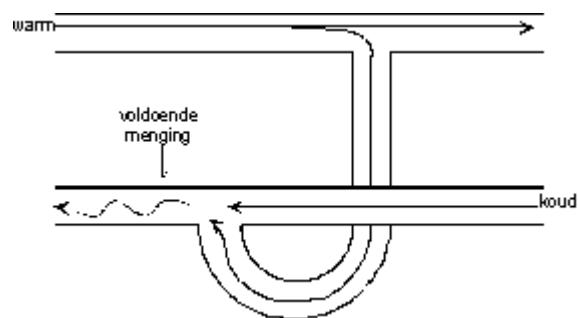
Figuur H.8 Recirculatieleiding actief mengen met behulp van pomp



Figuur H.9 Recirculatieleiding actief mengen met behulp van afsluiter



Figuur H.10 Recirculatieleiding warmestroom onder koudestroom inbrengen

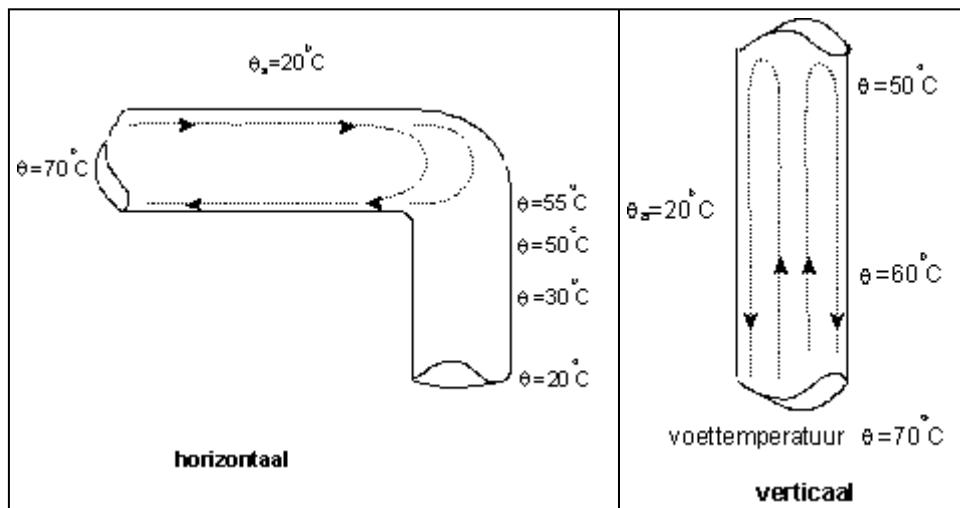


Figuur H.11 By-pass leiding warmestroom onder koudestroom inbrengen

BIJLAGE I ONGEWENSTE STROMING TEN GEVOLGE VAN THERMISCHE DRUKVERSCHILLEN

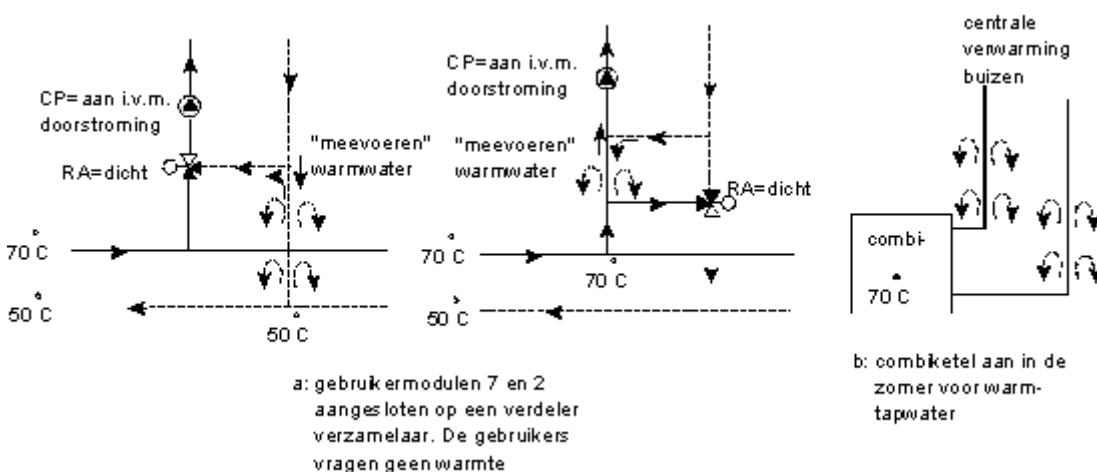
I.1 NATUURLIJKE CONVECTIESTROMEN IN EEN AFGESLOTEN BUIS

Er wordt uitgegaan van een situatie dat geen geforceerde stroming ten gevolge van een pomp mogelijk is. Dit betekent dat een afsluiter dicht staat en of een pomp uit is. Door temperatuurverschillen ontstaan er in een horizontale buis en een verticale buis natuurlijke convectiestromen, zie figuur I.1.



