

TNO-rapport  
TNO-MEP – R 2000/293

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

## Waterzijdig inregelen van verwarmingssystemen in woningen: inregelmethoden

AFK

Datum  
augustus 2000

Auteur(s)  
G.J. Afink

Projectnummer  
29595

NOVEM contractnummer  
221309/1210

Trefwoorden

- verwarmingsinstallatie
- radiatoren
- inregelen
- energiebesparing
- comfort

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.

© 2000 TNO

Bestemd voor  
Nederlandse onderneming voor energie en milieu b.v.  
Postbus 17  
6130 AA Sittard

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.

## Samenvatting

In de Energiebesparingsnota d.d. 7 april 1998 van het Ministerie van Economische Zaken worden een aantal mogelijkheden verkend voor verdere intensivering van het energiebesparingsbeleid. Bij besparingsmaatregelen aan de woning kan onder andere aandacht worden besteed aan waterzijdige inregeling van (CV)-verwarmingssystemen.

Door TNO-MEP is, aansluitend op een probleemverkenning met betrekking tot het waterzijdig inregelen van verwarmingssystemen in woningen [1], geïnventariseerd bij welke installaties waterzijdig inregelen zinvol is. Daarnaast zijn een aantal methoden belicht waarmee CV-installaties in woningen ingeregeld kunnen worden.

De voornaamste conclusies zijn:

- Met verwarmingsinstallaties, waarvan alle radiatoren in bedrijf zijn, kunnen woningen na waterzijdig inregelen met een lager energieverbruik en met een hoger comfort verwarmd worden.
- Verwarmingsinstallaties in de bestaande woningen kunnen op verschillende wijzen worden ingeregeld.  
De standaard (ontwerp)methode, waarmee de inregelstanden van de radiatorafsluiters met behulp van transmissie- en leidingnetberekeningen worden bepaald, is nauwkeurig maar tevens tijdrovend en complex. Voor toepassing bij individuele installaties zijn de kosten daardoor hoog.
- De meest eenvoudige en minst tijdrovende methode voor inregelen van de installatie is de waterhoeveelheid bepalen op basis van het radiatorvermogen en deze met behulp van een meetapparaat in te stellen.  
Gebruik van specifieke meetapparatuur is daarvoor noodzakelijk.

## Inhoudsopgave

Samenvatting .....	2
1. Inleiding .....	4
2. Besparingsmogelijkheden .....	5
2.1 Radiatoren in slaapvertrekken niet in gebruik .....	5
2.2 Radiatoren in slaapvertrekken wel in gebruik .....	5
3. Inregelmogelijkheden.....	7
4. Installatie aanpassing .....	8
5. Globale inspanningen.....	9
6. Kosten .....	12
6.1 Bepalen inregelstand:.....	12
6.2 Instellen klepstand .....	12
7. Samenvatting inregelmethoden .....	14
8. Aanbevelingen tot vervolgonderzoek.....	15
9. Referentie .....	16
10. Verantwoording.....	17

## 1. Inleiding

Doordat centrale verwarmingsinstallaties in woningen meestal niet waterzijdig worden ingeregeld, ontbreekt tevens de hydraulische balans in het watercircuit. De werkelijke warmtelevering in de diverse vertrekken zal dan sterk kunnen afwijken van de gewenste warmtelevering. Met andere woorden: de warmte komt niet op de juiste plaats.

Door waterzijdig inregelen worden de waterstromen door elk deel van de installatie afgestemd op de gewenste waarde. Bij te grote waterstromen door een bepaalde tak krijgt het water niet de gelegenheid om voldoende af te koelen. Hierdoor zal het retourwater met een te hoge temperatuur naar de ketel stromen. Het opwekkingsrendement van de ketel wordt hierdoor nadelig beïnvloed.

