

TNO-rapport
TNO-MEP – R 2000/035

TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie

TNO-MEP
Business Park E.T.V.
Laan van Westenenk 501
Postbus 342
7300 AH Apeldoorn

Telefoon: 055 549 34 93
Fax: 055 541 98 37
Internet www.mep.tno.nl

Standaard Opzet Monitoring Warmtepompen in de Utiliteit

Datum
januari 2000

Auteur(s)
Ir. N.R. Bootsveld
Ir. C.P.J.M. Geelen

Projectnummer
29642

NOVEM projectnummer
345.204/9801

Trefwoorden
– standaard
– monitoring
– warmtepompen
– utiliteitsbouw

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar
gemaakt door middel van druk, foto-
kopie, microfilm of op welke andere
wijze dan ook zonder voorafgaande
toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
Algemene Voorwaarden voor onder-
zoeksopdrachten aan TNO, dan wel
de betreffende terzake tussen de
partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het
TNO-rapport aan direct belang-
hebbenden is toegestaan.

© 1999 TNO

Bestemd voor
Novem
Ir. M. Dieleman
Ing. R.B.H. Ravelli

Het kwaliteitssysteem van TNO Milieu, Energie en
Procesinnovatie voldoet aan ISO 9001.

TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie is een nationaal en
internationaal erkend kennis- en contractresearch instituut
voor bedrijfsleven en overheid op het gebied van duurzame
ontwikkeling en milieu- en energiegerichte procesinnovatie.

Nederlandse Organisatie voor toegepast-
natuurwetenschappelijk onderzoek TNO

Op opdrachten aan TNO zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, zoals
gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank en de
Kamer van Koophandel te 's-Gravenhage.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Verantwoording en doelstelling.....	4
1.2	Gebruiksaanwijzing	4
1.3	Toepassingsgebied.....	5
2.	Proces	6
2.1	Organisatie.....	6
2.2	Activiteiten	7
3.	Vaststellen te meten energiestromen	10
3.1	Algemeen	10
3.2	Optionele modules	11
4.	Warmtepompinstallatieconcepten.....	12
4.1	Indeling van de warmtepomp op locatie en functie.....	12
4.2	Indeling naar secundaire media	12
5.	Opzet meetsysteem.....	14
5.1	Algemeen	14
5.2	Meetpuntvoorschriften.....	14
5.2.1	Warmtemeting	14
5.2.2	Temperatuurmeting	15
5.2.3	Volumestroommeting.....	15
5.2.4	Elektriciteitsverbruiksmeting	16
5.2.5	Gasverbruiksmeting.....	16
5.2.6	Data-acquisitiesysteem.....	16
6.	Uitvoering metingen.....	17
6.1	Beproeving van het meetsysteem	17
6.2	De Metingen	17
7.	Evaluatie en resultaten	18
7.1	Verwerking meetgegevens.....	18
7.2	Berekening resultaten	18
7.3	Rapportage.....	18

Bijlagen	Tabnr.
A Definities en warmtepompterminologie	1
B Format Projectinformatie	2
C Keuzetabel	3
D Universeel schema en definitie energiestromen	4
E Schema's verwarmen	5
F Schema's verwarmen en koelen	6
G Optionele modules	7
H Monitoring van water/lucht- en lucht/watersystemen	8
I Format presentatie monitoring resultaten	9
J Kenmerken flowmeters	10

1. Inleiding

1.1 Verantwoording en doelstelling

Warmtepompsystemen worden steeds vaker toegepast en bieden gebruikers een kansrijke en duurzame optie voor energie- en milieubesparing. Voor de overheid zijn warmtepompen één van de mogelijkheden om te voldoen aan internationale afspraken over de vermindering van de uitstoot van broeikasgassen.

Het functioneren van warmtepompsystemen is beter bekend onder testomstandigheden dan onder gebruiksomstandigheden. Echter, juist bij warmtepompen heeft de wijze van inzet grote invloed op het totale systeemrendement van de installatie. Dus van groot belang is voldoende inzicht in de werking van warmtepompen in de dagelijkse praktijk, bij installateurs, fabrikanten en gebruikers. Eenduidige monitoring kan daaraan een bijdrage leveren door uniforme definities van termen en grootheden, een gestandaardiseerde werkwijze en een inzichtelijke rapportage. Dit handboek is ontwikkeld in opdracht van Novem en beschrijft een Standaard Opzet voor het Monitoren van WarmtePompsystemen in de Utiliteit (SOM-WP-U). Het doel is een standaard werkwijze om te achterhalen hoe warmtepompen functioneren onder gebruiksomstandigheden in het systeem waarin ze zijn geïmplementeerd.

De SOM-WP-U is een instrument, dat pas resultaat behaalt als het wordt ingezet. De volgende eisen worden daarom onderscheiden:

- goede onderlinge vergelijkbaarheid van de prestaties van warmtepompsystemen;
- voldoende informatie voor beoordeling van de prestaties en het functioneren van een warmtepompsysteem;
- kosteneffectieve metingen en geautomatiseerde datacollectie;
- leidend tot een leereffect voor adviesbureaus, projectontwikkelaars, energiedistributiebedrijven, leveranciers en grotere installateurs;
- toepasbaar op zo veel mogelijk in de praktijk voorkomende warmtepompsystemen in de utiliteit, waaronder elektrische en met gas aangedreven warmtepompen en reversibele warmtepompen (koeling);
- toegankelijke methodiek;
- reproduceerbaar: uitvoering door verschillende instanties geeft een gelijkwaardig resultaat;
- modulair van opzet, zodat wijzigingen relatief eenvoudig door te voeren zijn;
- resultaten inzichtelijk te communiceren;
- goede documentbeheersing.

1.2 Gebruiksaanwijzing

Dit handboek bestaat uit een hoofdtekst die de stappen beschrijft die met de bijlagen kunnen worden uitgevoerd. Het handboek is modulair, evenals de benadering

van het voortbrengingsproces bij de uitvoering van monitoring. Aan de orde komen achtereenvolgens de voorbereiding en de organisatorische aspecten, vertaling van de praktijksituatie naar een uniform schema, opzet en uitvoering van de metingen, de evaluatie en de rapportage. Een lijst van veel gebruikte termen en grootheden is in bijlage A opgenomen.

1.3 Toepassingsgebied

De methodiek is opgezet voor elektrische en gasgestookte warmtepompsystemen, toegepast in utiliteitsbouwprojecten voor ruimteverwarming, warmtapwatervoorziening en koeling. Systemen waarbij de warmtepomp omkeerbaar is ten behoeve van actieve koeling vallen dus binnen het kader van deze SOM-WP-U, evenals systemen waarbij regeneratie van de bodem, als bron voor de warmtepomp, door bijvoorbeeld topkoeling of zonnewarmte plaatsvindt.

De monitoring beperkt zich in de basisvorm aan de *afgiftekant* tot het meten van de hoeveelheid warmte die voor ruimteverwarming en/of warm tapwater wordt geleverd of die bij koeling wordt afgevoerd. Van de *energietoever* worden de verbruiken gemeten voor de aandrijving van de warmtepomp, de eventuele bijstookenergie en de hulpenergie. De metingen omvatten verder, ter beoordeling van de COP, het temperatuurniveau aan de verdamperzijde en aan de condensorzijde.

De basis-monitoring is dus met name gericht op het energie-omzetsysteem waar de warmtepomp deel van uit maakt, inclusief de verliezen van bijvoorbeeld voorraadvaten of de verbruiken van pompen.

Daarnaast is het mogelijk door middel van aanvullende modules deelsystemen te monitoren of bijvoorbeeld distributieverliezen te bepalen.

Er wordt vanuit gegaan dat de wp-installatie conform het bestek opgeleverd en goed ingeregeld is. Een opleveringsbeproeving van de wp-installatie is géén onderdeel van deze procedure: Die is bij alle wp-projecten noodzakelijk en valt onder verantwoordelijkheid van de installateur of leverancier van de warmtepompinstallatie. Trouble-shooting valt buiten het kader van de SOM-WP-U, alhoewel de resultaten van de monitoring activiteit daar, onverhoopt, wel aanleiding toe kunnen geven.

De samenstellers verwachten dat de SOM-WP-Utiliteit een wezenlijke bijdrage zal leveren aan de zinvolle toepassing van warmtepompen in de utiliteitsbouw. Zij zouden er zeer bij gebaat zijn, indien u uw ervaringen bij het gebruik van dit boek aan hen kenbaar zou willen maken. Die kunnen dan bij een eventuele nieuwe uitgave meegenomen worden. U kunt uw reacties sturen naar:

Ir. C.P.J.M. Geelen,
TNO-MEP, Afdeling Koudetechniek en Warmtepompen,
Postbus 342, 7300 AH Apeldoorn

2. Proces

2.1 Organisatie

Ideaal gesproken kan uitvoering van monitoring van een warmtepompsysteem het beste worden beschouwd als een integraal onderdeel van het proces van plaatsing van een warmtepomp. Door de monitoring in een vroeg stadium van de projectontwikkeling mee te nemen kunnen de kosten beheerst worden en kan al in de ontwerpfase rekening worden gehouden met de eisen en wensen die ontstaan vanuit de monitoring. Te denken valt aan voldoende rechte lengtes voor en na flowmeters, meetpunten voor temperaturen en de aanleg van de kabelinfrastructuur. In de praktijk wordt echter vaak pas laat besloten tot monitoring en dan zullen ad hoc beslissingen niet te voorkomen zijn.

Voor een goed verloop van de monitoring zijn een aantal organisatorische aspecten van belang. De organisatie is vergelijkbaar met die van elk willekeurig installatietechnisch project. Het beslisproces zal een traject doorlopen dat vrijwel gelijk is aan het bouw- en installatieproces en dient zo veel mogelijk parallel hieraan te lopen.

Uitgaande van nieuwbouw zijn bij de projectorganisatie de volgende partijen betrokken:

- opdrachtgever bouw;
- opdrachtgever monitoring;
- adviseur installaties;
- adviseur monitoring;
- installateur;
- aannemer bouw;
- gebruikers.

Iedere partij heeft zijn eigen specifieke inbreng in een of meerdere projectfasen. Sommige activiteiten kunnen worden gecombineerd en door dezelfde partij worden uitgevoerd (bijv. opdrachtgever bouw en monitoring); andere taken, zoals bijvoorbeeld informatie naar de gebruikers, kunnen gedelegeerd zijn aan een make-laar. Het is aan te bevelen de betrokken partijen minimaal een of twee keer uit te nodigen voor een overleg- of bouwteamvergadering in de voor die partij relevante projectfase en voor zover zij niet standaard aan het bouwoverleg deelnemen.

Een bouwproject wordt volgens de MKK-systematiek in projectfasen ingedeeld. In onderstaand overzicht zijn de de aandachtspunten bij de opzet en uitvoering van de monitoring gerelateerd aan de MKK-systematiek.

MKK-fase Haalbaarheid

- onderzoek naar de wenselijkheid en/of mogelijkheid tot monitoring
- beslissing wel of niet monitoren
- indien mogelijk: informatie naar bewoners of naar de organisatie die de woningen gaat verkopen/verhuren

MKK-fase Systeemontwerp

- keuze uitgebreidheid monitoring; definitie meetsysteem voor monitoring
- vastlegging informatie en terugkoppelingsprocedure bewoners
- afbakening systeemgrenzen t.b.v. bestekken (wie neemt welke onderdelen op?)

MKK-fase Bestek

- keuze meet- en data-acquisitie apparatuur
- voeding meet- en data-acquisitie apparatuur
- extra telefoonlijn
- fysieke ruimte (bouwkundig bestek)
- loze leidingen/mantelbuizen (bouwkundig bestek)
- meetkabels (installatie bestek)
- meetapparatuur in installatie (installatie bestek)
- eventuele passtukken voor flowmeters

MKK-fase Uitvoering

- aanbrengen van monitoringinstallatie
- uitvoeringsbegeleiding: vooroverleg met betrokkenen, minimaal een inspectie tijdens de montage, voor-opleveringsinspectie

MKK-fase Oplevering

- controle op bestek-eisen

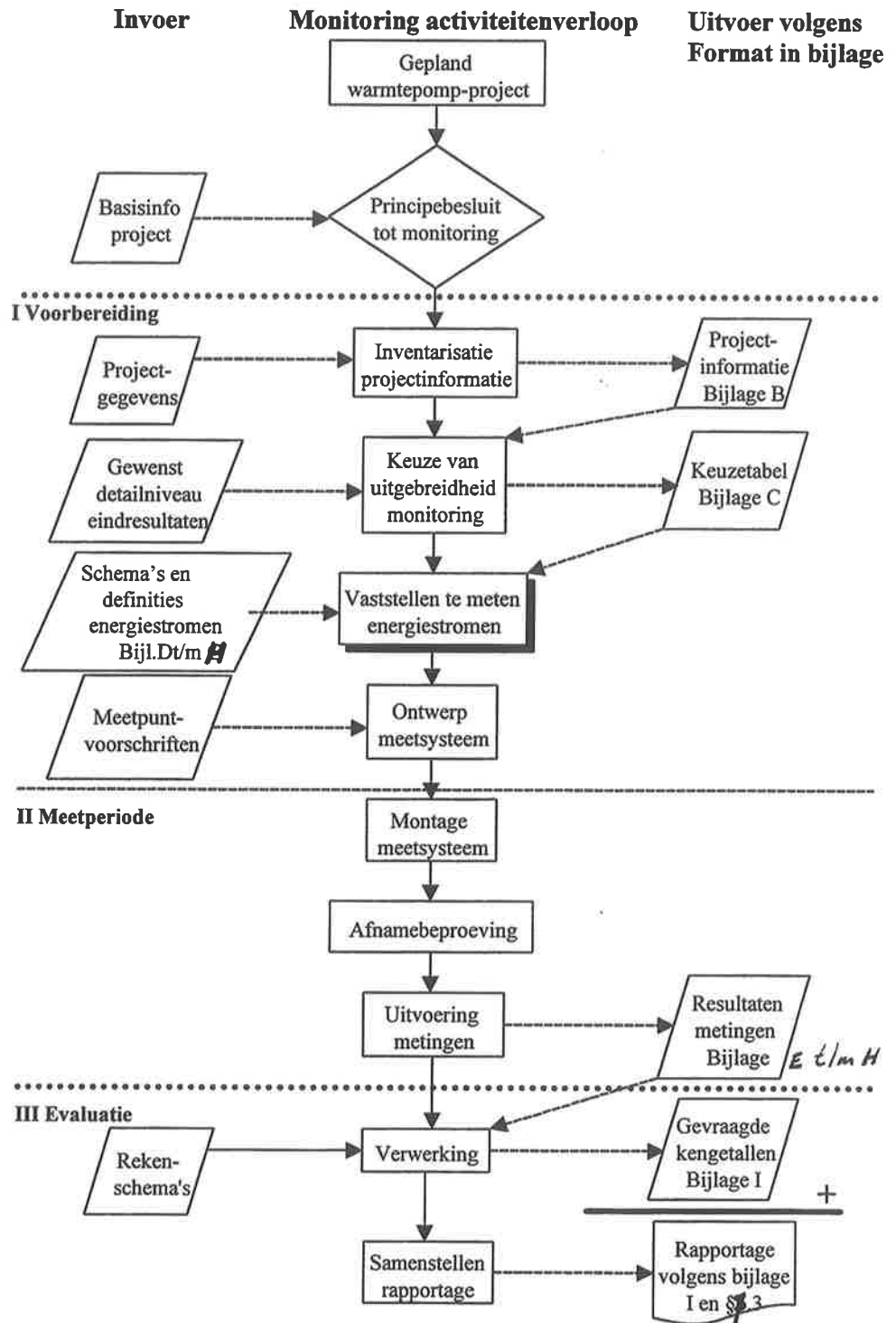
MKK-fase Gebruik

- gebruikersinstructie
- controle op energiegebruik/COP mogelijk
- bewonersenquête
- eventueel herhaling bewonersenquête
- informatiepunt voor bewoners
- informatie naar centraal monitoring coördinatiepunt (landelijk)
- na beëindigen monitoringperiode: in oorspronkelijke staat herstellen van de installatie

2.2 Activiteiten

Het verloop van de activiteiten die plaatsvinden in het kader van een te monitoren project, is weergegeven in Figuur 1. In de linker kolom staat aangegeven welke informatie in de betreffende stap gebruikt wordt. In de middelste kolom staan de activiteiten in chronologisch volgorde. Tenslotte staan in de rechter kolom de schriftelijke resultaten die volgen uit de activiteiten in de middelste kolom. Deze schriftelijke resultaten vormen samen de kern van de rapportage van het monitoringsproject.

Het blok "vaststellen te meten energiestromen" bestaat uit een aantal belangrijke deelstappen die worden toegelicht in hoofdstuk 3.



Figuur 1 Activiteitenverloop monitoring

In de voorbereidingsfase dient de projectinformatie te worden verzameld volgens bijlage B. Met deze informatie en de gewenste mate van detail die de opdrachtgever wenst in de eindresultaten, kan dan de keuzetabel (bijlage C) worden ingevuld. In feite kiest hij op basis van de mogelijkheden in de gegeven situatie een aantal modules uit SOM-WP-U. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 3.2.

3. Vaststellen te meten energiestromen

3.1 Algemeen

Voor het vaststellen van de te meten energiestromen en hoe deze uit te werken, is een uniform principe-schema ontworpen (bijlage D). Doel van dit schema is om de energiestromen in een willekeurige warmtepompinstallatie te kunnen vertalen naar uniforme definities, waarmee de benodigde berekeningen op de juiste wijze kunnen worden uitgevoerd. In dit schema zijn alle relevante warmtestromen en de aandrijfenergiestromen in kaart gebracht. Warmtestromen zijn in als positieve pijlen weergegeven. Bij koeling betekent dit dat warmte vanuit het gebouw naar de warmtepomp/koelinstallatie verplaatst wordt. Uit het schema kunnen door het weglaten van onderdelen die niet van toepassing zijn, de schema's van de meeste in de praktijk voorkomende installaties worden afgeleid.