Figuur I.1 Natuurlijke stroming in buizen ten gevolge van temperatuurverschillen in buizen waar geen geforceerde stroming ten gevolge van pomp mogelijk is

De situatie met de verticale buis geeft aanleiding tot ontwerpmaatregelen en treedt op bij grote installaties waar één of meerdere warmtegebruikermodulen zijn aangesloten op een verdeler verzamelaar of bij kleinere installaties, waarbij de ketel in de zomer het warmtapwater verzorgt als de CV-ketel is afgeschakeld (combi-ketel), zie figuur I.2



Figuur I.2 Situaties waar natuurlijke convectiestromen in de verticale buizen aanleiding zijn tot ontwerpmaatregelen. Een andere oplossing voor a is een bovenliggende verdeler verzamelaar, zoals gegeven in figuur 2.7.3 van het voorbeeld

Door de natuurlijke convectiestromen kunnen drie verschillende situaties ontstaan.

1. Figuur I.2.a: een deel van het opgestegen warm water wordt meegesleurd met de geforceerde stroming;
2. De natuurlijke convectiestroom in de verticale buis breidt zich ongehinderd uit totdat ongeveer de omgevingstemperatuur is bereikt. Ongewenst warmteverlies;

3. De natuurlijke convectiestroom in de verticale buis breidt zich zover uit dat in een (deel) van het circuit ten gevolge van thermische drukverschillen stroming en warmteafgifte ontstaan.

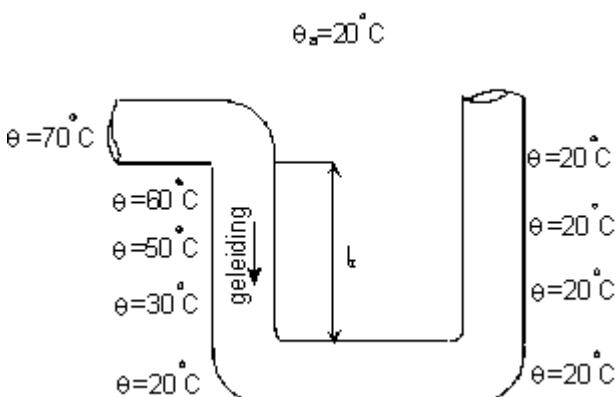
Er zijn manieren om deze situaties te voorkomen:

1. De situatie in figuur I.2.a.: door een voldoende lange verticale buis aan te brengen zodat de vloeistof bij het mengpunt is afgekoeld tot de omgevingstemperatuur. De benodigde lengten zijn sterk afhankelijk van de constant veronderstelde voettemperatuur. Tabel I.1 geeft enkele richtwaarden.

Tabel I.1 Richtwaarde minimale lengte verticale buis met natuurlijke convectiestromen, waarin de vloeistof is afgekoeld tot de omgevingstemperatuur. Het gevaar van natuurlijke circulatie blijft aanwezig

θ_{voet} [°C]	l_{min} [m]	
90	0,8	
70	0,4	
50	0,2	
30	0,1	

2. Door middel van het aanbrengen van een zogenaamde 'zak' in de verticale leiding, zie figuur I.3.



Figuur I.3 Het aanbrengen van een 'zak' in een verticale buis voorkomt natuurlijke convectie.

In de verticale buis naar beneden treedt alleen geleiding op en koelt het medium af tot ongeveer de omgevingstemperatuur. In de verticale buis treden nu geen natuurlijke convectiestromen op, omdat er geen temperatuurverschillen meer zijn. De benodigde lengte van de 'zak' wordt berekend met formule I.1 [14].

[m]	(I.1.)
-----	--------

Waarin:		
θ_{voet}	= Voettemperatuur	[°C]
θ_a	= Omgevingstemperatuur	[°C]
θ_{lz}	= Temperatuur buis op l_z	[°C]
t	= Wanddikte buis	[mm]

Enkele richtwaarden volgens formule I.1.
Ontwerpuitgangspunten zijn: $\theta_a = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$; $\theta_{iz} = \theta_a + 22 \text{ } ^\circ\text{C}$; $t = 2,5 \text{ mm}$.