Bij correct ingestelde waterstromen krijgt het water in elke radiator een gelijkmatige afkoeling waardoor de retourwatertemperatuur altijd de 'warmtevraag afhankelijke' minimale waarde zal bereiken. De warmteopwekking zal dus altijd met een optimaal rendement plaatsvinden.

De grootte van de energiebesparing is echter per situatie afhankelijk. Uitgaande van een situatie met een toestel op zolder, alle radiatoren continu in gebruik en een (gebruikelijke) waterzijdige onbalans zijn de effecten:

- een betere warmteverdeling in de woning;
- een snellere opwarming van de woning;
- een hoger comfort in de gehele woning;
- een kleiner waterdebiet door de installatie;
- een grotere afkoeling van het cv-water in de radiatoren;
- een lagere retourwatertemperatuur bij de ketel;
- een hoger rendement van de ketel;
- een lager elektrisch energieverbruik door de circulatiepomp;
- een hoger/lager geluidsniveau (stromingsruis).

Naast genoemde positieve zaken is het mogelijk dat het geluidsniveau kan toenemen doordat ter plaatse van de inregelafsluiters bij de gewenste inregelstand te hoge snelheden van het water gaan optreden. Dit probleem kan verminderd worden door:

- het drukverschil over de afsluiter te verplaatsen naar elders in de installatie (in de leidingtak een extra weerstand (restrictie) aanbrengen of de pomp in een lagere stand (toerental) bedrijven); of
- de inregelstand van de afsluiter iets wijzigen (toename van de waterstroom).

In dit rapport worden besparingsmogelijkheden van verschillende installatie varianten in combinatie met de bedrijfsvoering belicht. Op welke wijze installaties ingeregeld kunnen worden en welke aanpassingen noodzakelijk zijn, wordt beschreven in de hoofdstukken 3 en 4. In hoofdstuk 5 wordt aangegeven welke globale inspanningen bij een vijftal inregelvarianten moeten worden uitgevoerd.

## 2. Besparingsmogelijkheden

Of met waterzijdig inregelen een besparing op het energieverbruik kan worden gerealiseerd, is afhankelijk van de opstellingsplaats van het toestel en het gebruik van de installatie.

### 2.1 Radiatoren in slaapvertrekken niet in gebruik

Worden de radiatoren in de slaapvertrekken niet of nauwelijks gebruikt, dan zal waterzijdig inregelen weinig tot geen energiebesparing opleveren. De enige besparing die gerealiseerd kan worden is een lager energieverbruik van de circulatiepomp (schakelstand pomp afstemmen op gewenste waterdebiet). Het comfort kan echter wel iets verbeterd worden.

De inspanning om de installatie waterzijdig in te regelen heeft in deze situaties geen zin, tenzij er klachten zijn ten aanzien van het comfort.

### 2.2 Radiatoren in slaapvertrekken wel in gebruik

#### *Ketel op begane grondvloer*

Staat een toestel op de begane grond en worden de radiatoren in de bovenliggende slaapvertrekken wel gebruikt, dan zal het resultaat zowel een positief als negatief kunnen werken op het energieverbruik.

Effect van de waterstroom naar 1<sup>e</sup> verdieping:

- Indien de waterstroom naar de eerste verdieping te groot is, zal inregelen enige besparing opleveren.
- Is de waterstroom naar de 1<sup>e</sup> verdieping te klein, dan zal het effect negatief zijn.

Een betere verdeling van de warmte op de begane grondvloer zal bij compartimentering enige besparing (enkele procenten) opleveren en zal het comfort hoger kunnen worden.

Bij woningen met een open keuken zal geen besparing aan energie worden gerealiseerd, het comfort kan enigszins toenemen.

#### *Ketel op 1<sup>e</sup> verdieping*

Bij opstelling van de ketel op de 1<sup>e</sup> verdieping geldt in wezen hetzelfde als bij de ketelopstelling op de begane grond.

#### *Ketel op zolder*

Staat het toestel op de zolderverdieping dan zijn besparingen mogelijk tot ca. 25% (of meer).