De definities van de energiestromen zijn opgenomen in bijlage D1. Hierin is ook aangegeven welke energiestromen gemeten moeten worden voor de verschillende basisrekeningschema's en de optionele modules. Samen met de keuzetabel uit bijlage C ligt nu dus vast welke energiestromen gemeten moeten worden.¹

De hier geïntroduceerde systematische nummering wordt ook gebruikt bij de verwerking van de meetresultaten. Indien de monitorende instantie besluit deze nummering uit te breiden moet dit herleidbaar zijn naar de uniforme indeling en helder worden vastgelegd. De nummering van warmtestroom "xy" houdt in dat er een positieve warmtestroom is van "x" naar "y"; "x" vertegenwoordigt de warmteleverancier, "y" de warmte-ontvanger. Hierbij is de volgende nummering aangehouden:

1. Warmtepomp
2. Aanvullende warmteleverancier (cv-ketel of elektrische bijstook)
3. Aanvullende koudeleverancier (koelmachine)
4. Som van alle hulpenergie (pompen en ventilatoren)
5. Vrije koeling (natte of droge koeltoren, ook voor het laden van koude in de bodem)
6. Bron/opslagsysteem voor de warmtepomp (vaak een open of gesloten bodemsysteem)
7. Warmtevraag van het gebouw
8. Koudevraag van het gebouw
9. Zon als warmtepompbron of regenerator van de bodem. Voorbeelden zijn een energiedak en eventuele zonnecollectoren)

Uit het uniforme schema zijn twee basisschema's afgeleid: één voor verwarmen en één voor verwarmen en koelen. Deze basisschema's zijn samen met de bijbehorende rekenschema's opgenomen in bijlage E en bijlage F.

¹ Een uitzondering vormen WP-systemen met water/lucht of lucht/water als transportmedia. Deze worden behandeld in § 4.2.

Voor alle principe-schema's geldt dat de donker aangegeven warmtestromen noodzakelijk zijn om de vereiste kengetallen te kunnen bepalen. De licht aangegeven warmtestromen zijn van belang voor de optionele modules die gekozen kunnen worden in bijlage C en opgenomen zijn in bijlage G. Verliezen zijn alleen aan de gebruikerskant weergegeven omdat deze normaal gesproken daar het meest significant zullen optreden. Gedacht wordt aan verdeelsystemen, buffers en dergelijke. In de optionele modules is de mogelijkheid opgenomen om in specifieke situaties ook de verliezen op andere plaatsen in het systeem te registreren.

3.2 Optionele modules

Naast de basisschema's en de bijbehorende rekenschema's zijn optionele modules opgenomen in bijlage G. Deze modules zijn bedoeld voor extra informatie van componenten, of voor de monitoring van extra componenten die in de installatie aanwezig zijn. Elke module is geplaatst op één pagina met een principe-schema en een rekenschema.

Aan het begin van bijlage G is een tabel opgenomen waarin is aangegeven of de betreffende module ook kan worden toegepast wanneer sprake is van een water/lucht of lucht/water warmtepomp (zie ook paragraaf 4.2).

De in een module genoemde warmtestromen vanaf of naar componenten die niet aanwezig zijn worden op nul gesteld.

4. Warmtepompinstallatieconcepten

Voor de beoordeling van de resultaten van monitoring is inzicht in het toegepaste WP-installatieconcept van belang. Er zijn een groot aantal verschillende warmtepomp-installatieconcepten en indelingen daarvan denkbaar.

4.1 Indeling van de warmtepomp op locatie en functie

Eén manier van indelen van warmtepompconcepten is gebaseerd op de gevolgen op het systeemontwerp van de omvang van het voorzieningsgebied en de functie van de warmtepomp. Deze indeling dient om het grote aantal verschillende in de praktijk gerealiseerde wp installaties te vertalen naar meer algemene concepten en is van belang voor de beoordeling van de prestaties van een warmtepompsysteem. SOM-WP-U voorziet in monitoring van de genoemde WP-concepten op de in tabel 1 aangegeven wijze.

Tabel 1 Overzicht te gebruiken basisschema en optionele modules voor monitoring van WP systemen bij verschillende installatieconcepten volgens voorzieningsgebied en functie.

Voorzieningsgebied → Functie ↓	Centraal (wijk)	Ketelhuis (in gebouw)	Alleen in vertrek
Ruimteverwarming	"Basis-verwarmen"	"Basis- verwarmen"	"Basis- verwarmen"
Tapwaterverwarming	+		
Ruimteverwarming en tapwaterbereiding	"distributieverliezen warmtelevering"		
Gecombineerde koeling en verwarming	"Basis-verwarmen en koelen" + "distributieverliezen warmtelevering" + "distributieverliezen koudelevering"	"Basis- verwarmen en koelen"	

Bij combinatie van centrale en decentrale warmtepompen dient de SOM-WP-methodiek voor zowel het centrale als het decentrale deel afzonderlijk te worden toegepast.

4.2 Indeling naar secundaire media

Een ander indelingscriterium van verschillende warmtepomp-installatieconcepten is het gebruikte medium om warmte aan- en af te voeren.

De warmtepomp met aan de bron- en de afgiftezijde een waterstroom is het meest toegepaste concept in de utiliteit. Grondwater wordt door de verdampers geleid en

teruggevoerd in de bodem. Ook wordt wel een water/glycol mengsel gebruikt dat warmte onttrekt aan de bodem in een bodemwarmtewisselaar. Aan de afgiftezijde wordt warm water naar het gebouw gevoerd, al dan niet langs een bijstookinstallatie. Bij dit concept worden de warmtehoeveelheden bepaald uit de massastromen en de temperaturen. Vanwege de vaak kleine temperatuurverschillen tussen aanvoer- en retourtemperatuur is extra aandacht nodig voor de nauwkeurigheid van de temperatuurmetingen.

De water-lucht warmtepomp betreft een warmtepomp die water gebruikt als warmtebron en die zijn warmte afgeeft aan lucht. De opgenomen warmte aan de bronzijde wordt vastgesteld door een warmtemeting over de waterstroom. De hoeveelheid warmte aan de luchtzijde kan praktisch niet worden gemeten en wordt daarom *berekend* uit de energiebalans over de warmtepomp. Hoe dit uitgevoerd moet worden is vastgelegd in bijlage H.

De lucht-water warmtepomp is vooral bekend als de warmtepompboiler. Hij bestaat dan uit een warmtepomp die alleen in de warm-tapwaterbehoefte voorziet. Meestal is de condensor in een boiler geplaatst. De meest gebruikte bron is de ventilatielucht uit de woning. De boiler kan van een elektrisch bijstookelement zijn voorzien. Ook voor deze warmtepomp geldt dat meting van de hoeveelheid warmte aan de luchtzijde praktisch niet uitvoerbaar is en daarom moet worden berekend uit de aandrijfenergie van de warmtepomp en de gemeten warmte aan de waterzijde.

Lucht-lucht warmtepompen onttrekken warmte aan de buitenlucht of een andere luchtstroom en geven aan de condensorzijde warmte af aan lucht die gebruikt wordt in het gebouw. Het kan daarbij gaan om een “gewone” warmtepomp die warmte afgeeft aan ventilatielucht, of om DX-systemen, waarbij het koudemiddel nadrukkelijk gebruikt wordt als warmtetransportmedium. Voor de monitoring vormen deze systemen een probleem omdat het meten van de energiestromen veel complexer wordt. Ze zijn daarom niet opgenomen in dit handboek.

In het algemeen geldt dat bij aanwezigheid van een luchtstroom aan één zijde van een component, onderzocht moet worden of de warmtestroom in die luchtstroom afgeleid kan worden uit de energiebalans over de component. De andere onderdelen van de energiebalans moeten dan wel goed gemeten kunnen worden. Als het niet mogelijk is op deze wijze de onbekende warmte-inhoud van een luchtstroom te bepalen, dan is monitoring van die energiestroom praktisch onmogelijk. Voor de basisrekenchema's is deze werkwijze middels enkele rekenmodules uitgewerkt in bijlage H. (in de basisrekenchema's wordt naar deze modules verwezen).

5. Opzet meetsysteem

5.1 Algemeen

Waar mogelijk mogen energiestromen bij de meting gebundeld worden. Dit geldt bijvoorbeeld voor de hulpenergie, want die wordt bij de verwerking van de metingen gesommeerd.

Sommige aparte vermelde energie- en warmtestromen kunnen met één meter gemeten worden, omdat ze door dezelfde leiding gaan en niet gelijktijdig plaatsvinden (zie ook § 5.2.1). Dit geldt voor de warmtestromen 15, 16 en 17. Bij dataacquisitie moet dan wel het moment van omschakeling geregistreerd worden.

Bij de meting van de aandrijfenergie dient deze uitgesplitst te worden naar de bedrijfstoestand van de warmtepomp: alleen warmtelevering, alleen koudelevering en gecombineerde warmte- en koudelevering.

5.2 Meetpuntvoorschriften

In dit hoofdstuk worden naast de voorschriften waaraan meetapparatuur moet voldoen ook een aantal praktische aanbevelingen gedaan.

5.2.1 Warmtemeting

Warmtemeting is een combinatie van twee temperatuurmetingen en een massastroommeting (middels een volumestroommeting).

Deze worden afzonderlijk behandeld in de hierna volgende paragrafen.

Complete warmtemeters dienen te voldoen aan prEN1434 klasse 2 of beter.

Voor de temperatuurmeting moeten gepaarde PT100's gebruikt worden met een nauwkeurigheid van 5/100 °C bij een $\Delta T < 5^\circ\text{C}$.

Tips & Trucs

Warmtemeters moeten rekenen bij elke herkenbare ΔT . Warmtemeters voor huishoudelijke toepassingen beginnen vaak pas te rekenen bij een ΔT van enkele graden Celsius. Dat is voor warmtepomptoepassingen ongeschikt.

De warmtemeter moet rekening houden met de samenstelling van het vloeistofmedium. Bij meting aan de bronzijde moet dus bekend zijn welke concentratie glycol daadwerkelijk aanwezig is en welk type glycol gebruikt is. Dit moet worden ingevoerd in de warmtemeter.

De warmtemeter moet kunnen rekenen met een negatieve ΔT . Deze mogelijkheid is vaak geblokkeerd, maar is van belang bij omkeerbare systemen.

De kleinst uitgestuurde energiehoeveelheid moet klein genoeg zijn om het dynamisch verloop in de tijd te kunnen volgen.

De warmtemeter moet correct kunnen communiceren met het data-acquisitiesysteem.

Gebruik niet uitsluitend batterijvoeding maar ook netvoeding.

5.2.2 Temperatuurmeting

Meting en inbouwvoorschrift volgens ISSO-31 par 6.1.11, methode a

Apparatuur t.b.v. temperatuurmeting volgens ISSO-31 par. 6.2.1
Temperatuurmeters dienen te voldoen aan prEN1434.

Tips & Trucs

Als alternatieve en voor monitoring erg praktische wijze van inbouwen kan gekozen worden voor inbouw in een daarvoor geschikte kogelkraan. Het voordeel is de de in- en uitbouw plaats kan vinden in de gesloten stand van de kraan, waardoor er geen wijziging aan de installatie zelf hoeft plaats te vinden.

Temperatuurvoelers moeten voor afstand gecompenseerd zijn door òf de kabels niet in te korten, òf het 4 leidersysteem te gebruiken.

Gebruik bij voorkeur voelers die in direct contact staan met de vloeistofstroom. Indien dit niet mogelijk is, gebruik dan zo klein mogelijke dompelbuizen en een warmtegeleidende pasta.

5.2.3 Volumestroommeting

Inbouwvoorschrift volgens:

1. opgave fabrikant;
2. ISSO-31 par. 6.1.9

Apparatuur volgens ISSO-31 par. 6.2.3

Volumestroommeters dienen te voldoen aan prEN1434 klasse 2 of beter.

Tips & Trucs

Kenmerkende eigenschappen van voor monitoring relevante flowmeters zijn opgenomen in bijlage J

5.2.4 Elektriciteitsverbruiksmeting

Toegepast kunnen worden:

1. Gewone roterende kWh meter met puls; deze dient exact verticaal geplaatst te worden, anders treden afwijkingen op.
2. Elektronische kWh-meter zonder bewegende delen (solid state);

5.2.5 Gasverbruiksmeting

Afhankelijk van het benodigde meetbereik kunnen toegepast worden:

1. Standaard balgengasmeter voorzien van een pulsuitgang van minimaal 1 puls per 10 liter gas.
2. Roterende gasmeters. Deze moeten voorzien zijn van een turbinerem, omdat deze meters een naloop hebben, die bij een snel schakelende installatie leidt tot een systematische meetfout.

De metingen dienen voor calorische waarde, druk en temperatuur gecorrigeerd te worden. Hiervoor dienen de correctiefactoren van het Energiedistributiebedrijf voor de betreffende periode worden gehanteerd.

De nauwkeurigheid dient te voldoen aan de Nationale ijkregeling.

5.2.6 Data-acquisitiesysteem

Aan het gebruik van het data-acquisitiesysteem worden geen formele eisen gesteld. Uiteraard dient het betrouwbaar te zijn en geschikt voor het doel.

Tips & Trucs

Gebruik van een PC-gebaseerd systeem wordt afgeraden vanwege gevoeligheid voor storingen, fraude en vandalisme.

Bewaar voldoende data om de gewenste nauwkeurigheid te bereiken, waarbij de hoeveelheid data nog goed verwerkt moeten kunnen worden. Een praktisch compromis is data elke 10 minuten te bewaren en deze door het data-acquisitiesysteem al te laten verwerken tot dagtotalen.

Een bussysteem biedt voordelen als betrouwbaarheid en de mogelijkheid meer gegevens over één kabel te verwerken. Aandachtspunt is of het gebruikte protocol ondersteund wordt door alle geselecteerde apparatuur.

6. Uitvoering metingen

6.1 Beproeving van het meetsysteem

Zodra de installatie is opgeleverd en het meetsysteem geïnstalleerd is, moet het meetsysteem gecontroleerd worden op goede werking. Tegelijkertijd ontstaat een eerste indruk over het functioneren van het warmtepompsysteem. Het meetsysteem wordt gecontroleerd door gedurende een dag het verloop van de meterstanden te volgen en vast te leggen. Aandachtspunten bij de controle van het meetsysteem zijn ondermeer:

- Zijn de gemeten waarden plausibel? Op deze manier kan men onder andere verifiëren of de flowmeter en de ΔT -meter van de warmtemeter correct zijn aangesloten en of het systeem naar behoren functioneert.
- Worden de meetgegevens correct geregistreerd, verwerkt en opgeslagen?
- Zijn alle voedingen aangesloten?

Het verdient aanbeveling om na een week het project nogmaals te bezoeken en het op bovenstaande punten te controleren. Deze lijst is overigens niet compleet te maken. Het is van belang om met name dit soort werkzaamheden door ervaren mensen te laten uitvoeren.

6.2 De Metingen

Als alles naar behoren functioneert, zijn de metingen zelf relatief eenvoudig. De meetgegevens moeten worden geregistreerd volgens het bijgevoegde format in bijlage *E t/m H*.

7. Evaluatie en resultaten

7.1 Verwerking meetgegevens

De verwerking van de meetgegevens houdt in dat ze worden geaggregeerd tot maand of jaarcijfers, naar opdracht van de opdrachtgever. Zie hiervoor bijlage.

7.2 Berekening resultaten

Voor de berekeningen van de resultaten wordt verwezen naar de daarvoor opgestelde uniforme rekenschema's. Afhankelijk van het aanwezige warmtepompsysteem en de functie kan één van beide basis-schema's worden gekozen. Daarnaast zijn aanvullende modules opgenomen voor het vaststellen van de prestaties van door de opdrachtgever aangegeven delen van het warmtepompsysteem.

7.3 Rapportage

De rapportage wordt samengesteld uit de ingevulde formats die in de loop van het monitoringsproces zijn ontstaan. Het format presentatie resultaten vat de uitkomsten van de monitoring beknopt numeriek en visueel samen. Door daarnaast de COP van de warmtepomp te relateren aan de gemiddelde temperatuurlift inzicht in de oorzaak van de gemeten prestaties. In het voorbeeld in bijlage heeft systeem A een hogere COP dan systeem B, doordat de temperatuurlift bij A kleiner is. Systeem A heeft echter een naar verhouding slechter systeemrendement, wat tot uitdrukking komt in het % x Carnot. Ondanks de goede COP is het systeemrendement van A als matig te beoordelen. De Carnot-factor is in geringe mate afhankelijke van het absolute niveau van de brontemperatuur. Voor deze grafiek is de gerekend met een brontemperatuur van 10°C.

De inhoudsopgave van de rapportage van een monitoringproject luidt als volgt:

	Format volgens bijlage
0. Samenvatting	
1. Algemene inleiding	
2. Projectgegevens	B en C
3. Verwerkte meetgegevens	E of F + evt. G en/of H
4. Presentatie meetresultaten	I
5. COP tegen de temperatuurlift	I

Bijlagen

A. Meetstaten

B. Principeschema installatie

De rapportage wordt dus eenvoudig samengesteld uit de ingevulde formats die in de loop van het monitoringsproces zijn ontstaan. Twee formats verdienen nog een toelichting. Ten eerste wordt gevraagd de COP van de warmtepomp te relateren aan de gemiddelde temperatuurlift, volgens bijlage. Dit geeft inzicht in de oorzaak van de gemeten prestaties en maakt ze beter vergelijkbaar met andere projecten. In het voorbeeld in bijlage heeft systeem A een hogere COP dan systeem B, doordat de temperatuurlift bij A kleiner is. Systeem A heeft echter een naar verhouding slechter systeemrendement, wat tot uitdrukking komt in het $\% \times \text{Carnot}$. Ondanks de goede COP is het systeemrendement als matig te beoordelen. De Carnot-factor is in geringe mate afhankelijk van het absolute niveau van de brontemperatuur. Voor deze grafiek is de gerekend met een brontemperatuur van 10°C . Het tweede format dat nog toegelicht moet worden is het format presentatie resultaten. Met dit format wordt beoogd dat de resultaten van monitoringsprojecten beknopt en zowel numeriek als visueel worden gepresenteerd.

8. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Novem

Ir. M. Dieleman

Ing. R.B.H. Ravelli

Namen en functies van de projectmedewerkers:

Ir. N.R. Bootsvelde

Ir. C.P.J.M. Geelen

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad:

December 1998 - oktober 1999

Ondertekening:



Ir. C.P.J.M. Geelen
projectleider

Goedgekeurd door:



Ir. R.J.M. van Gerwen
afdelingshoofd

Bijlagen

Standaard Opzet Monitoring Warmtepompsystemen Utiliteit (SOM-WP-U)

Bijlage A Definities en warmtepompterminologie

Een groot deel van de verwarring bij het vergelijken van meetresultaten uit verschillende (warmtepomp)projecten wordt veroorzaakt aan de basis, namelijk door verschillen in definities.

Daarom worden in deze bijlage een aantal belangrijke te meten en te berekenen grootheden gedefinieerd, die in de uiteindelijke beoordeling van het warmtepompstelsel van belang zijn. Aansluitend worden in alfabetische volgorde alle overige voor monitoring belangrijke termen behandeld.