$\theta_{voet} \text{ [} ^\circ\text{C]}$	$l_{z,22 \text{ } ^\circ\text{C}} \text{ [m]}$
90	0,36
70	0,32
50	0,27
30	0,16

BIJLAGE J ONTWERPEISEN VOOR TEMPERATUURGELAAGDE BUFFERVATEN

J.1 DOEL EN UITGANGSPUNten

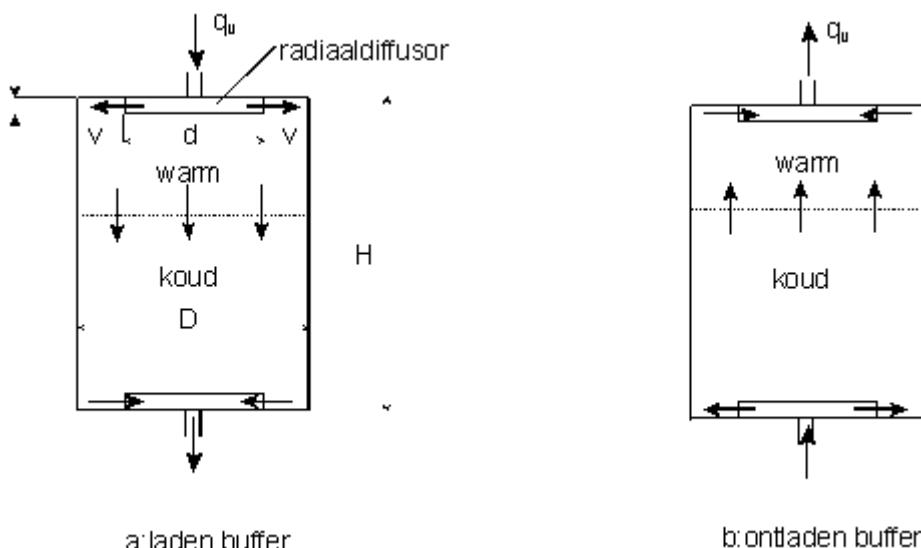
Handhaving van de temperatuurgelaagdheid in de buffer tijdens het laden en ontladen van de buffer, dus tegengaan van menging in de buffer. Dit kan worden gerealiseerd (benaderd) door aan bepaalde voorwaarden betreffende vorm en afmetingen van de in- en uitlaat van de buffer te voldoen. Deze voorwaarden (ontwerpeisen) zijn gegeven in J.2 en gebaseerd op [12] en [13], waarbij [13] is gebruikt om de eenvoudige ontwerpregels uit [12] te verifiëren. Door het vat uit te voeren met een lage hydraulische weerstand, heeft het tevens de functie van kortsluitleiding of open verdeler/verzamelaar.

Uitgangspunten bij de ontwerpeisen genoemd in J.2:

- Radiaaldiffuser voor in- en uitlaat, zie figuur J.1;
- Temperatuurniveaus van 0 tot 90 °C;
- Vloeistof: water.

J.2 ONTWERPEISEN

In figuur J.1 is het buffervat met radiaaldiffuser en de relevante afmetingen gegeven.



Figuur J.1 Thermisch gelaagde buffer met radiaaldiffuser

Ontwerpeisen luiden:

1. $v \leq 0,05 \text{ m/s}$;
2. $D/d \geq 1,3$;
3. $H/D \geq 1,5$.

J.3 VOORBEELD

Gegeven:

- Maximale volumestroom, tijdens laden of ontladen $q_v = 10 \text{ [m}^3/\text{h}]$;
- Er wordt uitgegaan van de grenswaarden van de ontwerpeisen, zodat de minimaal benodigde afmetingen worden berekend.

Kies: $h = 0,04 \text{ m}$

Ontwerpeis 1	$d_{\min} = \frac{q_v / 3600}{n \cdot v \cdot h} = \frac{10 / 3600}{n \cdot 0,05 \cdot 0,04} = 0,44 \text{ [m]}$
--------------	--

Ontwerp 2	$D_{min} = 1,3 \cdot 0,44 = 0,572$	[m]
-----------	------------------------------------	-----

Ontwerp 3	$H_{min} = 1,5 \cdot D_{min} = 1,5 \cdot 0,572 = 0,86$	[m]
-----------	--	-----

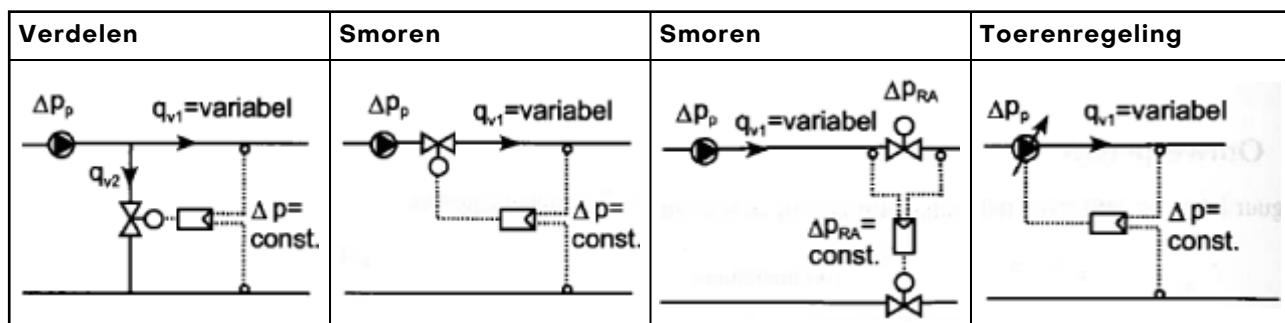
Afhankelijk van het benodigde opslagvolume en de vorhanden zijnde afmetingen kunnen grotere waarden voor d, D en H worden gekozen.