*Thermostatische radiatorventielen (TRA)*

Worden instelbare thermostatische ventielen toegepast, dan zullen bij nominale warmtevraag alle ventielen openstaan en is de waterstroming optimaal. Neemt de warmtevraag af, dan wordt de waterstroming beïnvloed door sluitende ventielen. Wordt er geen constante drukregeling toegepast (voor woningen niet gebruikelijk) dan zal de waterverdeling, bij een warmtevraag kleiner dan nominaal, wijzigen. Sluiten de ventielen in de slaapvertrekken dan neemt de waterstroming op de begane grond toe. De retourwatertemperatuur van de strang zal daardoor stijgen, waardoor het rendement van de warmteopwekking zal afnemen (vooral als HR-ketels worden toegepast en het condensatie gebied wordt verlaten).

In tabel 1 zijn enkele situaties weergegeven. Het doel van deze tabel is om effecten van waterzijdig inregelen van enkele installatie varianten in relatie tot de bedrijfsvoering van de installaties globaal aan te geven.

Worden alleen de radiatoren in de woonkamer (begane grond vloer) gebruikt, dan is het besparingseffect minimaal en in de tabel met 0% weergegeven. De besparing op het elektrische energiegebruik (pompenergieverbruik) is niet in de tabel opgenomen.

Worden alle radiatoren in de woning gebruikt, dan is het besparingseffect met + of - aangegeven.

Exacte waarden zijn niet aan te geven, dit hangt af van de situatie ter plekke (ketel-lopstelling en waterverdeling).

Besparingen tot ca. 25% of meer zijn mogelijk.

Tabel 1 Overzicht mogelijke energiebesparing door waterzijdig inregelen

Plaats toestel	Leiding-systeem	Besparing door inregelen			
		Rad. bg. vloer in gebruik		Alle rad. in gebruik	
		St. rad. vent <sup>1</sup>	TRA	St. rad.vent	TRA
Zolder	1-pijp	0	0	+	0
	2-pijp	0	0	+	+/-
1 <sup>e</sup> verdieping	1-pijp	0	0	+	-
	2-pijp	0	0	+	+/-
begane grond	1-pijp	0	0	+	0
	2-pijp	0	0	+	+/-

<sup>1</sup> St. rad.vent = instelbaar radiator ventiel, met mogelijkheid tot inregelen.

0 geen besparing

+ besparing > 0

- toename energieverbruik

### 3. Inregelmogelijkheden

De waterstromen kunnen met de volgende componenten worden ingesteld:

- dubbelinstelbare radiatorventielen;
- instelbare voetventielen;
- stranginregelafsluiters;
- instelbare thermostatische ventielen.

Meest toegepast zijn de dubbelinstelbare radiatorventielen, waarbij de maximum doorlaat opening van de afsluiter wordt begrensd door het kleplichaam of een bus met een tangentiaal profiel in het huis.

Ombouwen van normale ventielen tot instelbare ventielen door vervanging van het binnenwerk wordt echter niet meer toegepast in verband met het gecompliceerde zoekwerk naar een passend binnenwerk.

Stranginregelafsluiters worden vooral bij collectieve verwarmingssystemen toegepast, soms ook bij individuele installaties met een éénpijpsysteem.

Tabel 2 *Inregelmogelijkheid*

Ventiel	Plaats	Instelling	Effect
dubbel instelbaar ventiel	elke radiator	volumestroom/radiator	warmtelevering/radiator
instelbaar voetventiel	elke radiator	volume stroom/radiator	warmtelevering/radiator
stranginregelafsluiter	elke strang	volumestroom /strang	warmtelevering/strang
thermostatisch ventiel	radiator <sup>1)</sup>	volumestroom/radiator	warmtelevering/radiator

<sup>1)</sup> niet op alle radiatoren aanbrengen

#### **4. Installatie aanpassing**

Indien geen instelmogelijkheden aanwezig zijn, kunnen verschillende opties worden toegepast.