Bijlage A1 Begrippen bij alleen verwarming

Seasonal Performance Factor (SPF)

Figuur 2 geeft een schematische voorstelling van een warmtepompstelsel weer. In deze figuur zijn drie systeemgrenzen aangegeven. De systeemgrens van de Seasonal Performance Factor (SPF) omvat de systeemgrenzen van zowel de separate warmtepomp als het opslag/distributiesysteem. In deze figuur is er, om te beginnen, van uitgegaan dat uitsluitend elektriciteit wordt gebruikt voor de voeding van het wp-stelsel. Daarna wordt uitgelegd hoe een en ander verandert indien ook gas een rol speelt.

De SPF wordt meestal over een geheel seizoen bepaald, maar een kortere periode (per stookseizoenjaargetijde/kwartaal/etc.) is natuurlijk ook mogelijk:

$$SPF = \frac{Q_{Tap} + Q_{CV}}{E_{aandrijfWP} + E_{bijstook} + E_{hulp}} [-] \quad (0.1)$$

Coefficient of Performance (COP_{EWP}):

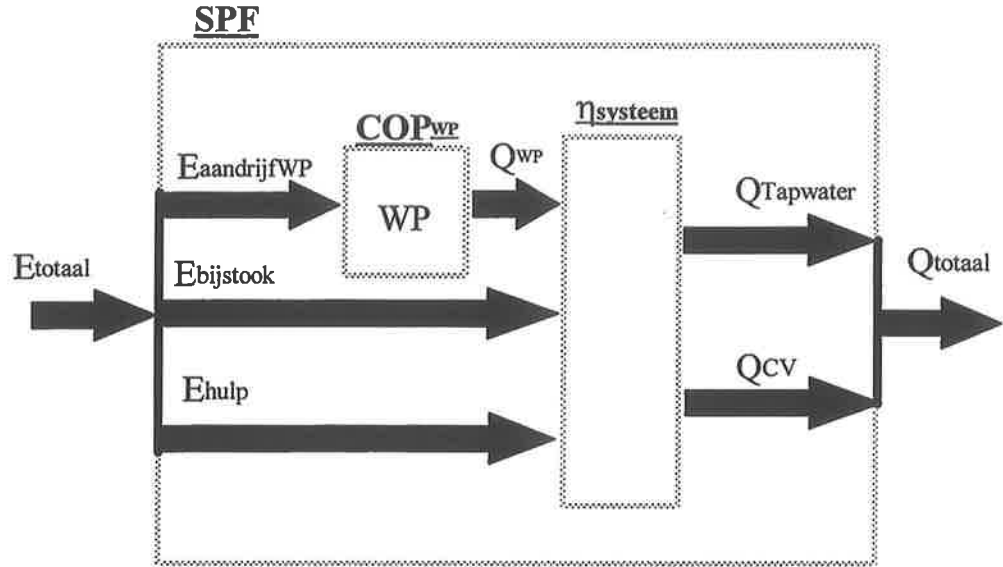
Analoog aan het onder SPF gestelde, geldt de COP_{EWP} als gemiddelde over de periode waarover Q_{wp} en E_{aandrijf WP} zijn bepaald:

$$COP_{EWP} = \frac{Q_{WP}}{E_{aandrijfWP}} [-] \quad (0.2)$$

De SPF is in grote mate afhankelijk van het bewonersgedrag terwijl de COP_{EWP} minder gevoelig is voor het gedrag van de bewoners. De SPF van identieke systemen kan hierdoor een grote spreiding vertonen terwijl de COP_{EWP} van deze systemen veel minder spreiding vertoont. De systeemverliezen komen bij deze benadering tot uiting in het systeemrendement η_{stelsel} .

Definitie $\eta_{\text{stelsysteem}}$: $SPF = \eta_{\text{stelsysteem}} * COP_{EWP}$

$$\text{Ofwel: } \eta_{\text{stelsysteem}} = \frac{Q_{\text{Tap}} + Q_{\text{CV}}}{E_{\text{aandrijfWP}} + E_{\text{bijstook}} + E_{\text{hulp}}} * \frac{1}{COP_{Ewp}} = \frac{Q_{\text{Tap}} + Q_{\text{CV}}}{E_{\text{totaal}} * COP_{Ewp}}$$



Figuur 2 Warmtepompsysteem; definitie systeemrendement

In deze uitdrukking staat in de teller de totaal door het warmtepompsysteem geleverde warmte en in de noemer de hoeveelheid warmte die zou zijn opgewekt als de totale elektriciteitsinput E_{totaal} als aandrijving van de warmtepomp zou zijn gebruikt.

Verder geldt:

$$\eta_{\text{stelsysteem}} = \frac{Q_{\text{Tap}} + Q_{\text{CV}}}{E_{\text{aandrijfWP}} + E_{\text{bijstook}} + E_{\text{hulp}}} * \frac{1}{COP_{Ewp}}$$

$$\eta_{\text{stelsysteem}} = \frac{Q_{\text{Tap}} + Q_{\text{CV}}}{Q_{\text{Ewp}}} * \frac{E_{\text{aandrijfWP}}}{E_{\text{aandrijfWP}} + E_{\text{bijstook}} + E_{\text{hulp}}}$$

$$\eta_{\text{stelsysteem}} = \frac{1}{D} * \Phi$$

$$D = \frac{Q_{\text{wp}}}{Q_{\text{Tap}} + Q_{\text{CV}}} \text{ Dekkingsgraad [-]}$$

$$\Phi = \frac{E_{\text{aandrijfWP}}}{E_{\text{aandrijfWP}} + E_{\text{bijstook}} + E_{\text{hulp}}} \text{ Aandeel aandrijfenergie [-]}$$

$$SPF = \frac{1}{D} * \Phi * COP_{Ewp}$$

In deze afleiding is te zien dat het systeemrendement afhankelijk is van de dekingsgraad (D) van de warmtepomp en de verhouding tussen de aandrijfenergie van de warmtepomp en de totale energietoever aan het systeem (Φ). De grootheden COP_{wp} , D en Φ geven gezamenlijk een goed beeld met betrekking tot het functioneren van het warmtepompsysteem. Uit deze gegevens kan het systeemrendement (η_{systeem}) en de SPF eenvoudig worden berekend.

$$COP_{E_{wp,prim}} = \frac{Q_{E_{wp}}}{E_{AandrijfWP} / \eta_{centrale}}$$

In geval aardgas een rol speelt in het systeem, bijvoorbeeld voor de aandrijving van de warmtepomp (absorptie wp of gasmotor wp) of voor een hulpstookketel moet bovenstaande benadering worden gewijzigd, omdat energiehoeveelheden in gas- en elektriciteitsverbruik niet kunnen worden opgeteld. In zo'n geval moeten eerst alle elektriciteitsgebruiken worden omgerekend naar aardgasequivalenten. Dit doet men door die elektriciteitsgebruiken door een aangenomen rendement voor elektriciteitsopwekking te delen: Dit rendement mag men naar eigen inzicht kiezen, maar het moet wel goed gedefinieerd en gerapporteerd worden. De indices van de betreffende grootheden worden in zo'n geval uitgebreid met "prim". Voor de COP van een elektrische wp geldt dan:

Past men hetzelfde principe toe op de eerder behandelde uitdrukking voor de SPF, dan verandert deze in Primary Energy Ratio (PER):

Primary Energy Ratio (PER)

$$SPF_{prim} = \frac{Q_{Tap} + Q_{CV}}{(E_{aandrijfWP} + E_{bijstook} + E_{hulp}) / \eta_{centrale}} = PER[-]$$

Als voorbeeld volgen hieronder nog enkele andere veel voorkomende gevallen:

COP_{GWP}

De COP van een gasgestookte warmtepomp is:

$$COP_{GWP,prim} = \frac{Q_{Tap} + Q_{CV}}{G_{aandrijfWP} + E_{aandrijfWP} / \eta_{centrale}}$$

$E_{aandrijfWP}$ staat hier voor het eventuele elektriciteitsgebruik voor de interne regeling van de gasgestookte warmtepomp.

PER bij elektrische WP met bijstook op gas

$$PER = \frac{Q_{Tap} + Q_{CV}}{(E_{aandrijfWP} + E_{hulp}) / \eta_{centrale} + G_{bijstook}}$$

PER bij gasgestookte warmtepomp en bijstook op gas

$$PER = \frac{Q_{Tap} + Q_{CV}}{(E_{hulp} + E_{aandrijfWP}) / \eta_{centrale} + G_{aandrijfWP} + G_{bijstook}}$$

$E_{aandrijfWP}$ staat hier voor het eventuele elektriciteitsgebruik voor de interne regeling van de gasgestookte warmtepomp

Bijlage A2 Begrippen bij verwarming en koeling**Seasonal Performance Factor (SPF)**

De SPF wordt meestal over een geheel seizoen bepaald, maar een kortere periode (per stookseizoenjaargetijde/kwartaal/etc.) is natuurlijk ook mogelijk. Indien de warmtepomp naast verwarming ook zorgt voor koeling, geldt:

$$SPF = \frac{Q_{warmte} + Q_{koude}}{E_{aandrijfWP} + E_{bijverwarming} + E_{bijkoeling} + E_{hulp}} [-] \quad (0.3)$$

Coefficient of Performance (COP_{EWP}):

Analoog aan het onder SPF gestelde, geldt de COP_{EWP} als gemiddelde over de periode waarover Q_{wp} en $E_{aandrijfWP}$ zijn bepaald:

$$COP_{EWP, koude} = \frac{Q_{WP, koude}}{E_{aandrijfWP, koude}} [-] \quad (0.4)$$

Combiprestatie

$$combiprestatie = \frac{Q_{warmte} + Q_{koude}}{E_{aandrijfWP, totaal}} [-] \quad (0.5)$$

De systeemverliezen komen tot uiting in het systeemrendement $\eta_{systeem}$.

$$\text{Definitie } \eta_{systeem}: \quad SPF = \eta_{systeem} * combiprestatie_{EWP}$$

$$\text{Ofwel: } \eta_{systeem} = \frac{Q_{warmte} + Q_{koude}}{E_{aandrijfWP} + E_{bijstook} + E_{hulp}} * \frac{1}{combiprestatie_{EWP}} = \frac{Q_{warmte} + Q_{koude}}{E_{totaal} * combiprestatie_{EWP}}$$

In deze uitdrukking staat in de teller de totaal door het warmtepompsysteem geleverde warmte en koude en in de noemer de hoeveelheid warmte die zou zijn opgewekt als de totale elektriciteitsinput E_{totaal} als aandrijving van de warmtepomp zou zijn gebruikt.

Verder geldt:

$$D_{koude} = \frac{Q_{WP,koude}}{Q_{totaal,koude}} \text{ Dekkingsgraad [-]}$$

$$\Phi = \frac{E_{bijverwar\ min\ g} + E_{bijkoeling} + E_{hulp}}{E_{totaal}} \text{ Aandeel additionele energie [-]}$$

In geval aardgas of aandrijfwarmte een rol speelt in het systeem, bijvoorbeeld voor de aandrijving van de warmtepomp (absorptie wp of gasmotor wp) of voor een absorptiekoelmachine, moet bovenstaande benadering worden gewijzigd, omdat energiehoeveelheden in gas- en elektriciteitsverbruik niet kunnen worden opgeteld. In zo'n geval moeten eerst alle elektriciteitsgebruiken worden omgerekend naar aardgasequivalenten. Dit doet men door die elektriciteitsgebruiken door een aangenomen rendement voor elektriciteitsopwekking te delen: Dit rendement mag men naar eigen inzicht kiezen, maar het moet wel goed gedefinieerd en gerapporteerd worden. De indices van de betreffende grootheden worden in zo'n geval uitgebreid met "prim". Voor de COP van een elektrische wp geldt dan:

$$COP_{Ewp,prim} = \frac{Q_{Ewp}}{E_{AandrijfWP} / \eta_{centrale}}$$

Past men hetzelfde principe toe op de eerder behandelde uitdrukking voor de SPF, dan verandert deze in Primary Energy Ratio (PER):

$$SPF_{prim} = \frac{Q_{warme} + Q_{koude}}{(E_{aandrijfWP} + E_{bijverwar\ min\ g} + E_{bijkoeling} + E_{hulp}) / \eta_{centrale}} = PER[-]$$

Primary Energy Ratio (PER)

Als voorbeeld volgen hieronder nog enkele andere veel voorkomende gevallen:

Combiprestatie_{GWP}

De combiprestatie van een gasgestookte warmtepomp is:

$$combiprestatie_{GWP,prim} = \frac{Q_{warme} + Q_{koude}}{G_{aandrijfWP} + E_{aandrijfWP} / \eta_{centrale}}$$

$E_{aandrijfWP}$ staat hier voor het eventuele elektriciteitsgebruik voor de interne regeling van de gasgestookte warmtepomp.

PER bij elektrische WP met bijverwarming en bijkoeling op gas

$$PER = \frac{Q_{warme} + Q_{koude}}{(E_{aandrijfWP} + E_{hulp}) / \eta_{centrale} + G_{bijverwar\ min\ g} + G_{bijkoeling}}$$

PER bij gasgestookte warmtepomp en bijverwarming en bijkoeling op gas

$$PER = \frac{Q_{\text{warmte}} + Q_{\text{koude}}}{(E_{\text{hulp}} + E_{\text{aandrijfWP}}) / \eta_{\text{centrale}} + G_{\text{aandrijfWP}} + G_{\text{bijverwarming}} + G_{\text{bijkoeling}}}$$

1.1.1 $E_{\text{aandrijfWP}}$ staat hier voor het eventuele elektriciteitsgebruik voor de interne regeling van de gasgestookte warmtepomp.

Bijlage A3 Alfabetische lijst van overige gebruikte termen en grootheden**Aanvoertemperatuur**

De temperatuur van een mediumstroom die zich *van de warmtepomp af* beweegt. Bij verwarmingswater is dat dus de *warme* stroom, bij bronmedium de *koude* stroom. Door deze temperaturen zo te definiëren zijn zij in hoge mate bepalend voor de condensor- respectievelijk de verdampertemperatuur van de warmtepomp.

Gebruiker

Degene voor wie het door de warmtepomp geleverde comfort bedoeld is.

Bivalent

Bij een bivalent warmtepompsysteem maakt de warmtepomp slechts een deel uit van de totaal geïnstalleerde capaciteit. De ontbrekende capaciteit wordt ingevuld met een hulp(stook)installatie. Deze bestaat meestal uit een gasgestookte ketel of uit elektrische weerstandsverwarming (dit laatste vooral bij tapwatersystemen). Bij koeling bestaat de hulp(koel)installatie in de regel uit een compressiekoelmachine.

 $E_{\text{aandrijf wp}}$

De aandrijfenergie van een elektrische warmtepomp is gedefinieerd als de hoeveelheid elektriciteit die gedurende een bepaalde periode aan de compressor van de warmtepomp wordt toegevoerd, vermeerderd met de elektriciteit die noodzakelijk is om de regeling en veiligheids van het systeem operationeel te houden. Dit laatste elektriciteitsgebruik treft men ook vaak aan bij gasgestookte warmtepompen

 E_{bijstook}

Het energiegebruik van een elektrische bijstookinrichting is gedefinieerd als het elektriciteitsgebruik ervan gedurende een bepaalde periode om in de warmtevraag te voorzien wanneer de warmtepomp het gevraagde vermogen niet kan leveren. De bijstookvoorziening kan ten behoeve van zowel de ruimteverwarming als het warmtapwater, of ten behoeve van beide dienen. Voor koeling geldt analogo dat

E_{bijstook} is gedefinieerd als het elektrische energieverbruik gedurende een bepaalde periode om in de koelvraag te voorzien wanneer de warmtepomp deze koelvraag niet kan leveren. Het kan dan gaan om een conventionele koelmachine die geplaatst is als backup voor het warmtepompsysteem.

E_{hulp}

Dit omvat het overige elektriciteitsgebruik van het systeem om het systeem operationeel te houden gedurende een bepaalde periode. E_{hulp} bestaat uit het energieverbruik van de circulatiepompen, het energiegebruik van de bronpomp/ventilator en het energiegebruik van het regelsysteem (o.a. kleppen).

E_{totaal}

Dit is gelijk aan de som van alle elektriciteitsgebruiken ($E_{\text{aandrijf wp}} + E_{\text{bijstook}} + E_{\text{hulp}}$) gedurende een bepaalde periode.

$G_{\text{aandrijf WP}}$

De aandrijfenergie van een gasgestookte warmtepomp is gedefinieerd als de hoeveelheid energie in het aardgas dat gedurende een bepaalde periode wordt gebruikt voor de aandrijving ervan.

G_{bijstook}

Het energiegebruik van een bijstookinrichting op gas is gedefinieerd als de hoeveelheid energie in het aardgas dat gedurende een bepaalde periode wordt verbruikt om in de warmtevraag te voorzien wanneer de warmtepomp het gevraagde vermogen niet kan leveren. De bijstookvoorziening kan ten behoeve van zowel de ruimteverwarming als het warmtapwater, of ten behoeve van beide dienen. Anaaloo kan gas worden gebruikt voor aandrijving van een absorptiekoelmachine die gedurende bepaalde perioden in de extra koelvraag voorziet wanneer de warmtepomp de totale koelvraag niet kan leveren.

G_{totaal}

Dit is gelijk aan de som van alle aardgasverbruiken ($G_{\text{aandrijfWP}} + G_{\text{bijstook}}$) gedurende een bepaalde periode.

H_0

Onderste verbrandingswaarde van aardgas: $31,65 \text{ MJ/nm}^3$; wordt gebruikt om η_{centrale} te bepalen.

Hybride systeem

Bij een hybride systeem zijn naast de warmtepomp nog andere energiebesparende opwekkingstechnieken toegepast, bijvoorbeeld een thermische zonnecollector.

Meetsysteem

De meetopnemers die opgenomen zijn in de warmtepompinstallatie en de eventuele bijbehorende verwerkingsapparatuur.

Monovalent

Bij een monovalent warmtepompsysteem wordt alle warmte en/of koude uitsluitend door de warmtepomp geleverd. De warmtepomp is de enige Opwekker. Zie ook Bivalent en Hybride.

Opwekker

Apparaat dat warmte produceert voor ruimteverwarming en/of warm tapwater.

Q_{CV} (ook wel: ruimteverwarmingsvraag)

De warmtelevering van het systeem ten behoeve van de ruimteverwarming is gedefinieerd als de som van de warmteafgifte van het radiatorsysteem, vloerverwarmingssysteem, wandverwarmingssysteem en luchtverwarmingssystemen of een combinatie hiervan (inclusief leidingverliezen) gedurende een bepaalde periode.