BIJLAGE K SOORTEN DRUKVERSCHILREGELING EN DE POSITIE VAN DE DRUKVERSCHILMETING

Drukverschilregeling wordt toegepast in:

- Distributiemodulen;
- Distributiesystemen.

Het verschil van drukverschilregeling is het realiseren van een constant drukverschil over bijvoorbeeld de warmtegebruikermodulen, omdat dit een hydraulische ontwerpeis is die vermeld wordt op de werkbladen of voor de distributiesystemen om een betere naregeling te krijgen (geen te hoog oplopende drukken) bij een groep warmtewisselaars met 2-weg naregeling.



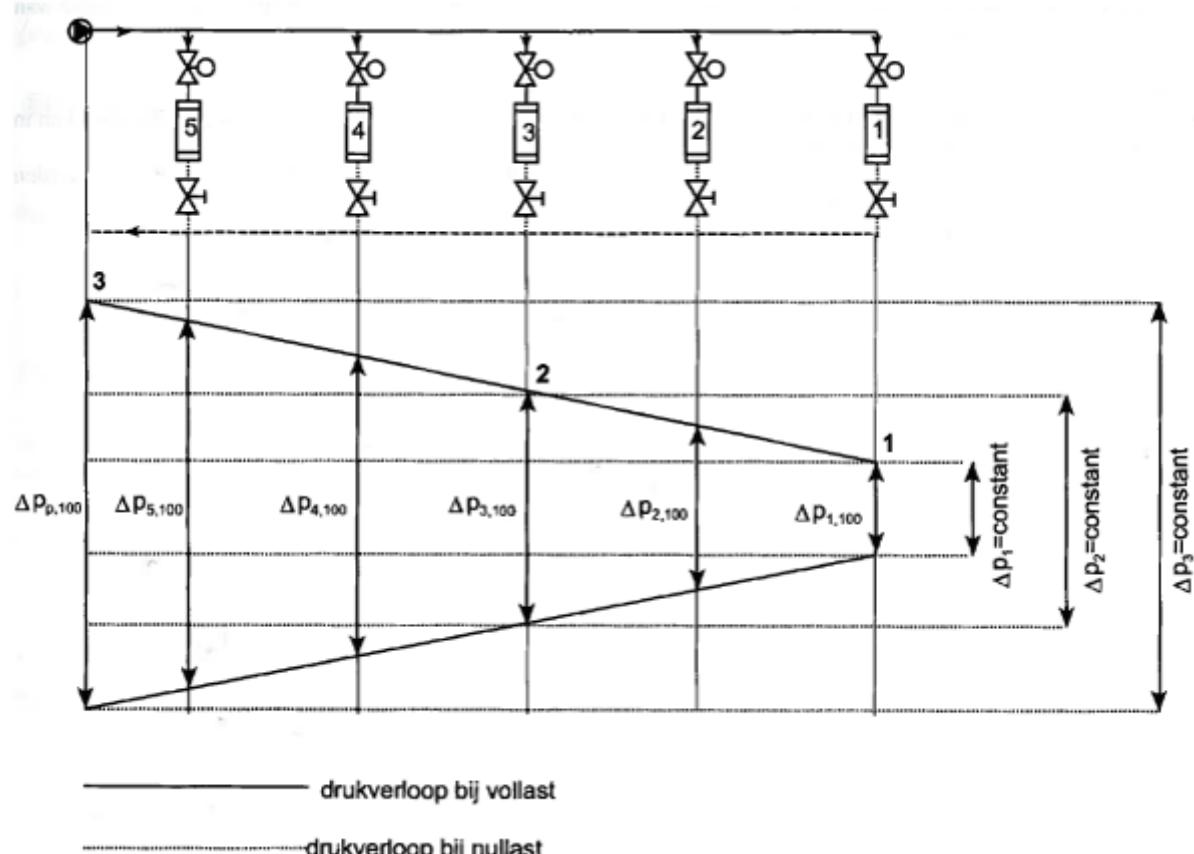
Doeleind			
Δp = constant of ook inzetbaar aan einde distributiesysteem voor minimale doorstroming	Δp = constant	ΔP_{RA} = constant	Δp = constant of heeft een ingesteld verloop b.v. afhankelijk van q_{v1}