Deze opties zijn:

- vervangen van de radiatorafsluiter door een dubbelinstelbaar ventiel;
- aanbrengen van een instelbaar voetventiel;
- vervangen van de radiatorafsluiter door een instelbaar thermostatisch ventiel.

De modificaties kunnen worden uitgevoerd door het circuit geheel af te tappen of door invriezen van leidingdelen ter plaatse van de afsluiters (aanvoer- en retourleiding van de radiator).

Soms moeten de leidingen ter plaatse van de radiator worden aangepast in verband met de inbouw lengte van de afsluiters. Voetventielen worden normaliter niet toegepast, zodat bij montage hiervan de leidingen moeten worden gewijzigd.



## 5. Globale inspanningen

### 1. *Ontwerpberekeningen van de installatie zijn beschikbaar.*

Indien van de woning alle ontwerpgegevens zoals transmissieverliesberekening, radiatorenselectie en leidingnetberekening aanwezig zijn, en er zijn dubbelinstelbare radiatorventielen geplaatst, dan is de inregeling eenvoudig uit te voeren. Van elke radiatorafsluiter is de inregelstand te bepalen met behulp van de **leidingnetberekening** en de afsluiterkarakteristiek van de betreffende radiator afsluiter en met behulp van een speciale inregelsleutel in te stellen. Bij deze mogelijkheid moet echter wel gecontroleerd worden of de installatie is aangelegd volgens de ontwerpgegevens.

De benodigde tijd voor het controleren van de installatieconfiguratie, het bepalen van de inregelstand en het inregelen zelf is voor een enkele woning binnen ca. 4 uren te realiseren. Bij identieke woningen is voor de tweede en volgende woningen voor het inregelen van de totale installatie  $\pm 1$  uur nodig.

### 2. *Installatieberekeningen alsnog uitvoeren ter verkrijging van nauwkeurige instelgegevens.*

Indien geen berekeningen aanwezig zijn, en men wil een hoge mate van nauwkeurigheid nastreven, dan kunnen deze berekeningen alsnog worden uitgevoerd met behulp van relevante computerprogramma's (transmissie, leidingnet). De aanwezige radiatoren worden in de leidingnetberekening opgenomen.

Uit de berekeningen en de afsluiterkarakteristieken worden de inregelstanden bepaald. Indien de aanwezige afsluiters instelbaar zijn, kunnen deze ingeregeld worden.

Zijn de bestaande afsluiters niet instelbaar dan moeten deze vervangen worden door instelbare ventielen (gegevens van deze ventielen dienen in de leidingberekening te worden opgenomen). Voor de inspanning voor het vervangen van de afsluiters moet ongeveer  $\frac{1}{2}$  uur per afsluiter worden gerekend. De inregelstand van het ventiel kan tijdens de montage worden ingesteld.

De totale werkinspanning (opname ter plaatse, berekenen, vervangen en inregelen) wordt geschat op ca. 1 dag (installatie met 9 radiatoren, zonder las- of extra fitwerk).

### 3. *Globale vaststelling inregelstand.*

Indien men geen hoge nauwkeurigheid nastreeft, kunnen de werkzaamheden voor het bepalen van de inregelstand beperkt blijven tot de volgende:

Controleer of het opgestelde radiatorvermogen toereikend is (om de vertrekken op de gewenste temperatuur te houden) en globaal overeenkomt met, of kleiner is dan het ketelvermogen.

Voor het transport en distributie van dit vermogen moet de circulatiepomp een bepaald debiet leveren. Dit waterdebiet is te bepalen met de vermogensformule  $P = q_m \cdot c_w \cdot \Delta T$ . De  $\Delta T$  over de ketel is meestal 20K zodat voor het totale waterdebiet geldt:  $q_m = P / (4200 \cdot 20)$  kg/s.