Q_{tap} (ook wel: warm-tapwatervraag)

De warmtelevering van het warm-tapwatersysteem is gedefinieerd als de hoeveelheid warmte die gedurende een bepaalde periode door de gebruikers van het systeem aan warmtapwater wordt gebruikt, inclusief de leidingverliezen.

Q_{WP}

Dit is de thermische energie die door de warmtepomp gedurende een bepaalde periode aan het systeem wordt overgedragen. Deze energiehoeveelheid kan direct gemeten worden of worden bepaald uit de aandrijfenergie van de warmtepomp en de aan de bron onttrokken energie.

$T_{bron,a}$ (aanvoertemperatuur bron)

De temperatuur van het bronmedium zoals dat de wp verlaat.

$T_{wp,cv,a}$ (WP-aanvoertemperatuur voor ruimteverwarming)

De temperatuur die de warmtepomp levert wanneer hij in bedrijf is voor ruimteverwarming

$T_{wp,tap,a}$ (WP-aanvoertemperatuur voor warmtapwater)

De temperatuur die de warmtepomp levert wanneer hij in bedrijf is voor warmtapwater

Warmtepomp

De warmtepomp in engere zin, dus het apparaat dat warmte uit een bron kan opnemen en kan afgeven op een voor verwarmingsdoeleinden geschikt hoger temperatuurniveau. Bij omgekeerde schakeling kan de warmtepomp ook warmte opnemen voor koeling en afgeven aan een bron of de omgeving.

Warmtepompinstallatie

Het hardwaredeel van een warmtepompsysteem.

Warmtepompsysteem

Het totale systeem, waarvan de warmtepomp deel uitmaakt, dat in een gebouw zorgt voor ruimteverwarming en/of warmtapwater. Het warmtepompsysteem strekt zich uit van warmtebron tot en met het afgiftesysteem en omvat ook de regeling ervan.

$\Delta T_{\text{lift, gem}}$

Gemiddelde temperatuurlift, gemeten als gemiddelde verschil van de warmtepompaanvoertemperatuur voor ruimteverwarming, respectievelijk warmtapwater en de aanvoertemperatuur van de warmtebron. In koelbedrijf gedefinieerd als de gemiddelde temperatuurlift gemeten als het gemiddelde verschil van de warmtepompaanvoertemperatuur voor koeling en de aanvoertemperatuur van de warmteafgifte.

η_{centrale}

Het rendement van de centrale elektriciteitsopwekking waarmee een elektriciteitsgebruik wordt omgerekend naar primaire energie (aardgasequivalenten). Het rendement dient alle verliezen “tot aan het stopcontact” te omvatten en wordt op onderwaarde berekend

Bijlage B Format Projectinformatie

Algemene projectgegevens			
1-1	Naam project		
1-2	Bezoekadres		
1-3	Postadres		
1-4	Postcode en plaats		
1-5	Contactpersoon		
1-6	Telefoon		
1-7	Telefax		
1-8	Startdatum monitoring		
1-9	Einddatum monitoring		
1-10	Specificatie van bijlagen bij deze projectgegevens	0 Hydraulisch schema	0
		0	0
		0	0

Opdrachtgever monitoring		
2-1	Naam bedrijf	
2-2	Bezoekadres	
2-3	Postadres	
2-4	Postcode en plaats	
2-5	Contactpersoon	
2-6	Telefoon	
2-7	Telefax	

Uitvoerder monitoring		
3-1	Naam bedrijf	
3-2	Bezoekadres	
3-3	Postadres	
3-4	Postcode en plaats	
3-5	Contactpersoon	
3-6	Telefoon	
3-7	Telefax	

Bijlage B

Eventuele andere bij de monitoring betrokken partij		
4-1	Bedrijfsnaam	
4-2	Bezoekadres	
4-3	Postadres	
4-4	Postcode en plaats	
4-5	Contactpersoon	
4-6	telefoon	
4-7	Telefax	
4-8	Functie in project	

Bijlage B

Gebouwgegevens		
5-1	Aantal gebouwdelen dat gezien wordt als aparte afnemer	<p>.....</p> <p>Indien er meer dan één gebouwdeel (afnemer) wordt gemonitord, de volgende vragen (indien relevant en van toepassing) per afnemer invullen en bij elke vraag het betreffende gebouwdeel aangeven (A t/m Z).</p>
5-2	Benaming gebouwdelen (bij meerdere afnemers)	<p>A. :</p> <p>B. :</p> <p>C. :</p> <p>D. :</p> <p>E. :</p> <p>F. :</p> <p>G. :</p> <p>H. :</p> <p>I. :</p> <p>J. :</p>
5-3	Soort bouw	<p>0 nieuwbouw</p> <p>0 renovatie (Oorspronkelijk) bouwjaar:</p> <p>0 bestaande bouw</p>
5-4	Gebouwfunctie (indeling volgens NEN 2916)	<p>0 kantoor</p> <p>0 onderwijs</p> <p>0 logies</p> <p>0 sport</p> <p>0 horeca</p> <p>0 winkel</p> <p>0 bijeenkomst</p> <p>0 gezondheidszorg (niet-klin.)</p> <p>0 gezondheidszorg (klinisch)</p> <p>0 cellen</p>
5-5	Gebouwinhoud	<p>0 <500 m³</p> <p>0 500 - 1000 m³</p> <p>0 1000-5000 m³</p> <p>0 5000 - 15000 m³</p> <p>0 15000 - 50000 m³</p> <p>0 > 50000 m³:m³</p>
5-6	Verwarmingsvermogen volgens NEN 5066 '99	<p>TransmissiekW</p> <p>VentilatiekW</p> <p>OpwarmtoeslagkW</p> <p>TotaalkW</p>
5-7	Koelvermogen volgens NEN 5067	<p>VerlichtingkW</p> <p>ApparatuurkW</p> <p>PersonenkW</p> <p>ZonkW</p> <p>TotaalkW</p> <p>max. gelijktijdig:kW</p>

Bijlage B

Gegevens van het te monitoren systeem							
6-1	Systeemindeling (aankruisen)		Locatie	Centraal (wijk)	Ketel- huis	Alleen in vertrek	
		Functie					
		Ruimteverwarming					
		Tapwaterverwarming					
		Ruimteverwarming én tapwaterbereiding					
Gecombineerde koeling en verwarming							
6-2	Extra te monitoren onderdelen (volgt uit bijlage C, Keuzetabel)	0 Aanvullende warmtelevering	0 Bron/opslagsysteem				
		0 Aanvullende koudelevering	0 Energiedak (zonnewarmte)				
		0 Vrije koeling					

Warmtepompgegevens		
7-1	Algemeen	Merk Type VerwarmingsvermogenkW
7-2	Conditie waarbij het opgegeven vermogen geldt, volgens NEN 255	bron/afgifte-temperatuur 0 7/50 (buitenlucht) 0 10/35 (grondwater) 0 1,5/35 (buitenlucht) 0 0/50 (bodempwarmte) 0 20/50 (ventilatielucht) 0 0/35 (bodempwarmte) 0 10/50 (grondwater) 0 Anders:
7-3	Aandrijving (bij de bovenstaande condities):	0 Elektrisch:kW 0 Gas:m ³ /h 0 (Afstands)warmtekW
7-4	Hulpvermogen	0 Elektrisch:kW

Aanvullende warmtelevering (bijstookvoorziening)		
8-1	Algemeen	Merk Type VerwarmingsvermogenkW
8-2	Conditie waarbij het opgegeven vermogen geldt	Aanvoer:°C Retour:°C
8-3	Aandrijving (bij de bovenstaande condities):	0 Elektrisch:kW 0 Gas:m ³ /h 0 (Afstands)warmtekW
8-4	Hulpvermogen	0 Elektrisch:kW

Bijlage B

Aanvullende koudelevering (koelmachine)		
9-1	Algemeen	Merk Type VerwarmingsvermogenkW
9-2	Conditie waarbij het opgegeven vermogen geldt	Aanvoer:°C Retour:°C (Buiten)luchttemp.:°C, RV:%
9-3	Aandrijving (bij de bovenstaande condities):	0 Elektrisch:kW 0 Gas:m ³ /h 0 (Afstands)warmtekW
9-4	Hulpvermogen	0 Elektrisch:kW

Vrije koeling			
10-1	Algemeen	Merk Type	
		winterbedrijf	zomerbedrijf
10-2	Vermogen kW kW
10-3	Conditie waarbij het opgegeven vermogen geldt	Aanvoer:°C Retour:°C Buitenluchttemp.:°C, RV:% Volumestroom lucht:m ³ /h	Aanvoer:°C Retour:°C Buitenluchttemp.:°C, RV:% Volumestroom lucht:m ³ /h
10-4	Hulpvermogen (bij de bovenstaande condities):	Elektrisch:kW (pompen) Elektrisch:kW (ventilat.) Totaal:kW	Elektrisch:kW (pompen) Elektrisch:kW (ventilat.) Totaal:kW

Bijlage B

Bron / opslag-systeem			
11-1	Type warmtebron (meerdere keuzes mogelijk)	<input type="checkbox"/> Bodemwarmte/opslag (gesloten) <input type="checkbox"/> Bodemwarmte/opslag (open) <input type="checkbox"/> Grondwater <input type="checkbox"/> Oppervlaktewater <input type="checkbox"/> Ventilatielucht (afzuig)	<input type="checkbox"/> Buitenlucht <input type="checkbox"/> Energiedak (zonnewarmte) <input type="checkbox"/> Gebouwkoeling <input type="checkbox"/> Afval-/restwarmte <input type="checkbox"/> Anders:.....
11-2	Regeneratie van bodemwarmte of opslag	<input type="checkbox"/> Ja, door middel van: <input type="checkbox"/> Nee	
		winterbedrijf (warmte-onttrekking/laden van koude)	zomerbedrijf (koudelevering/regeneratie)
11-3	Vermogen kW kW
11-4	Conditie waarbij het opgegeven vermogen geldt	Gebouwzijde: Aanvoer:°C Retour:°C Bronzijde (vloeistofsystemen met warm- tewisselaar): Aanvoer:°C Retour:°C Bronzijde (luchtsystemen): (Buiten)luchttemp.:°C, RV:% Volumestroom lucht:m ³ /h	Gebouwzijde: Aanvoer:°C Retour:°C Bronzijde (vloeistofsystemen met warm- tewisselaar): Aanvoer:°C Retour:°C Bronzijde (luchtsystemen): (Buiten)luchttemp.:°C, RV:% Volumestroom lucht:m ³ /h
11-5	Hulpvermogen (bij de boven- staande condities):	Elektrisch:kW (pompen) Elektrisch:kW (ventilat.) Totaal:kW	Elektrisch:kW (pompen) Elektrisch:kW (ventilat.) Totaal:kW
		0 Aquifer	0 Gesloten bodemwarmtesysteem
11-6	Indien van toepas- sing: gegevens aquifer cq. bodemsondes	Aantal doublets:.....(sets van injectie-plus produktieput) Aquiferdiepte:m. Filterlengte per stuk:m. Filterdiameter:m.	Type sonde: <input type="checkbox"/> Enkele U-buis <input type="checkbox"/> Dubbele U-buis <input type="checkbox"/> Energiepaal <input type="checkbox"/> Concentrisch <input type="checkbox"/> Anders: Aantal sondes Lengte per stuk m.

Bijlage B

Energiedak			
12-1	Algemeen	Merk	Type
		Oppervlakm ²	
		OntwerpvermogenkW	
12-2	Conditie waarbij het opgegeven vermogen geldt	Aanvoer:°C Retour:°C Zoninstraling: W/m ² Buitenluchttemp.:°C	Aanvoer:°C Retour:°C Zoninstraling: W/m ² Buitenluchttemp.:°C
12-3	Hulpvermogen	0 Elektrisch:kW	

Warmtedistributie en -afgiftesysteem			
13-1	Algemeen	Totaal verwarmingsvermogenkW	
13-2	Conditie waarbij het opgegeven vermogen geldt	Aanvoer:°C Retour:°C Buitentemp.:°C	Weersafhankelijke regeling aanvoertemperatuur (centraal) ? 0 Ja 0 Nee
13-3	Hulpvermogen	0 Elektrisch:kW	
13-4	Warmte-afgiftesysteem (meerdere keuzes mogelijk)	0 Vloerverwarming 0 Wandverwarming 0 Klimaatplafond	0 Luchtverwarming 0 Radiatoren/convectoren 0 Warmtapwater 0 Anders:
13-5	Buffer(s) verwarmings-systeem	1.liter 2.liter	

Bijlage B

Kouedistributie en -afgiftesysteem								
14-1	Algemeen	Totaal koelvermogenkW						
14-2	Conditie waarbij het opgegeven vermogen geldt	<table border="0"> <tr> <td>Aanvoer:°C</td> <td>Weersafhankelijke regeling aanvoertemperatuur (centraal) ?</td> </tr> <tr> <td>Retour:°C</td> <td><input type="checkbox"/> Ja</td> </tr> <tr> <td>Buitentemp.:°C</td> <td><input type="checkbox"/> Nee</td> </tr> </table>	Aanvoer:°C	Weersafhankelijke regeling aanvoertemperatuur (centraal) ?	Retour:°C	<input type="checkbox"/> Ja	Buitentemp.:°C	<input type="checkbox"/> Nee
Aanvoer:°C	Weersafhankelijke regeling aanvoertemperatuur (centraal) ?							
Retour:°C	<input type="checkbox"/> Ja							
Buitentemp.:°C	<input type="checkbox"/> Nee							
14-3	Hulpvermogen	<input type="checkbox"/> Elektrisch:kW						
14-4	Koude-afgiftesysteem (meerdere keuzes mogelijk)	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Vloerkoeling</td> <td><input type="checkbox"/> Luchtkoeling</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Wandkoeling</td> <td><input type="checkbox"/> Fan-coil-units</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Klimaatplafond</td> <td><input type="checkbox"/> Anders:</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Vloerkoeling	<input type="checkbox"/> Luchtkoeling	<input type="checkbox"/> Wandkoeling	<input type="checkbox"/> Fan-coil-units	<input type="checkbox"/> Klimaatplafond	<input type="checkbox"/> Anders:
<input type="checkbox"/> Vloerkoeling	<input type="checkbox"/> Luchtkoeling							
<input type="checkbox"/> Wandkoeling	<input type="checkbox"/> Fan-coil-units							
<input type="checkbox"/> Klimaatplafond	<input type="checkbox"/> Anders:							
14-5	Buffer(s) koelsysteem	1.liter 2.liter						

Overige projectinformatie		
15-1	Kosten WP-systeem x 1000 Dfl Hierin zijn opgenomen: <input type="checkbox"/> Warmtepomp <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
16-1	Eventuele publikaties inzake het project	
17-1	Overige opmerkingen	

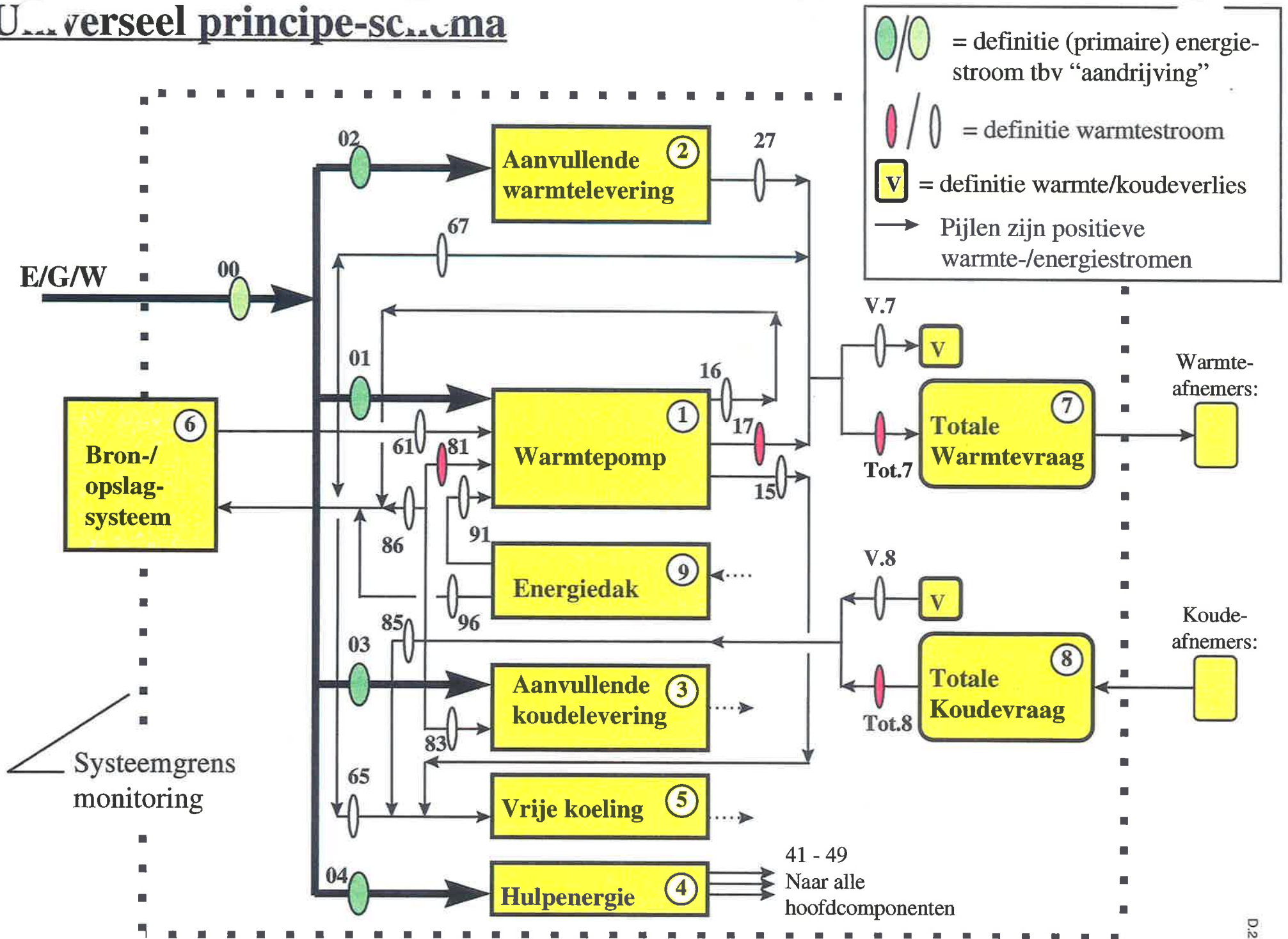
Bijlage C Keuzetabel

Projectnaam		
Presentatie meetresultaten per:	<input type="checkbox"/> jaar	<input type="checkbox"/> maand	<input type="checkbox"/>
Monitoringperiode	<input type="checkbox"/>	Tijdelijk, van tot	
	<input type="checkbox"/>	Voor onbepaalde tijd	
Meetapparatuur:	<input type="checkbox"/>	Permanent aanwezig	
	<input type="checkbox"/>	Uitbouwen na monitoring-project	
Uitbreidheid van metingen			
Functie WP-installatie	<input type="checkbox"/> verwarmen >>> Bijlage E	<input type="checkbox"/> verwarmen en koelen >>> Bijlage F	
Voorzieningsgebied WP-installatie	<input type="checkbox"/> één afnemer	<input type="checkbox"/> meerdere afnemers >>> kies indien gewenst voor module 7b en eventueel 8b	
Aanvullende modules		>>> Bijlage G	
	<input type="checkbox"/>	1a: Verdeling warmtelevering warmtepomp	
	<input type="checkbox"/>	1b: Verdeling koudelevering warmtepomp	
	<input type="checkbox"/>	2: Rendement aanvullende warmtelevering	
	<input type="checkbox"/>	3: Rendement aanvullende koudelevering	
	<input type="checkbox"/>	4: Verdeling hulpenergie	
	<input type="checkbox"/>	5a: Verdeling vrije koeling	
	<input type="checkbox"/>	5b: Hulpenergie vrije koeling	
	<input type="checkbox"/>	6a: Verdeling warmtelevering door bron/opslagsyst.	
	<input type="checkbox"/>	6b: Verdeling koudelevering door bron/opslagsyst.	
	<input type="checkbox"/>	6c: Hulpenergie bron/opslagsysteem	
	<input type="checkbox"/>	7a: Dekking warmtevraag gebouw	
	<input type="checkbox"/>	7b: Distributieverliezen warmtelevering	
	<input type="checkbox"/>	8a: Dekking koudevraag gebouw	
	<input type="checkbox"/>	8b: Distributieverliezen koudelevering	
	<input type="checkbox"/>	9a: Verdeling warmtelevering energiedak	
	<input type="checkbox"/>	9b: Hulpenergie energiedak	
	<input type="checkbox"/>		