Voordelen/nadelen			
<ul style="list-style-type: none"> • Voorkomt te hoge weg te smoren druk bij de eindgebruiker(s). Deze is meestal niet bestand tegen de hoge druk en sluit niet meer, gevolg onnodige warmteafgifte; • Verhoogd retourtemperatuur. 	<p>Voorkomt te hoge weg te smoren druk bij de eindgebruiker(s). Deze is meestal niet bestand tegen de hoge druk en sluit niet meer, gevolg onnodige warmteafgifte.</p>	Betere regeling	<ul style="list-style-type: none"> • Voorkomt te hoge weg te smoren druk bij de eindgebruiker(s). Deze is meestal niet bestand tegen de hoge druk en sluit niet meer, gevolg onnodige warmteafgifte; • Verminderung distributie-energie.

Benodigde ontwerpgegevens (volg de selectie en dimensioneringsprocedure fabrikant/leverancier)			
• $q_{v2,max}$; • $\Delta p_{p,max}$	• $q_{v1,100}$; • $\Delta p_{p,max}$	• $q_{v1,100}$; • $q_{v1,0}$; • $\Delta p_{RA,100}$	• $q_{v1,100}$; • $q_{v1,min}$; • Δp_p .

Plaats drukverschilmeting

De plaats van de drukverschilregeling ($\Delta p = \text{constant}$) heeft gevolgen voor het beschikbare drukverschil over de warmtegebruikers tijdens deellast en de haalbare energiebesparing als een toerengeregelde pomp wordt toegepast. In figuur K1 worden de verschillende situaties geschat voor de plaats van de drukverschilmeting en wordt een aanbeveling gedaan voor de veiligste plaats.



Figuur K1: Drukverschil bij een groep warmtegebruikers. De stippellijnen geven het drukverloop bij nullast voor drie verschillende posities (1, 2 en 3) van de drukverschilmeting $\Delta p = \text{constant}$

Plaats 3: Heeft geen zin betreffende drukvermindering van distributie-energie. Alleen toename pompdruk wordt verhinderd

Plaats 2: Maximale besparing distributie-energie, maar reële kans op een te laag drukverschil over de gebruikers 5, 4 en 3 tijdens deellast als deze vragend staan.

Plaats 1: Aanbevolen plaats in het geometrische midden van de schakeling. Nog geen garantie dat de gebruikers 5 en 4 geen te laag drukverschil krijgen aangeboden. Elke situatie apart beoordelen met een drukverliesberekening (ISSO 18) voor verschillende kritische deellastsituaties. Als de gemeenschappelijke buizen een laag drukverlies hebben wordt de plaats van het drukverschilmeeptpunt minder kritisch.

BIJLAGE L PLAATS EXPANSIEVAT OF DRUKREGELAAR

De plaats en voordruk van een expansievat of drukregelaar worden bepaald door:

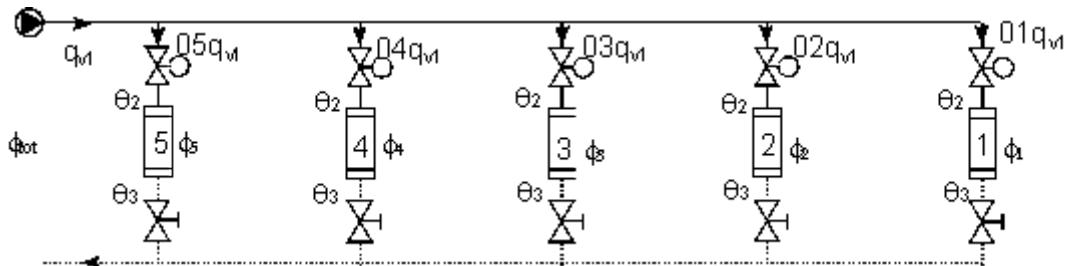
- De minimale overdruk in de installatie, bijvoorbeeld 200 kPa;
- Minimale aanzuigdruk circulatiepomp en verband met NPSH, zie bijlage F;
- Minimale druk inlaatcomponenten, bijvoorbeeld regelafsluiters of inregelafsluiters in verband met overzetting van statische druk in snelheidsdruk, waardoor dampvorming (cavitatie) kan ontstaan.

Plaats expansievat (systeem)

- Het expansievat dient in de onmiddellijke nabijheid van de zuigzijde van de pomp te worden geplaatst. Hierdoor kan in de zuigzijde nooit een lagere druk ontstaan dan de druk in het expansievat (200 kPa);
- Het hoogteverschil tussen het hoogste punt van de installatie en het expansievat moet altijd in rekening te worden gebracht voor bepaling van de voordruk in het expansievat (systeem).