Met behulp van de pompkarakteristiek kan het drukverlies over het systeem worden afgeleid.

Bepaal met behulp van de vermogensformule ( $P = q_m \cdot c_w \cdot \Delta T$ ) het waterdebiet door elke radiator.

Nu moet het weerstandsverlies van de leidingen worden ingeschat.

Past men instelbare radiatorventielen toe, dan moet de leidingweerstand per radiatortak bekend zijn. Dit is een moeilijk facet en vergt een grote mate van installatiekennis. Indien de weerstand van elke radiator bekend is en de totale leidingweerstand is berekend met behulp van de pompkarakteristiek, dan kan op basis van de leidinglengte (radiatortak) een schatting worden gemaakt van de leidingweerstand.

De weerstanden van alle radiatortakken moeten gelijk zijn. De langste tak (meestal de grootste weerstand) is bepalend voor de overige takken. Per tak moet een extra weerstand bijgeteld worden om dezelfde weerstand van de langste tak te verkrijgen. Deze extra weerstand en de doorstroomhoeveelheid zijn bepalend voor de inregelstand van de afsluiter.

Met behulp van meetapparatuur is het echter veel eenvoudiger om de gewenste (globaal berekende) waterdebieten in te stellen.

#### *4. Globale vaststelling inregelstand door middel van meten.*

De gewenste (globaal berekende) waterdebieten kunnen op eenvoudige wijze worden ingesteld indien men beschikt over relevante meetapparatuur.

##### *Toepassing van een voetventiel met drukmeetnippels*

Op de meetnippels wordt een meetapparaat aangesloten dat direct de doorstromende waterhoeveelheid aangeeft. Door het kleplichaam in het voetventiel te verstellen wordt de gewenste hoeveelheid ingesteld.

##### *Toepassing van opbouw meetapparatuur*

Indien men de beschikking heeft over een waterdebietmeter die op de leiding wordt gemonteerd (clamp-on), is de waterhoeveelheid met zowel een instelbaar radiatorventiel als een voetventiel goed in te stellen.

Belangrijk is dat de circulatiepomp op die stand wordt gezet waarbij de gewenste totale waterstroom geleverd kan worden. Men zet eerst alle afsluiters volledig open en begint met het inregelen van de langste radiatortak. Vervolgens werkt men naar de ketel toe. Als alle afsluiters zijn ingeregeld, moet er op alle afsluiters als nacontrole een extra meting worden uitgevoerd.

5. *Inregelen op basis van gelijke temperatuurverschillen over de radiatoren.* Een zeer globale inregelmethode is het meten van de temperatuurverschillen over elke radiator en deze verschillen gelijk te maken door de afzonderlijke inregelventielen te verstellen. Of er bij deze methode de gewenste hoeveelheid water circuleert en/of bij ontwerpcondities het comfort in de woning gerealiseerd kan worden, is op het moment van inregelen onbekend. Deze methode geeft geen enkele garantie op een correcte verdeling van de waterstroming.

In tabel 4 is een overzicht gegeven van de inspanningen voor verschillende werkmethode om installaties waterzijdig in te regelen.

Tabel 4 *Inspanningen bij verschillende werkmethode t.b.v. inregelen*

Inspanning	Transmissie berekening	Radiator vermogen	Leiding berekening	Water Debiet	Instel stand	Inregelen
0 geen	aanwezig	bekend	aanwezig	bekend	bekend	ingesteld
1 bepalen waterdebiet +klepstand	aanwezig	bekend	aanwezig	bekend	bepalen	instellen
2 nauwkeurige vaststelling	computer	opname	computer	computer	bepalen <sup>1</sup>	instellen
3 globale vaststelling	geen	opname	opname	berekenen	bepalen <sup>1</sup>	instellen
4 globale vaststelling + meten	geen	opname	geen	berekenen	meten <sup>2</sup>	instellen
5 globale vaststelling op $\Delta T_{rad}$	nvt	nvt	nvt	nvt	meten <sup>3</sup>	instellen

<sup>1</sup> bepaling inregelstand door schatting van de weerstanden in leidingen etc.