Bijlage D Universeel schema en definitie energiestromen

1. Universeel principe schema
2. Definitie energiestromen

Uiverseel principe-schema



Bijlage D: Definities energiestromen

+ overzicht van te meten stromen per module

Verklaring:

E	Elektriciteit
G	Gas
W	Warmte

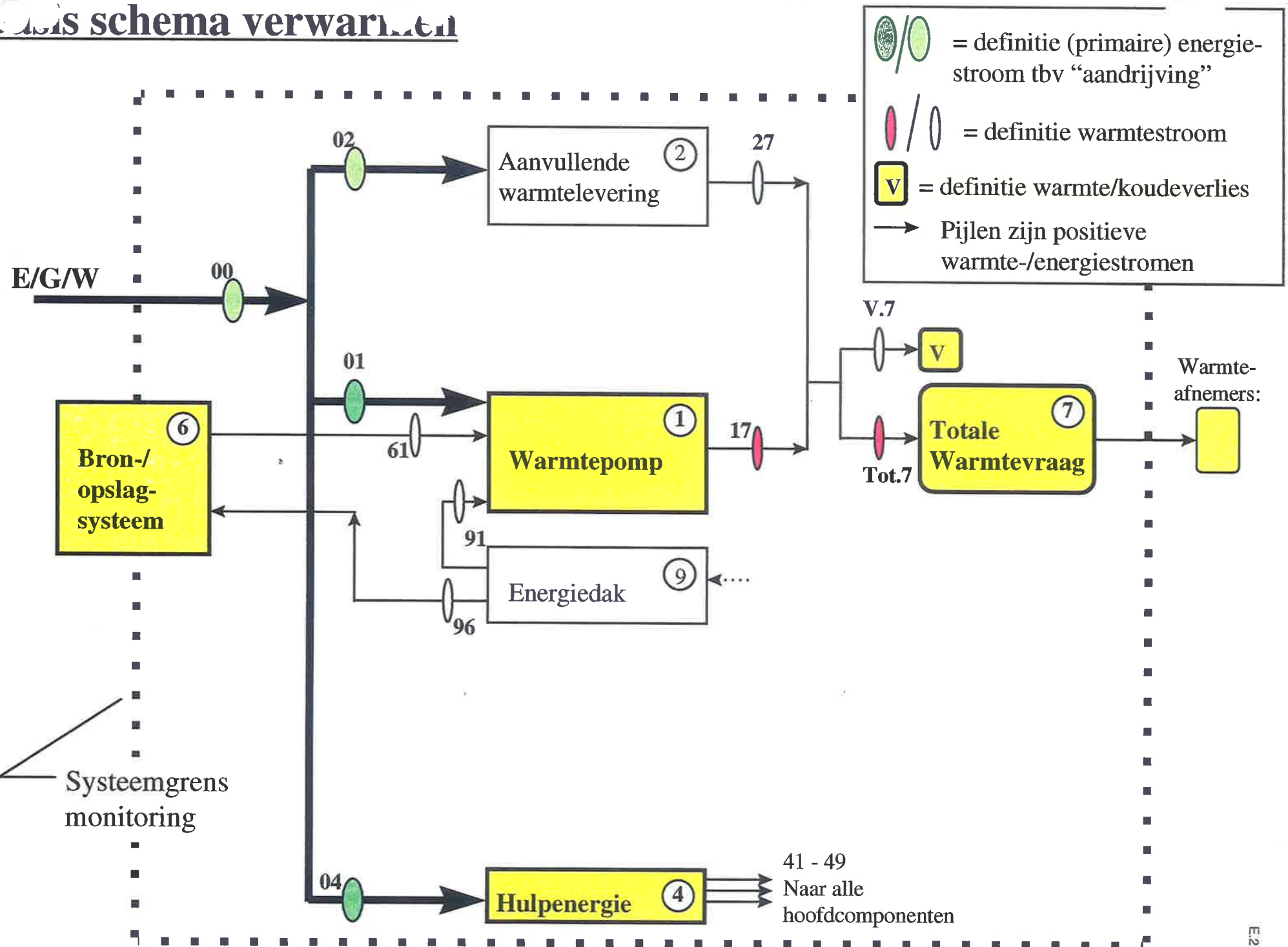
nr.	soort	benaming energiestroom	Basis verwarmen	Basis verwarmen en koelen	1a: Verdeling warmtelevering warmtepomp	1b: Verdeling koudelevering warmtepomp	2: Rendement aanvullende warmtelevering	3: Rendement aanvullende koudelevering	4: Verdeling hulpenergie	5a: Verdeling vrije koeling	5b: Hulpenergie vrije koeling	6a: Verdeling warmteonttrekking uit bronsysteem	6b: Herkomst warmtevoevoer naar bronsysteem	6c: Hulpenergie bronsysteem	7a: Dekking warmtevraag	7b: Distributieverlies warmtelevering	8a: Dekking koudevraag	8b: Distributieverlies koudelevering	9a: Verdeling warmtelevering energiedak	9b: Hulpenergie energiedak
01	E/G/W	Aandrijving warmtepomp totaal																		
01-wc	E/G/W	Aandrijving warmtepomp tijdens warmtelevering	X																	
01-w	E/G/W	Aandrijving warmtepomp tijdens pure warmtelevering		X																
01-k	E/G/W	Aandrijving warmtepomp tijdens pure koudelevering		X																
01-c	E/G/W	Aandrijving WP bij gecombineerde warmte- en koudelevering		X																
02	E/G/W	Toevoer aanvullende warmtelevering	X	X		X														
03	E/G/W	Aandrijving aanvullende koeling (compressie- of absorptie)		X			X													
04	E	Totale hulpenergie																		
05	W	Totale koudelevering door vrije koeling (aan gebouw, bron, WP)								X	X									
06	W	Totale koudelevering door bron (warmte-opname)											X	X						
Tot.7 of 07	W	Totale warmtevraag gebouw	X	X											X	X				
07a-07...	W	Decentrale warmtevraag afnemer a-...														X				
15	W	Warmtelevering WP aan vrije koeling			X					X										
16	W	Warmtelevering WP aan bron			X								X							
17	W	Warmtelevering WP aan gebouw	X	X	X										X					
27	W	Warmtelevering bijstookvoorziening aan gebouw				X									X					
41	E	Circulatiepompen WP (condensor en verdamper)	X	X					X											
42	E	Circulatiepomp aanv. warmtelevering	X	X		X			X											
43	E	Circulatiepomp aanv. koudelevering		X			X	X												
45	E	Circulatiepomp en ventilatoren vrije koeling		X						X										
46	E	Circulatiepomp(en) bronsysteem	X	X					X				X							
47	E	Hoofdcirculatiepomp warmte-afgiftesysteem	X	X					X											
48	E	Hoofdcirculatiepomp koude-afgiftesysteem		X					X											
49	E	Circulatiepomp energiedak	X	X					X											X
60	W	Totale warmtelevering door bron										X		X						
61	W	Koudelevering WP aan bron (warmte-onttrekking)				X						X								
65	W	Directe koudelevering door vrije koeling aan bron								X		X								
68	W	Directe warmtelevering door bron aan gebouw										X		X						
Tot.8 of 80	W	Totale koudevraag gebouw		X												X	X			
80a-80...	W	Decentrale koudevraag afnemer a-...														X	X			
81	W	Koudelevering WP aan gebouw				X										X				
83	W	Koudelevering door koelmachine (aan gebouw)					X									X				
85	W	Directe koudelevering door vrije koeling aan gebouw								X						X				
86	W	Directe koudelevering door bron aan gebouw											X			X				
90	W	Totale warmtelevering energiedak																	X	X
91	W	Warmtelevering van energiedak aan WP				X													X	
96	W	Regeneratie van bron met energiedak											X						X	
Tc-a		Temperatuur uittrede condensor	X	X																
Tv-a		Temperatuur uittrede verdamper	X	X																

U-..... Definitie van energiestroom in uniforme eenheid (GJ)
 P-..... Energiestroom omgerekend naar primaire energie

Bijlage E Verwarmen

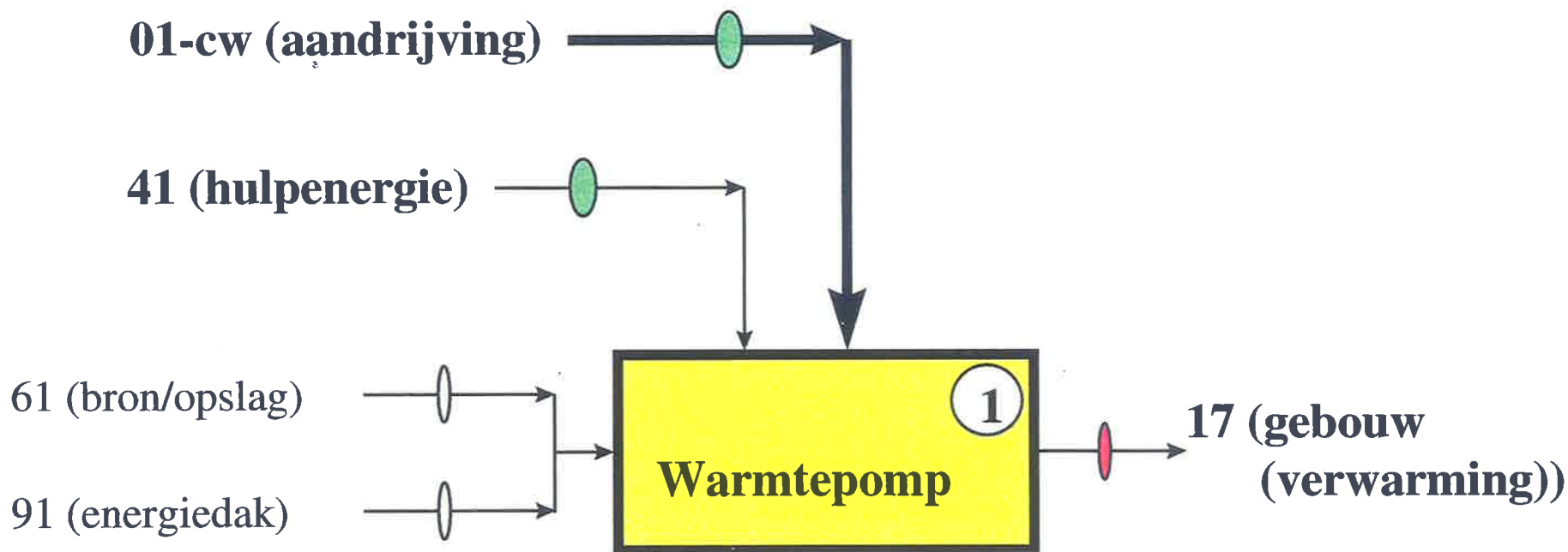
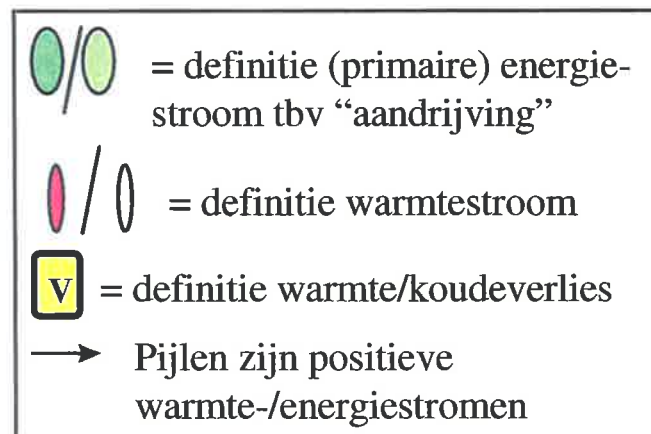
1. Basisschema verwarmen
2. Hulpschema warmtepomp
3. Rekenschema verwarmen

Basis schema verwarmen



Hulpschema

Warmtepomp voor verwarmen



Bijlage E: Basisrekenschema verwarmen

(getallen in minimaal 3 significante decimalen, bijv. 12500 of 0,0654)

- Warmtelevering WP 17
- Totale warmtevraag 07

→ Zie rekenmodule A (bijlage H)
voor
Water/Lucht
Warmtepompen

Aandrijf Energie WP

- Tijdens warmtelevering

	in MWh-elek, GJ of m3 gas
01-cw	<input type="text"/>
Totaal WP (=01cw)	<input type="text"/>
02	<input type="text"/>

Een-
heid

Bijverwarming

- Energietoever

(indien van toepassing)

Hulpenergie

- Warmtepomp 41
- Aanvullende warmtelevering 42
- Bronsysteem 46
- Warmte-afgiftesysteem 47
- Energiedak 49
- Totaal Tot.4**

<input type="text"/>
<input type="text"/>
<input type="text"/>
<input type="text"/>
<input type="text"/>
<input type="text"/>

MWh-e
MWh-e
MWh-e
MWh-e
MWh-e
MWh-e

(indien van toepassing)

(indien van toepassing)

Temperatuurmetingen

- Uittrede condensor (secundair) Tc-a
(aanvoertemperatuur naar cv-systeem)
- Uittrede verdamper (secundair) Tv-a
(aanvoertemperatuur naar bron/gebouw-systeem)

 °C

 °C

Omrekenen naar uniforme eenheid (GJ)

1 MWh = 3,6 GJ

1000 m³ gas = 31,65 GJ

Opwekend. (o.w.)

Elektr.: **Primaire energie**
in GJ

Aandrijf Energie WP			
Totaal tijdens warmtelevering	U-01-cw	<input type="text"/>	P-01-wc <input type="text"/>
Totaal WP (=01cw)	U-01	<input type="text"/>	P-01 <input type="text"/>
Energie bijverwarming	U-02	<input type="text"/>	P-02 <input type="text"/>
Hulpenergie	U-04	<input type="text"/>	P-04 <input type="text"/>
Totaal energieverbruik	U-00	<input type="text"/>	P-00 <input type="text"/>

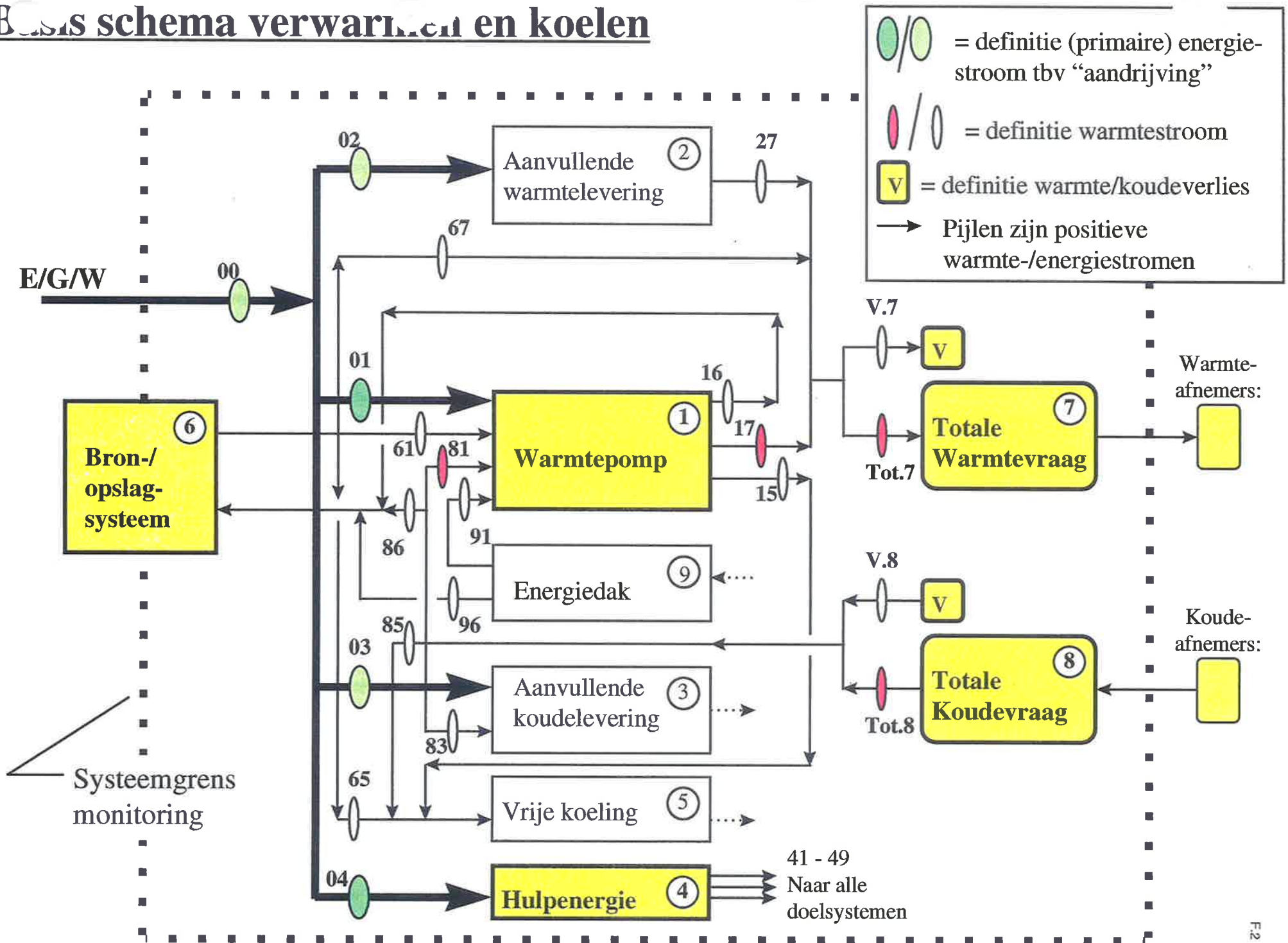
Kengetallen

COP-warmte	<input type="text"/>	=17/U-01-cw
Systeem rendement	<input type="text"/>	=(07)/(17)*U-01/U-00
SPF	<input type="text"/>	=(07)/U-00
PER	<input type="text"/>	=(07)/P-00
Dekkingsgraad WP-warmte	<input type="text"/>	=17/07
Aandeel additionele energie	<input type="text"/>	=(U-02 + U-04) / U-00