BIJLAGE M GELIJKTIJDIG GELEVERD VERMOGENS EN HET INREGELEN VAN VOLUMESTROMEN

In het voorbeeld hoofdstuk 2.7 is uitgewerkt hoe met het begrip gelijktijdigheid van vermogens en de hieruit voortvloeiende vollastvolumestromen moet worden gewerkt. Hierbij is niet aangegeven op welke wijze de volumestromen door middel van inregelen over de radiatoren (warmtewisselaars) moet worden verdeeld. Met behulp van figuur M1 wordt de hiervoor te hanteren richtlijn gegeven.



Figuur M1 Groep radiatoren, waarbij we uitgaan van 1 radiator per vertrek

Wij gaan ervan uit dat elke radiator 1 tot en met 5 de warmtebehoefte in een vertrek dekt.

- Uit de warmteverliesberekening ISSO-4 volgt Φ_1 tot en met Φ_5 voor elk vertrek;
- Uit de berekening van het aansluitvermogen volgens ISSO-publicatie 4a volgt:

$\Phi_{tot} = f_{red} \cdot (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5)$	[W]	(M1)
---	-----	------

- De met inregelen in te stellen vollastvolumestromen zijn:

$01q_{v1} = \frac{f_{red} \cdot \phi_1}{p \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_3)}$	[m³/s]
---	--------

$02q_{v1} = \frac{f_{red} \cdot \phi_2}{p \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_3)}$	[m³/s]
---	--------

$03q_{v1} = \frac{f_{red} \cdot \phi_3}{p \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_3)}$	[m³/s]
---	--------

$04q_{v1} = \frac{f_{red} \cdot \phi_4}{p \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_3)}$	[m³/s]
---	--------

$05q_{v1} = \frac{f_{red} \cdot \phi_5}{p \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_3)}$	[m³/s]
---	--------

$q_{v1} = \frac{\phi_{tot}}{p \cdot c \cdot (\theta_2 - \theta_3)}$	[m³/s]
---	--------

Door deze afspraak in de opdracht vast te leggen kan geen misverstand ontstaan over welke volumestroom in vollast moet worden gemeten en/of ingesteld.

BIJLAGE N DRUKVERLIESGEGEVENS VAN BUIZEN EN HULPSTUKKEN

In principe dienen deze gegevens te worden berekend met ISSO-publicatie 18 'Leidingnetberekening'. Om snel inzicht te krijgen waar en wanneer een drukverlies significant is, worden in deze bijlage van een aantal componenten de drukverliezen gegeven. De cijfers zijn gebaseerd op ISSO-publicatie 18. De formules van ISSO-18 opnemen in een zogenaamde spreadsheet (computer) biedt ook veel ontwerpgemak.

Tabel N.1

Drukverlies in rechte buis [kPa/m]						
Buis diameter inwendig [mm] vlampijpen NEN 2323	Gevraagd vermogen in [kW]					
	10	50	100	500	750	1000
	q _v in [m ³ /h] bij Δθ = 20 K					
	0,44	2,19	4,39	21,9	32,9	43,9
17,3	0,24	5,1	19,9	483	1084	1924
28,5	0,02	0,39	1,5	35,3	78,9	139,8
43,1	0,003	0,05	0,18	4,1	9,1	16,1
70,3	0,0003	0,004	0,016	0,33	0,73	1,28

Ontwerprichtwaarde is ongeveer 0,15 kPa/m, de waarden die hierbij in de buurt komen zijn vetgedrukt.

Tabel N.2

Drukverlies in bochten 90 °C [kPa]				
Buisdiameter Inwendig [mm]	q _v in [m ³ /h]			
	0,44	2,19	4,39	21,9
17,3	0,074	X	X	X
28,5	X	0,2	X	X
43,1	X	X	0,14	X
70,3	X	X	X	0,39

De diameters en volumestromen in tabel N.2 volgen uit de vetgedrukte waarden van tabel N.1.