Bijlage F Verwarmen en koelen

1. Basisschema verwarmen en koelen
2. Hulpschema warmtepomp
3. Rekenschema verwarmen en koelen

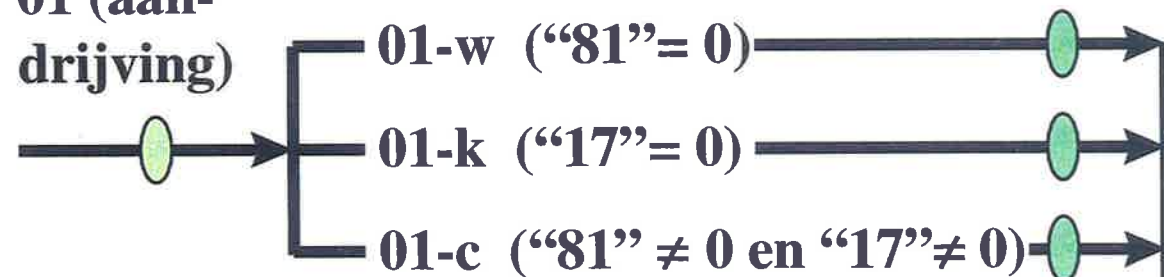
Basis schema verwarmen en koelen



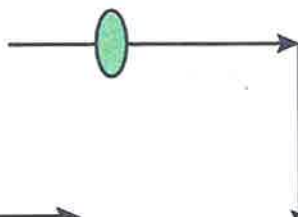
Hulpschema

Warmtepomp voor verwarmen en koelen

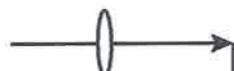
01 (aandrijving)



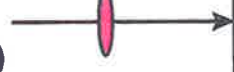
41 (hulpenergie)



61 (bron/opslag)



81 (gebouw (koeling))



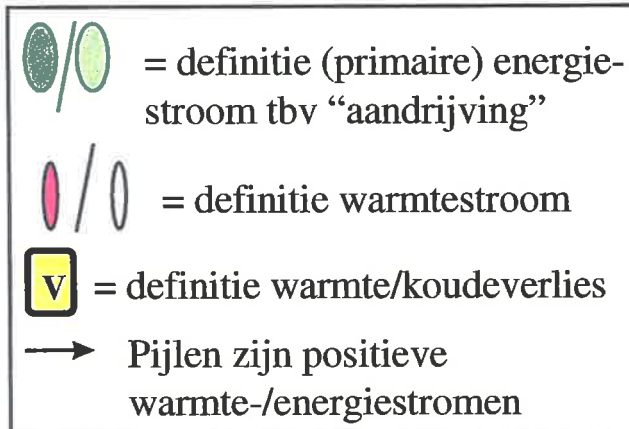
91 (energiedak)



15 (vrije koeling)

16 (bron/opslag)

17 (gebouw (verwarming))



Bijlage F: Basisrekenschema verwarmen en koelen

(getallen in minimaal 3 significante decimalen, bijv. 12500 of 0,0654)

		GJ		
• Warmtelevering WP	17	<input type="text"/>	<input type="text"/>	%
• Totale warmtevraag	Tot.7	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100 %

➔ Zie module B (bijlage H) voor Vloeistof/Gas (Water/Lucht)-Warmtepompen

• Koudelevering WP	81	<input type="text"/>	<input type="text"/>	%
• Totale koudevraag	Tot.8	<input type="text"/>	<input type="text"/>	100 %

➔ Zie module D (bijlage H) voor Gas/Vloeistof (Lucht/Water)-Warmtepompen

		MWh-elek, GJ of m3 gas	Een- heid	
Aandrijf Energie WP				
• Tijdens pure warmtelevering	01-w	<input type="text"/>	<input type="text"/>	
• Tijdens pure koudelevering	01-k	<input type="text"/>		
• Tijdens gecombineerde nuttige warmte en koudelevering	01-c	<input type="text"/> = <input type="text"/>		
Totaal tijdens warmtelevering	01-cw	<input type="text"/>		
Totaal tijdens koudelevering	01-ck	<input type="text"/>		
Totaal WP (=01w+01k+01c)	01	<input type="text"/>		
Bijverwarming				
• Energietoever	02	<input type="text"/>	<input type="text"/>	(indien van toepassing)
Bijkoeling				
• Energietoever	03	<input type="text"/>	<input type="text"/>	(indien van toepassing)
Hulpenergie				
• Warmtepomp	41	<input type="text"/>	<input type="text"/>	(indien van toepassing)
• Aanvullende warmtelevering	42	<input type="text"/>		(indien van toepassing)
• Pomp aanv. koudelevering	43	<input type="text"/>		(indien van toepassing)
• Vrije koeling	45	<input type="text"/>		
• Bronsysteem	46	<input type="text"/>		
• Warmte-afgiftesysteem	47	<input type="text"/>		
• Koude-afgiftesysteem	48	<input type="text"/>		
• Energiedak	49	<input type="text"/>		(indien van toepassing)
Totaal	Tot.4	<input type="text"/>		

Temperatuurmetingen

• Uittrede condensor (secundair) (aanvoertemperatuur naar cv-systeem)	<input type="text"/>	°C
• Uittrede verdamper (secundair) (aanvoertemperatuur naar bron/gebouw-systeem)	<input type="text"/>	°C

Omrekenen naar uniforme eenheid (GJ)

1 MWh = 3,6 GJ

1000 m³ gas = 31,65 GJ

		GJ	GJ	Opwekrend. (o.w.) Elektr.: <input type="text"/>
Aandrijf Energie WP				
Tijdens pure warmtelevering	U-01-w	<input type="text"/>		
Tijdens pure koudelevering	U-01-k		<input type="text"/>	
Tijdens gecombineerde nuttige warmte en koudelevering	U-01-c	<input type="text"/>	= <input type="text"/>	Primair GJ
Totaal tijdens warmtelevering	U-01-cw	<input type="text"/>		P-01-wc <input type="text"/>
Totaal tijdens koudelevering	U-01-ck		<input type="text"/>	P-01-kc <input type="text"/>
Totaal WP (=01w+01k+01c)	U-01	<input type="text"/>		P-01 <input type="text"/>
Energie bijverwarming	U-02	<input type="text"/>		P-02 <input type="text"/>
Energie bijkoeling	U-03	<input type="text"/>		P-03 <input type="text"/>
Hulpenergie	U-04	<input type="text"/>		P-04 <input type="text"/>
Totaal energieverbruik	U-00	<input type="text"/>		P-00 <input type="text"/>

Kengetallen

COP-warmte	<input type="text"/>	=17/U-01-cw
COP-koude	<input type="text"/>	=81/U-01-ck
Combi-prestatie	<input type="text"/>	=(17+81)/U-01
Systeem rendement	<input type="text"/>	=(07+80)/((17+81)*U-01/U-00
SPF	<input type="text"/>	=(07+80)/U-00
PER	<input type="text"/>	=(07+80)/P-00
Dekkingsgraad WP-warmte	<input type="text"/>	=17/07
Dekkingsgraad WP-koude	<input type="text"/>	=81/80
Aandeel additionele energie	<input type="text"/>	=(U-02 + U-03 + U-04) / U-00

Bijlage G Optionele modules

- Toepassingsmogelijkheden
- Modules 1a t/m 9b

**Toepassingsmogelijkheden
optionele modules**

		W/W	W/L	L/W
1a	Verdeling warmtelevering warmtepomp	x		x
1b	Verdeling koudelevering warmtepomp	x	x	
2a	Rendement aanvullende warmtelevering	x		x
3a	Rendement aanvullende koudelevering	x	x	
4a	Verdeling hulpenergie	x	x	x
5a	Verdeling vrije koeling	x		
5b	Hulpenergie vrije koeling	x		
6a	Verdeling warmte-ontrekking uit bronsysteem	x		
6b	Herkomst warmtetoevoer naar bron systeem	x		
6c	Hulpenergie bronsysteem	x		
7a	Dekking warmtevraag gebouw	x		x
7b	Distributieverlies warmtelevering	x		x
8a	Dekking koudevraag gebouw	x	x	
8b	Distributieverlieskoudelevering	x	x	
9a	Verdeling warmtelevering energiedak	x	x	
9b	Hulpenergie energiedak	x	x	

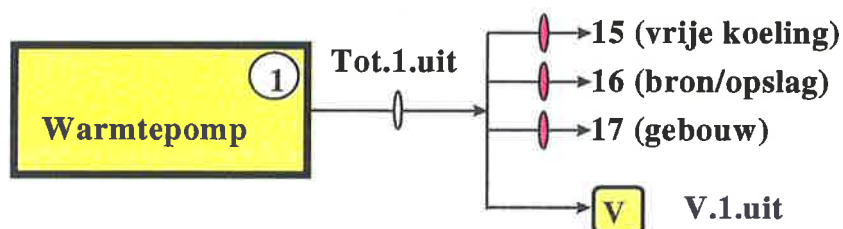
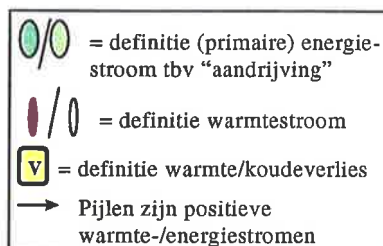
W/W	Secundair medium verdamper Secundair medium condensor	water of water met antivries water
W/L	Secundair medium verdamper Secundair medium condensor	water of water met antivries lucht
L/W	Secundair medium verdamper Secundair medium condensor	lucht water

Bij het aangeven van de toepassingsmogelijkheden is er vanuitgegaan, dat lucht of water het hoofdtransportmedium is voor de totale warme of koude zijde van het systeem.

Wanneer bepaalde deelsystemen toch waterzijdig gemeten kunnen worden, zijn mogelijk meer modules toepasbaar bij **W/L**- of **L/W**-warmtepompen.

Module 1a

Verdeling warmtelevering warmtepomp



1a Verdeling warmtelevering warmtepomp:

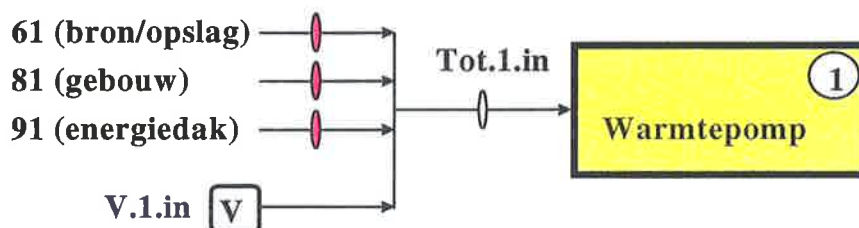
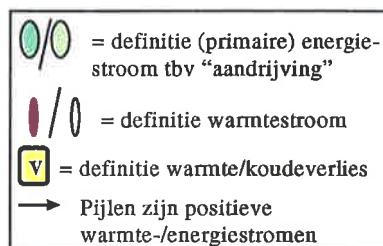
Warmtelevering:			
• aan vrije koeling	15	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
• aan bron	16	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
• aan gebouw	17	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
Totaal	= 15+16+17	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
			<input type="text"/> %
			<input type="text"/> %
			<input type="text"/> %
			100 %
Uitbreiding: bepaling verlies			
○ Totale warmteproductie		Tot.1.uit	<input type="text"/> GJ
Totale warmtelevering	= 15+16+17		<input type="text"/> GJ
Verlies	= Tot.1.uit - (15+16+17)	V.1.uit	<input type="text"/> GJ

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom
wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 1b

Verdeling koudelevering warmtepomp



1b Verdeling koudelevering warmtepomp:

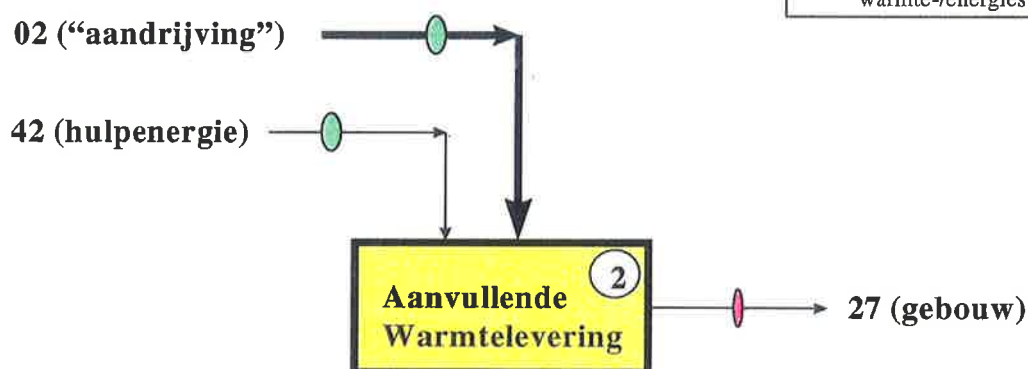
Koudelevering:				
• aan bron	61	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ	<input type="text"/> %
• aan gebouw	81	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ	<input type="text"/> %
• aan energiedak	91	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ	<input type="text"/> %
Totaal	=61+81+91	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ	100 %
Uitbreiding: bepaling verlies				
○ Totale koudeproductie		Tot.1.in	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
Totale koudelevering	= 15+16+17		<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
Verlies	= Tot.1.in - (61+81+91)	V.1.in	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 2

Rendement aanvullende warmtelevering



2a Rendement aanvullende warmtelevering

- Warmtelevering (bijstook)
- Hulpenergie
- Energietoevoer

27	<input type="text"/>	GJ
42	<input type="text"/>	MWh-e
02	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- Hulpenergie (uniform)
- Energietoevoer (uniform)

42U	<input type="text"/>	GJ
02U	<input type="text"/>	GJ

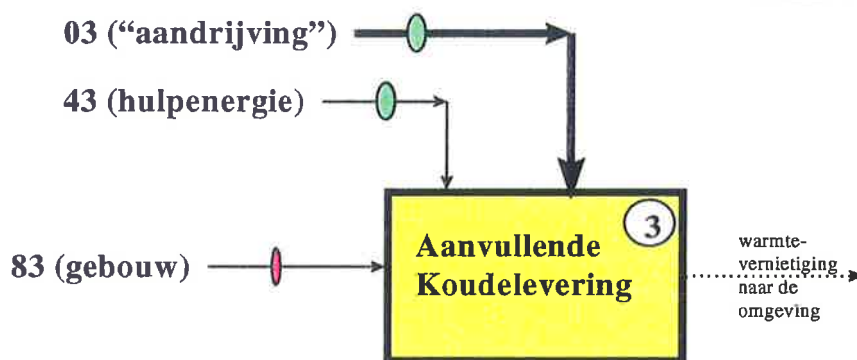
Rendement = $27 / (42U + 02U)$ %

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: $1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$
 $1000 \text{ m}^3 \text{ gas} = 31,65 \text{ GJ}$

Module 3

Rendement aanvullende koudelevering



3a Rendement (COP-k) aanvullende koudelevering

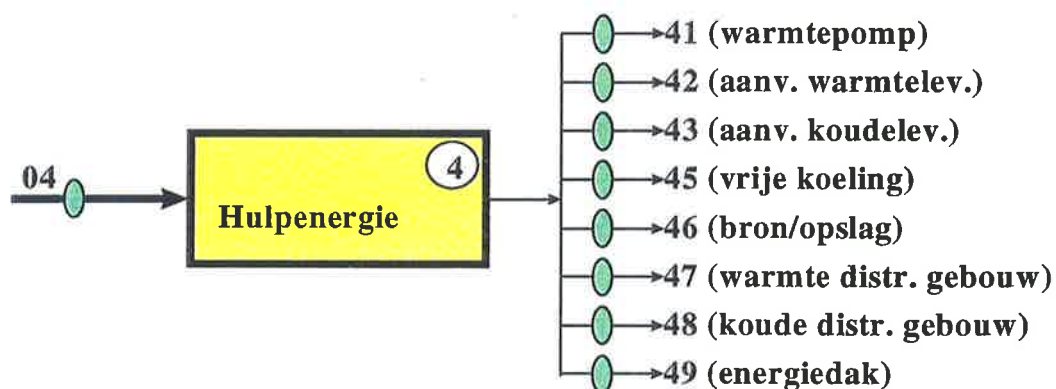
• Koudelevering	83	<input type="text"/>	<input type="text" value="GJ"/>
• Hulpenergie	43	<input type="text"/>	<input type="text" value="MWh-e"/>
• Energietoevoer	03	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Hulpenergie (uniform)	83U	<input type="text"/>	<input type="text" value="GJ"/>
Energietoevoer (uniform)	03U	<input type="text"/>	<input type="text" value="GJ"/>
Rendement (COP-k)	= 83 / (43U + 03U)	<input type="text"/>	

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom
wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: $1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$
 $1000 \text{ m}^3 \text{ gas} = 31,65 \text{ GJ}$

Module 4

Verdeling hulpenergie



4a Verdeling hulpenergie

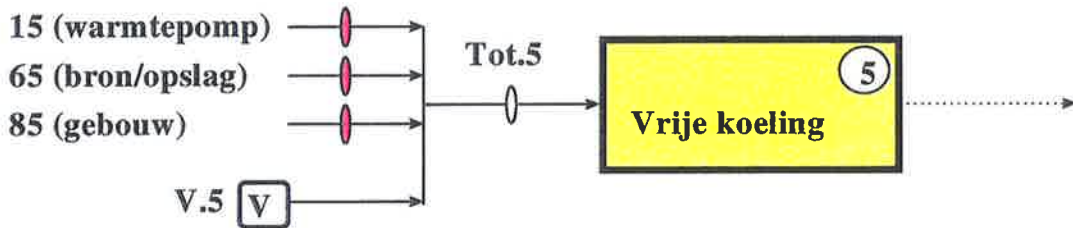
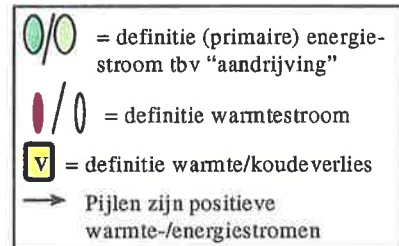
• Warmtepomp	41		MWh-e	%
• Aanvullende warmtelevering	42		MWh-e	%
• Pomp aanv. koudelevering	43		MWh-e	%
• Vrije koeling	45		MWh-e	%
• Bronsysteem	46		MWh-e	%
• Warmte-afgiftesysteem	47		MWh-e	%
• Koude-afgiftesysteem	48		MWh-e	%
• Energiedak	49		MWh-e	%
Totaal	04		MWh-e	100 %

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: $1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$
 $1000 \text{ m}^3 \text{ gas} = 31,65 \text{ GJ}$

Module 5a

Verdeling vrije koeling



5a Verdeling vrije koeling

- Warmte-afvoer WP
- Koeling bron
- Vrije koeling gebouw

Totaal = 15+65+85

15		GJ		%
65		GJ		%
85	+	GJ		%
05		GJ		100 %

Uitbreiding: bepaling verlies

- Totale koudeproductie = 15+65+85
- Verlies** = Tot.5 - (15+65+85)

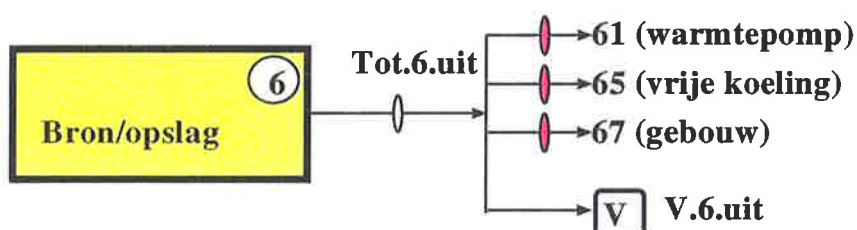
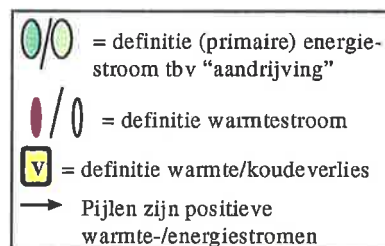
Tot.5		GJ	
	-	GJ	
V.5		GJ	

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
 1000 m3 gas = 31,65 GJ

Module 6a

Verdeling warmtelevering door bron/opslag



6a Verdeling warmtelevering door bronsysteem (warmte-onttrekking)

Warmte-onttrekking door:

- WP (verdamer)
 - vrije koeling
 - gebouw (directe warmtelevering)
- Totaal warmtelevering door bron** = 61+65+67

61		GJ		%
65		GJ		%
67	+	GJ		%
		GJ		100 %

Uitbreiding: bepaling verlies

- Totale warmteproductie
- Totale warmtelevering = 61+65+67
- Verlies** = Tot.6.uit - (61+65+67)

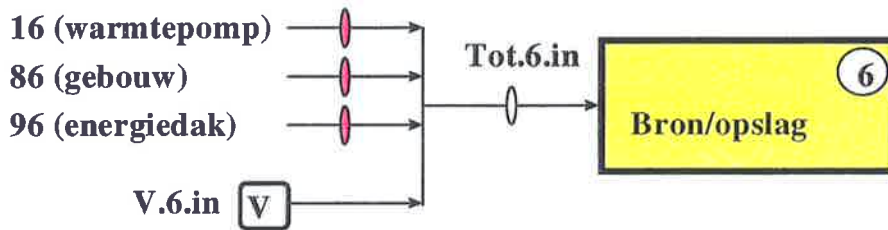
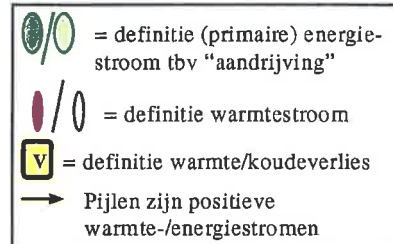
Tot.6.uit		GJ
	-	GJ
V.6.uit		GJ

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 6b

Verdeling koudelevering bron/opslag



6b Verdeling koudelevering door bron/opslagsysteem (herkomst warmtetoevoer)

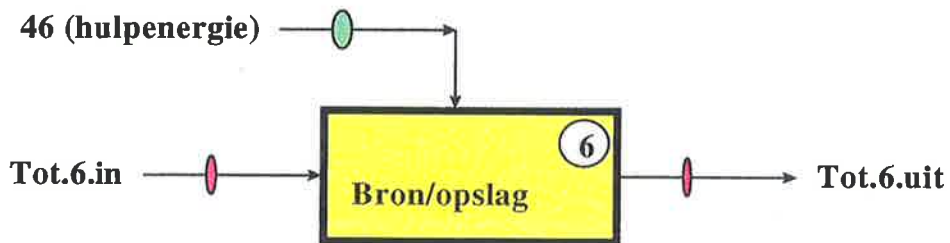
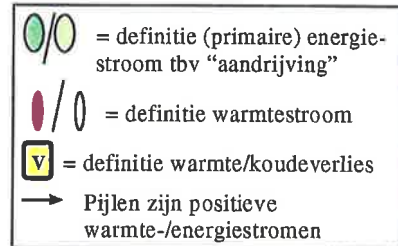
Warmtetoevoer door:			
• WP (condensor)	16	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
• gebouw (directe koudelevering)	86	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
• energiedak	96	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
Totaal koudelevering door bron	= 16+86+96	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
			<input type="text"/> %
			<input type="text"/> %
			<input type="text"/> %
			100 %
Uitbreiding: bepaling verlies			
○ Totale koudeproductie		Tot.6.in	<input type="text"/> GJ
Totale koudelevering	= 16+86+96	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
Verlies	= Tot.6.in - (16+86+96)	V.6.in	<input type="text"/> GJ

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
 1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 6c

Hulpenergie bron/opslag



6c Hulpenergie bronsysteem

- Totale warmtelevering
- Totale koudelevering
- Hulpenergie

Tot.6.uit	<input type="text"/>	GJ
Tot.6.in	<input type="text"/>	GJ
46	<input type="text"/>	MWh-e

Hulpenergie (uniform)

46U	<input type="text"/>	GJ
-----	----------------------	----

Aandeel hulp-energie bronsysteem

$$= 46U / (\text{Tot.6.uit} + \text{Tot.6.in})$$

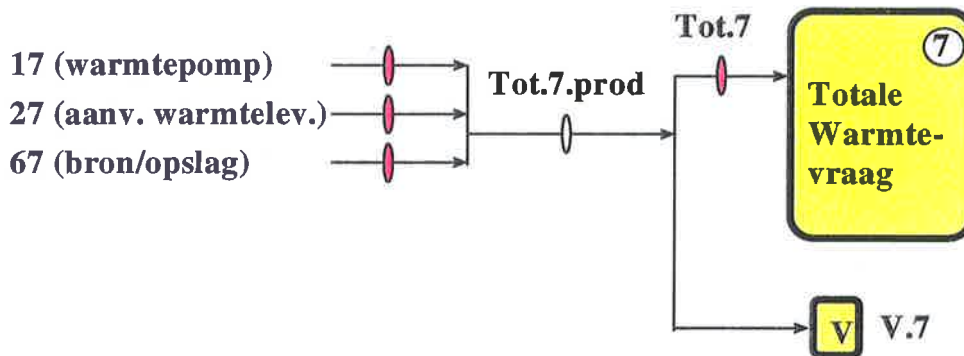
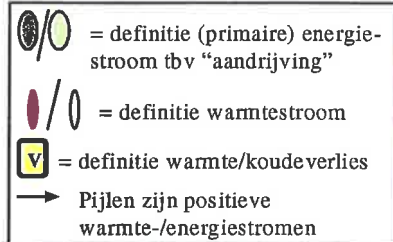
%

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
 1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 7a

Dekking warmtevraag gebouw



7a Dekking warmtevraag

Warmtelevering door:

- WP
- Bijstook
- Bron-direct

Totale warmtelevering = 17+27+67

- **Totale warmtevraag**

Verliezen = Tot.7-(17+27+67)





17	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	%
27	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	%
67	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	%
Tot.7.prod	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	100 %
Tot.7	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	<input type="text"/>
V.7	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	<input type="text"/>

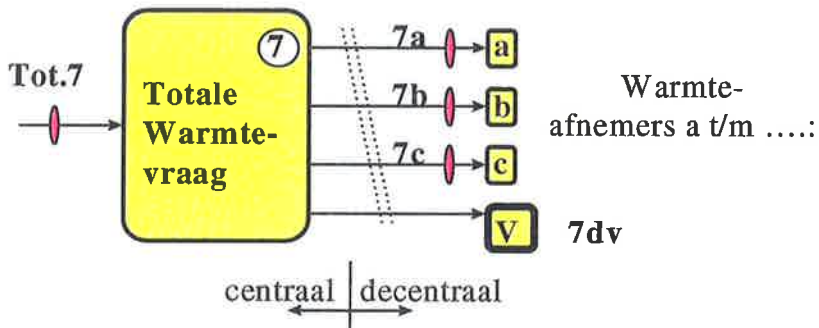
- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 7b

Distributieverliezen warmtelevering

 = definitie (primaire) energiestroom tbv "aandrijving"
 = definitie warmtestroom
 = definitie warmte/koudeverlies
 = Pijlen zijn positieve warmte-/energiestromen



7b Distributieverliezen warmtelevering

- Centrale warmtevraag

- Decentrale warmtevraag afnemer a
- Decentrale warmtevraag afnemer b
- Decentrale warmtevraag afnemer c
- Decentrale warmtevraag afnemer d
- Decentrale warmtevraag afnemer e

Totale decentrale warmtevraag (= 7a+7b+7c+....)

Verliezen distributie (=Tot.7 - (7a+7b+7c+....))

Relatief verlies = 7dv/Tot.7





Tot.7	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	100%
7a	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
7b	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
7c	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
7d	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
7e	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
etc.	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
7dv	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
			<input type="text"/>	%

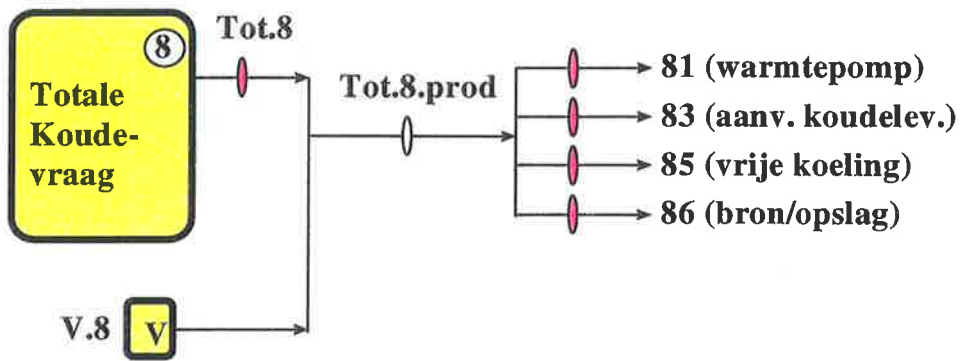
- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 8a

Dekking koudevraag gebouw

 = definitie (primaire) energiestroom tbv "aandrijving"
 = definitie warmtestroom
 = definitie warmte/koudeverlies
 = Pijlen zijn positieve warmte-/energiestromen



8a Dekking koudevraag

Koudelevering door:

- Warmtepomp
- Aanv. koelmachine
- Vrije koeling
- Bron-direct

Totale koudelevering =81+83+85+86

- **Totale koudevraag**

Verliezen =Tot.8-(81+83+85+86)

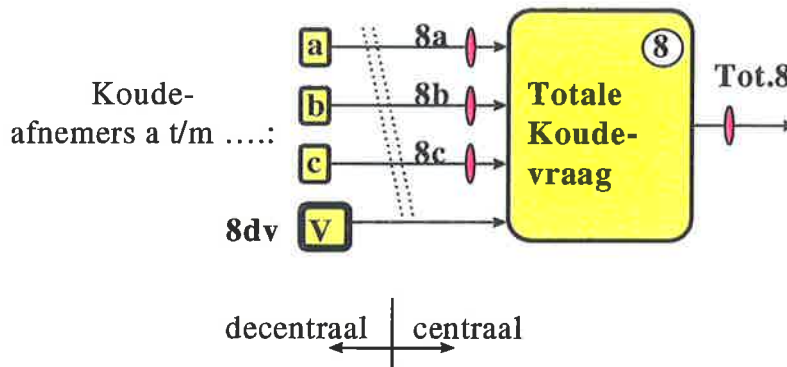
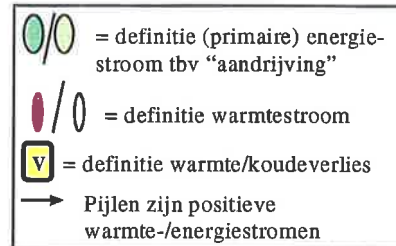
81	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	%
83	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	%
85	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	%
86	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	%
Tot.8.prod	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	100 %
Tot.8	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	<input type="text"/>
V.8	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 8b

Distributieverliezen koudelevering



8b Distributieverliezen koudelevering

• **Centrale koudevraag**

- Decentrale koudevraag afnemer a
- Decentrale koudevraag afnemer b
- Decentrale koudevraag afnemer c
- Decentrale koudevraag afnemer d
- Decentrale koudevraag afnemer e

Totale decentrale koudevraag (= 8a+8b+8c+....)

Verliezen distributie (=Tot.8 - (8a+8b+8c+....))

Relatief verlies = 8dv/Tot.8

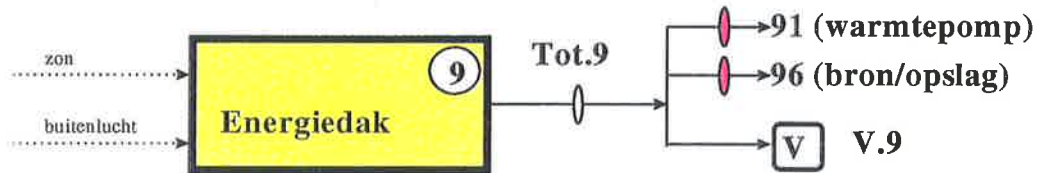
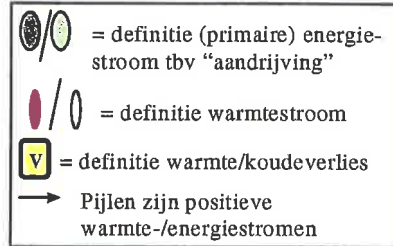
Tot.8	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	100%
8a	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
8b	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
8c	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
8d	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
8e	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
etc.	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	
8dv	<input type="text"/>	GJ	<input type="text"/>	<input type="text"/> %

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 9a

Verdeling warmtelevering energiedak



9a Verdeling warmtelevering energiedak

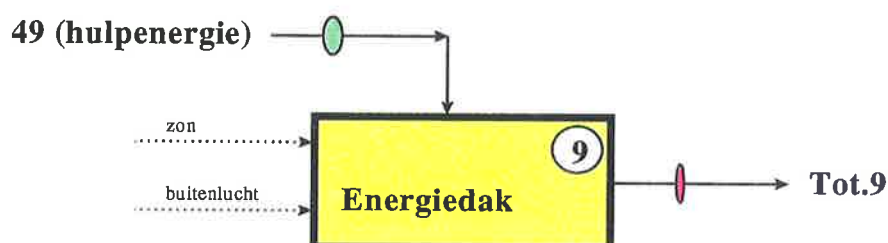
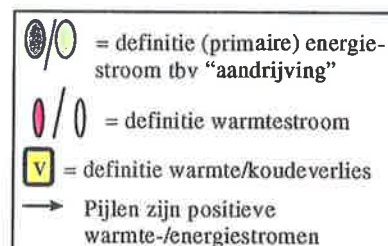
Warmtelevering			
• aan warmtepomp	91	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
• aan bronsysteem	96	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
Totaal	= 91 + 96	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
			<input type="text"/> %
			<input type="text"/> %
			100 %
Uitbreiding: bepaling verlies			
○ Totale koudeproductie	Tot.9	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
Totale koudelevering		<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
Verlies	= Tot.9 - (91+96)	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ
	V.9	<input type="text"/>	<input type="text"/> GJ

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
 1000 m³ gas = 31,65 GJ

Module 9b

Hulpenergie energiedak



9b Hulpenergie energiedak

- Totale warmtelevering
- Hulpenergie

Tot.9	<input type="text"/>	GJ
49	<input type="text"/>	MWh-e

Hulpenergie (uniform)

49U	<input type="text"/>	GJ
-----	----------------------	----

Aandeel hulp-energie energiedak

= 49U / Tot.9

%

- = te meten en te registreren energiestroom
- = te meten en te registreren energiestroom wanneer ook bepaling van de verliesstroom is vereist

Omrekenfactoren: 1 MWh = 3,6 GJ
 1000 m³ gas = 31,65 GJ

Bijlage H Monitoring van water/lucht (vloeistof/gas) en Lucht/water (gas/vloeistof) warmtepompsystemen

– Modules A t/m D

Water-lucht-warmtepompen: Overdrachtsmedium aan de condensorzijde is lucht

* Warmtemeting aan de condensorzijde is complex:

Deze warmtelevering wordt dan bepaald uit de som van de warmtetoevoer aan de verdamper en de aandrijfenergie van de compressor.