N.3 T-stukken 90 °C scherp

Diameters [mm]	Volumestromen [m³/h]	Verdelend	Verzamelend					
		Δp_{32}	Δp_{31}	1	Δp_{13}	Δp_{23}	$d_2 = d_3$	$d_1 \leq d_2$
$d_2 = [mm]$	$q_{v2} = [m^3/h]$		$\Delta p_{31} = [kPa]$		$\Delta p_{13} = [kPa]$			
$d_1 = [mm]$	$q_{v1} = [m^3/h]$		$\Delta p_{32} = [kPa]$		$\Delta p_{23} = [kPa]$			
17,3	0,4		0,15			0,0044		
17,3	0,1		0			-0,0057		
17,3	0,4		0,29			0,008		
17,3	0,3		0			0,146		
28,5	1,5		0,33			0		
22,3	0,5		0			0,12		
28,5	1,5		0,51			0,1		
28,5	1		0			0,24		
43,1	4		0,407			-0,06		
28,5	1		0			0,13		
43,1	4		0,76			0,214		
48,1	3		0			0,38		
70,3	19		1,2			-0,28		
43,1	4		-0,03			0,350		
70,3	19		2,5			0,78		
70,3	15		0			1,29		

Volumestromen gebaseerd op ontwerprichtlijnen volgens ISSO-publicatie 18.

$\Delta p \approx 150 \text{ Pa/m}$

$v \approx 0,5 \text{ tot } 1,5 \text{ [m/s]}$

Als de ontwerprichtlijnen worden gevuld, zijn bochten en verloopstukken niet de drukverliezen waar men zich in eerste instantie druk om maakt, T-stukken wel.

BIJLAGE O TE HANTEREN SYMBOLIEK EN CODERING

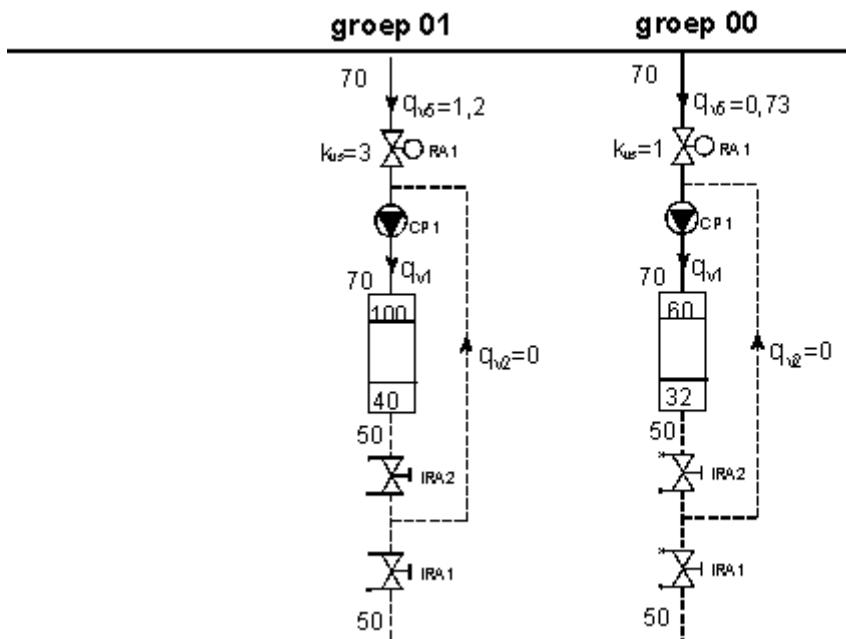
In deze publicatie zijn de hydraulische modulen en schakelingen getekend volgens het watervalprincipe. Deze tekenwijze met weglatting van de onnodige details zoals bochten of radiatorgroepen biedt snel inzicht in de werkwijze van de hydraulische schakeling. Een verdere verbetering van de leesbaarheid van de schema's wordt verkregen door:

Temperatuur en drukmeetpunten niet eenvoudig door te nummeren, maar één getal te reserveren voor bijvoorbeeld ingaande- en uitgaande temperaturen. Het onderscheid tussen meerdere in- of uitgaande temperaturen van bijvoorbeeld warmtewisselaars wordt verkregen door de warmtewisselaars te nummeren of in groepen op te delen en deze groepen te nummeren. Deze methode van nummering is toegepast bij de modulen en hydraulische schakelingen in deze publicatie.

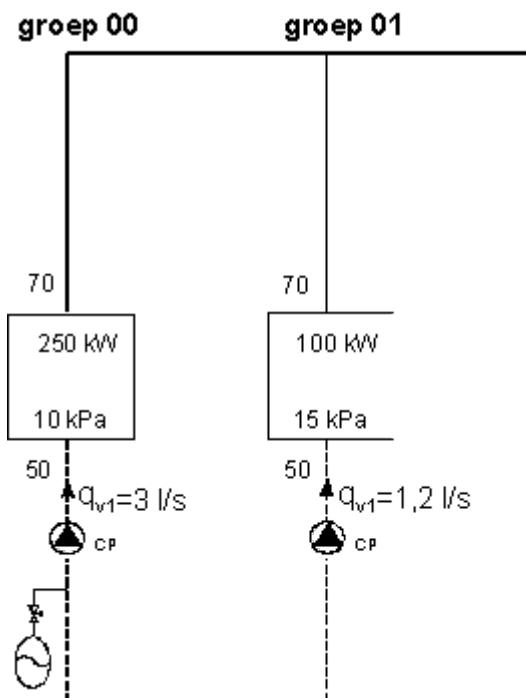
Noodzakelijk om een hydraulisch schema te begrijpen is dat hierbij vermeld worden:

- Temperaturen;
- Volumestromen;
- Vermogensapparaten;
- Drukverliesapparaten;
- k_{vs} -waarden regelafsluiters.