Module A: alleen verwarming

(getallen in minimaal 3 significante decimalen, bijv. 12500 of 0,0654)

Aandrijf Energie WP

- Tijdens warmtelevering

Totaal WP (=01-wc)

	in MWh-elek, GJ of m3 gas	Een- heid
01-cw	<input type="text"/>	<input type="text"/>
01	<input type="text"/>	

Omrekenen naar uniforme eenheid (GJ)

$$1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$$

$$1000 \text{ m3 gas} = 31,65 \text{ GJ}$$

Aandrijf Energie WP

Totaal tijdens warmtelevering

	in GJ
U-01-wc	<input type="text"/>

Berekening: Warmtelevering = Aandrijfenergie + Warmtetoevoer aan verdamper

		in GJ
Totale aandrijfenergie WP (=U-01-wc)	U-01	<input type="text"/>
• Warmtetoevoer bron aan verdamper	61	<input type="text"/>
• Warmtetoevoer energiedak aan verdamper	91	<input type="text"/> +
Warmtelevering WP	17	<input type="text"/>

Water-lucht-warmtepompen: Overdrachtsmedium aan de condensorzijde is lucht

* Warmtemeting aan de condensorzijde is complex:

Deze warmtelevering wordt dan bepaald uit de som van de warmtetoevoer aan de verdamper en de aandrijfenergie van de compressor.

Module B: verwarming en koeling

Aandrijf Energie WP		MWh-elek, GJ of m3 gas	Een- heid
• Tijdens pure warmtelevering	01-w	<input type="text"/>	<input type="text"/>
• Tijdens pure koudelevering	01-k	<input type="text"/>	
• Tijdens gecombineerde nuttige warmte en koudelevering	01-c	<input type="text"/> +	
Totaal WP (=01w+01k+01c)	01	<input type="text"/>	

Omrekenen naar uniforme eenheid (GJ)

$$1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$$

$$1000 \text{ m3 gas} = 31,65 \text{ GJ}$$

Aandrijf Energie WP	in GJ
Totaal	U-01 <input type="text"/>

Berekening: Warmtelevering = Aandrijfenergie + Warmtetoevoer aan verdamper

Totale aandrijfenergie WP (=U-01)		in GJ
• Warmtetoevoer bron aan verdamper	U-01	<input type="text"/>
• Koudelevering aan gebouw	61	<input type="text"/>
• Warmtetoevoer energiedak aan verdamper	81	<input type="text"/>
	91	<input type="text"/> +
Warmtelevering WP	15+16+17	<input type="text"/>

Lucht-Water-warmtepompen: Overdrachtsmedium aan de verdamperzijde is lucht

* **Warmtemeting aan de verdamperzijde is complex:**

Deze warmtelevering wordt dan bepaald uit het verschil tussen de warmte-afgifte door de condensor en de aandrijfenergie van de compressor.

Module C: alleen verwarming

(alleen van toepassing bij gebruik van de optie-modules: 1b, 6a en 9a, wanneer de overige componenten van de betreffende module waterzijdig meetbaar zijn)

(getallen in minimaal 3 significante decimalen, bijv. 12500 of 0,0654)

Aandrijf Energie WP

- Tijdens warmtelevering

	in MWh-elek, GJ of m3 gas	Een- heid
01-cw	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Totaal WP (=01-cw)	<input type="text"/>	

Omrekenen naar uniforme eenheid (GJ)

$$1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$$

$$1000 \text{ m}^3 \text{ gas} = 31,65 \text{ GJ}$$

Aandrijf Energie WP

Totaal tijdens warmtelevering

in GJ
U-01-cw

Berekening: Koudelevering = Warmte-afgifte condensor - Aandrijfenergie

- Warmtelevering WP
- Totale aandrijfenergie WP (=U-01-wc)

in GJ
17
U-01

Koudelevering WP
(= warmtetoevoer door bron en eventueel energiedak)

61 (+91)

Lucht-Water-warmtepompen: Overdrachtsmedium aan de verdamperzijde is lucht

* Warmtemeting aan de verdamperzijde is complex:

Deze warmtelevering wordt dan bepaald uit het verschil tussen de warmte-afgifte door de condensor en de aandrijfenergie van de compressor.

Module D: verwarming en koeling

Aandrijf Energie WP		MWh-elek, GJ of m3 gas	Een- heid
• Tijdens pure warmtelevering	01-w	<input type="text"/>	<input type="text"/>
• Tijdens pure koudelevering	01-k	<input type="text"/>	
• Tijdens gecombineerde nuttige warmte en koudelevering	01-c	<input type="text"/> +	
Totaal WP (=01w+01k+01c)	01	<input type="text"/>	

Omrekenen naar uniforme eenheid (GJ)

$$1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ}$$

$$1000 \text{ m3 gas} = 31,65 \text{ GJ}$$

Aandrijf Energie WP	in GJ
Totaal	U-01 <input type="text"/>

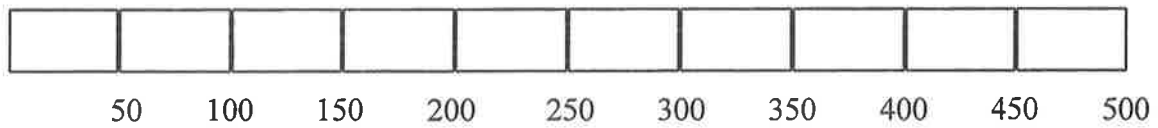
Berekening: Koudelevering = Warmte-afgifte condensor - Aandrijfenergie

		in GJ
• Warmtelevering aan vrije koeling	15	<input type="text"/>
• Warmtelevering aan bron	16	<input type="text"/>
• Warmtelevering aan gebouw	17	<input type="text"/> +
Warmtelevering totaal		<input type="text"/>
Totale aandrijfenergie WP (=U-01)	U-01	<input type="text"/> -
Koudelevering WP	61+81+91	<input type="text"/>

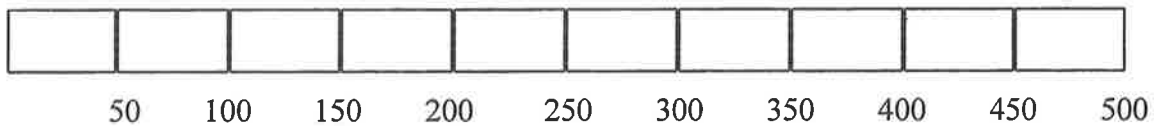
Bijlage I Format presentatie monitoring resultaten

Energiegebruiksgegevens voor klimatisering in MJ per m² gebruiksoppervlakte per jaar

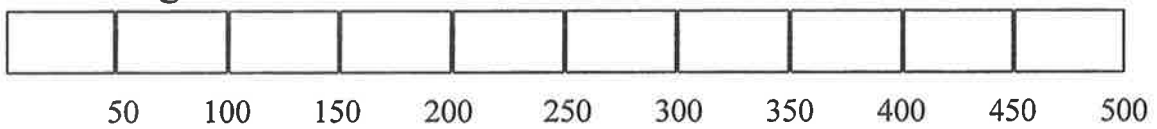
Energietoevoer voor verwarmen en koelen (primaire energie)



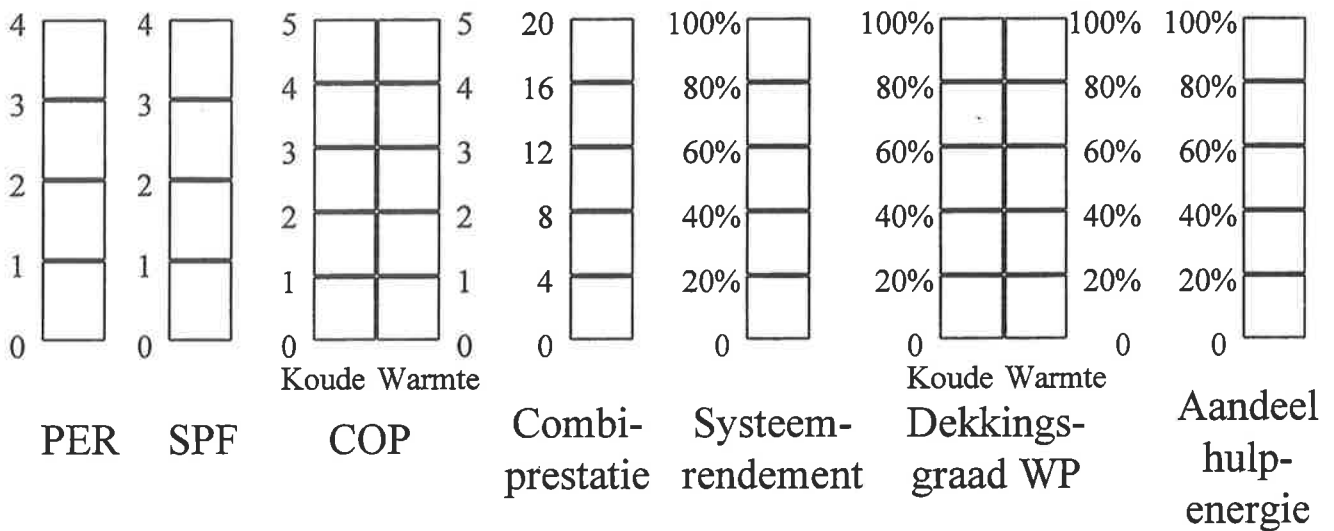
Warmtevraag



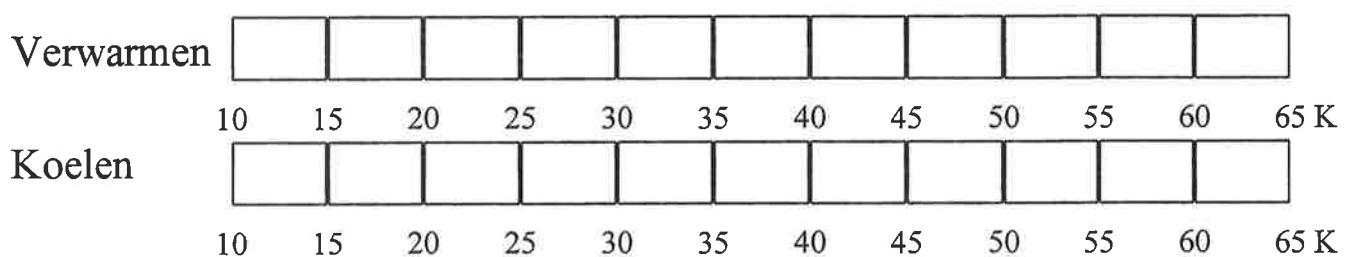
Koudevraag



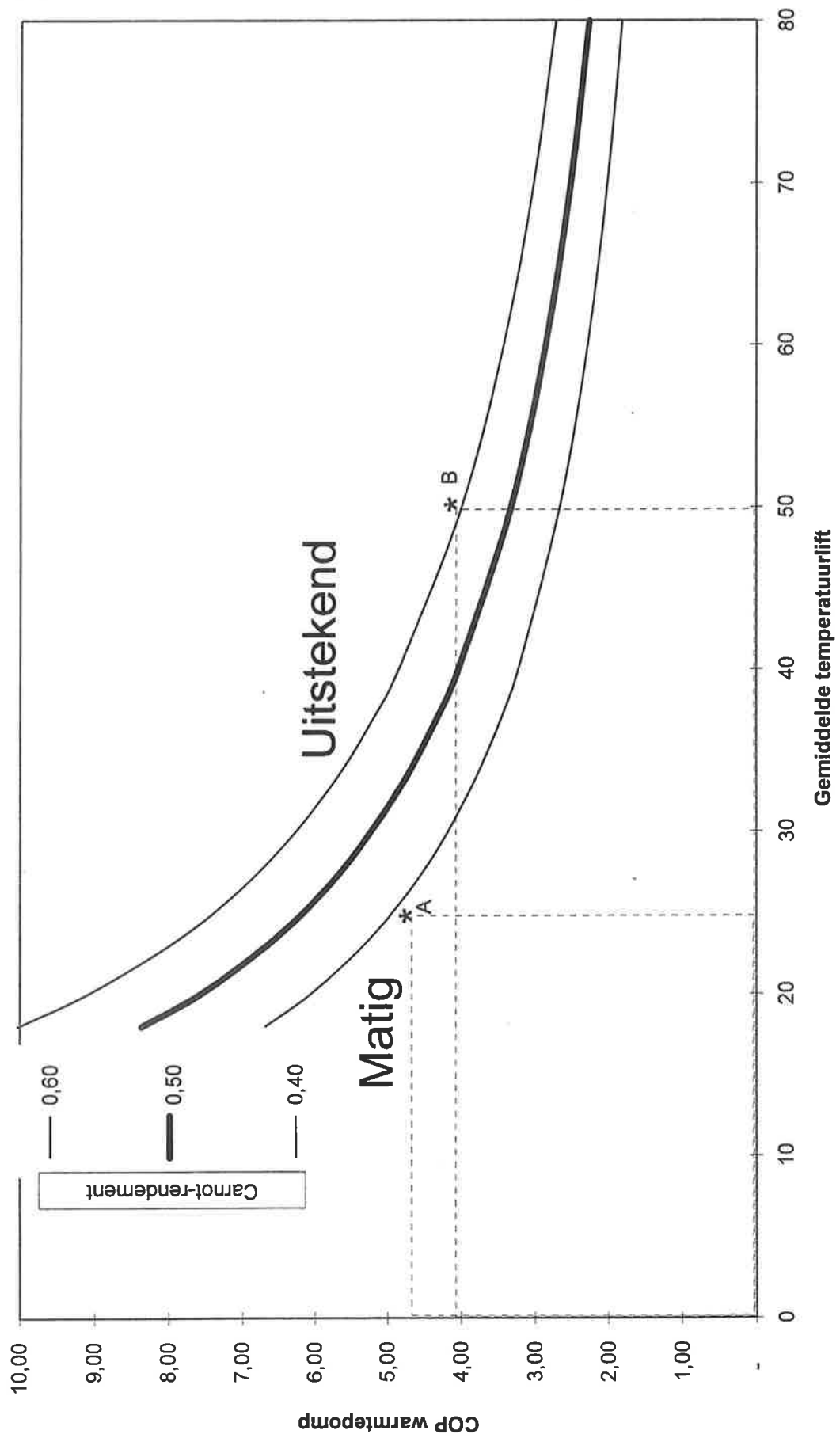
Kengetallen



Gewogen temperatuurlift



Bijlage I2 Format COP als functie van gemiddelde temperatuurlift



Bijlage J **Karakteristieke verschillen van de belangrijkste flowmeters**

De onderstaande opsomming geeft alleen een algemene trend weer aangezien er tussen de diverse aanbieders van flowmeters verschillen in specificaties kunnen optreden. De genoemde prijzen kunnen per leverancier en per type/doorlaat sterk variëren terwijl er bij afname van grotere hoeveelheden flowmeters forse kortingen kunnen worden gegeven. De hier genoemde prijzen zijn catalogusprijzen.

A: Voornaamste typen flowmeters

Mechanische meters:

Eén- of meerstraals vleugelradmeters

Woltmanmeters (turbine)

Statische meters (geen bewegende delen):

Ultrasone meters

Magneto inductieve meters

De verschillende belangrijke flowhoeveelheids-kenmerken, gebruikt bij meetnauwkeurigheid en selectie van de meter, zijn:

Q_{\min} : Minimale registreerbare flowhoeveelheid

Q_t : Overgangsflow (ligt vaak rond $0,1 \times Q_n$)

Q_n : Nominale flow (maximale aanbevolen flowhoeveelheid gedurende lange tijd)

Q_{\max} : Maximaal meetbare flow (ligt vaak rond $2 \times Q_n$)

Voor magneto-inductieve meters wordt de meetnauwkeurigheid op de stromingsnelheid door de meter betrokken.

B: Kenmerken flowmeters

Vleugelradmeters:

Toepassing bij de kleinere flowhoeveelheden tot $Q_n = 15 \text{ m}^3/\text{h}$ en diameter DN = 50 mm.

Relatief grote weerstand: bij Q_n circa 0,1 bar, bij Q_{\max} circa 1 bar.

Nauwkeurigheid: tussen Q_{\min} en Q_t beter dan 5%, tussen Q_t en Q_{\max} beter dan 1%

Prijs is laag, lopend van f 200 voor de kleinste ($Q_n=0,6 \text{ m}^3/\text{h}$) naar f 900 voor de grootste ($Q_n=15 \text{ m}^3/\text{h}$)

Woltmanmeters:

Toepassing bij grotere flows vanaf circa $Q_n = 15 \text{ m}^3/\text{h}$ en diameter $DN = 50 \text{ mm}$.

Lage weerstand : bij Q_n circa 0,015 bar.

Nauwkeurigheid: tussen Q_{\min} en Q_t beter dan 5%, tussen Q_t en Q_{\max} beter dan 3%.

Prijs van f 2500 voor de kleinste ($Q_n=15\text{m}^3/\text{h}$) naar f 2750 voor een $Q_n=45 \text{ m}^3/\text{h}$.

Ultrasone meters:

De weerstand bedraagt bij Q_n circa 0,1 bar

Toepassing over het gehele bereik.

Nauwkeurigheid: tussen Q_{\min} en Q_t beter dan 5%, tussen Q_t en Q_{\max} beter dan 3%.

Prijs is relatief hoog, lopend van f 600 voor de kleinste ($Q_n=0,6\text{m}^3/\text{h}$) naar f 4000 voor de grootste ($Q_n=40 \text{ m}^3/\text{h}$)

Magneto inductieve meters:

Toepassing over het gehele bereik

Indien diameter toegepaste flowmeter gelijk aan de leidingdiameter, dan geen extra weerstand.

Meetfout: bij 0,05 tot 0,5 m/s flowsnelheid tussen 2 en 0,15%. Van 0,5 tot 10 m/s beter dan 0,25% (0,15%).

Prijs is hoog maar over de gehele range van maten praktisch gelijk, tussen f 3000 en 3500.

C: Vergelijking voor een DN50 flowmeter

Vergelijk specifieke weerstand en prijs (deze maat is voor alle vier types verkrijgbaar)

Type meter	$Q_n \text{ (m}^3/\text{h)}$	$\Delta p \text{ (bar) bij } Q_n$	Prijs (fl)
vleugelrad	15	0,2	967
turbine (Woltman)	15	0,025	2500
ultrasoon	15	0,1	2050
magneto-inductief	21	geen	3163

Algemeen: Indien het van groot belang is dat de beïnvloeding van de warmtemeting op het functioneren van de te bemeten installatie minimaal is, dan is de magneto-inductieve meter vanwege het ontbreken van extra weerstand de beste keus.