In onderstaande hydraulische schema's voor warmtegebruikers en warmteopwekkers zijn als voorbeeld de genoemde symboliek en codering toegepast.



Figuur O.1. Twee parallel geschakelde gebruikermodulen met de benodigde gegevens op de hiervoor gereserveerde plaatsen. De ingaande watertemperatuur van groep 00 is dus $00\theta_1 = 70^\circ\text{C}$ en de uit de warmtewisselaars komende temperatuur $00\theta_2 = 50^\circ\text{C}$. Het opgenomen vermogen van groep 00 is 60 [kW] en het drukverlies over de warmtewisselaars is 32 [kPa], wat in de rechthoek symbool voor warmtewisselaar(s) is weergegeven.



Figuur 02 Twee parallel geschakelde opwekkers groep 01 en groep 02. De uitgaande watertemperatuur van groep 01 is $01\theta_2 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$ en de ingaande watertemperatuur voor de opwekker is $00\theta_3 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$. De uittredetemperatuur van de opwekkermoduul 00 is $00\theta_1 = 70 \text{ } ^\circ\text{C}$.

LITERATUURLIJST

[1]	ISSO-publicatie 31 'Meetpunten en meetmethoden voor klimaatinstallaties zonder koelen', 1e druk, Rotterdam 1995.
[2]	ISSO-publicatie 42 'Meetpunten en meetmethoden voor klimaatinstallaties met koelen, 1e druk, Rotterdam 1998 (in voorbereiding).
[3]	ISSO-werkrapport 'Analyse subschakelingen (modulen) voor verwarmen', ISSO, 1998.
[4]	J.C. Aerts, 'Hydraulische schakelingen voor klimaatregelingsinstallaties; de invulling van een kennisleemte binnen het vakgebied', deel 1 en deel 2, Verwarming & Ventilatie juni/juli 1994.
[5]	ISSO-werkrapport 'Wiskundige modellen voor berekening van de volumestromen in hydraulische subschakelingen', 6 juni 1996, Rotterdam.
[6]	J.H. Berger, 'Notitie rekenen aan opwekker(s)', juni 1997.
[7]	ISSO-publicatie 18 'Leidingnetberekening', Rotterdam, 1987.
[8]	ISSO-publicatie 38 'Handboek Warmtepompen', 1e druk, Rotterdam 1996.
[9]	A.C. de Vries, 'Onjuiste hydraulische schakeling toch populair', Verwarming & Ventilatie, juni 1994.
[10]	ISSO-werkrapport 'Eigenschappen van warmtewisselaars', ISSO, 1998.
[11]	TU-Delft, Klimaatregeling B, Vakgroep Proces en Energie, Koudetechniek en Klimaatregeling, 1995.
[12]	H. Bach, 'Niedertemperaturheizung', Verlag C.F. Müller Karlsruhe, 1981.
[13]	J. van Berkel 'Ontwerprichtlijnen voor thermisch gelaagde opslag van lage temperatuur warmte en koude', level energietechniek, 1991.
[14]	K. Locher, 'Die Bedeutung und Bemessung der Rücklaufschleife bei einem Heizungssystem', Schweizerische Blätter für Heizung und Luftung.
[15]	H.J. van der Tholen en J.H.F. Wesseling 'Het gebruik van instelbare meetafsluiters bij het statisch inregelen van waterdebieten', Klimaatbeheersing, nr. 11, 1982.
[16]	TVVL-rapport, 'Gebouwinstallaties aansluiten op stadsverwarming', 1995.
[17]	Gasunie-rapport, 'Inpassen warmte/kracht van c.v.-systemen', Nederlandse Gasunie, Groningen, 1995.
[18]	VDI 2068 'Mes-, Überwachungs - und Regelgeräte in Heizungstechnischen Anlagen mit Wasser als Wärmeträger', 1974.
[19]	VDI/VDE 2173 'Stromungstechnische Kenngrößen von Stellventilen und deren Bestimmung', 1962.
[20]	DIN IEC 5334, deel 2-1, 'Stellventile für die Prozesreglung Durchfluskapacität', juni 1984.
[21]	H. Roos, 'Dimensionierung von Dreiwegarmaturen', 1972, HLH, nr.1.
[22]	ISSO-publicatie 10 'Vloerverwarming', 2e druk, 1985.