<sup>2</sup> de waterstroom door de radiator wordt gemeten met speciale meetinstrumenten (clamp-on of  $\Delta p$ -meters).

<sup>3</sup> meten van het temperatuurverschil over de radiatoren

## 6. Kosten

De kosten van het waterzijdig inregelen bestaan uit twee onderdelen. De inspanning voor het bepalen van de inregelstand van de diverse afsluiters en het instellen van de gewenste klepstanden (inclusief het aanbrengen/vervangen van afsluiters).

### 6.1 Bepalen inregelstand:

#### Op basis van leidingnetberekening

Voor het bepalen van de inregelstanden zijn berekeningen vereist. Deze inspanning is het grootst als alle berekeningen (transmissie, leidingnet, keuze radiatoren, interpretatie klepkarakteristieken) moeten worden uitgevoerd. Voor aanvang moet er een opname van de woning plaatsvinden waarbij alle afmetingen, warmteweerstanden van de wanden, de leidingnetconfiguratie en aanwezige radiatoren worden vastgelegd.

De inspanningen worden minder als bovengenoemde berekeningen aanwezig zijn. Bij de seriematige bouw kan men met 1 berekening per woningtype volstaan. Bij niet seriematige bouw moet men per locatie de berekeningen uitvoeren.

#### Op basis van opgesteld radiatorvermogen

Voor het instellen van de afsluiters moet het waterdebiet per radiator worden berekend (zie hiervoor hoofdstuk 5). Met behulp van meetapparatuur kunnen de gewenste waterdebieten snel worden ingesteld.

### 6.2 Instellen klepstand

Afsluiters vervangen en inregelen met de berekende instelstanden of met behulp van waterdebiet meetapparatuur ( $\Delta p$ -meting of clamp-on meting)

Tabel 5 *Materiaalkosten*

	Theoretische bepaling inregelstand	Globale bepaling inre- gelstand	Materiaal fi/stuk	Vervangen afsluiters fi/stuk	Inregelen fi/stuk
Radiatorafsluiter	x uren	y uren	15-20	30	5
Voetventiel			10-15	30	5
TRA+kop			50-60	30	5

**Tabel 6** *Globale kosten van werkzaamheden voor waterzijdig inregelen*

	Tijdsduur	Kostprijs (1)	Kostprijs materiaal (2)	Totale prijs 1 + 2)
Simpele berekening	(x+y) uren	uren x tarief		
Montage ventielen	m uren	uren x tarief		
Instellen	i uren	uren x tarief		

## 7. Samenvatting inregelmethoden

In hoofdstuk 5 zijn de volgende mogelijkheden omschreven:

- de standaard berekeningsmethode met behulp van computerprogramma's;
- de benaderingsmethode waarbij op basis van ervaring en het opgestelde vermogen een schatting wordt gemaakt van de waterstromen en weerstanden per radiatorak;
- globale bepalingsmethode van de waterstromen door elke radiator;
- instellen van de waterstromen met behulp van specifieke meetapparatuur;
- zeer globale inregelmethode op basis van gelijke  $\Delta T$  over de radiatoren.

De meest eenvoudige en minst tijdrovende methode voor inregelen is de waterhoeveelheid bepalen op basis van het radiatorvermogen en deze met behulp van een meetapparaat in te stellen.

Bij gebruik van meetapparatuur kunnen de werkinspanningen tot een minimum beperkt blijven, waarbij voor het instellen van de waterhoeveelheden geen specifieke opleiding noodzakelijk is.

De aanschaf van deze meetapparatuur is echter alleen interessant als het apparaat veelvuldig wordt gebruikt.

Enkele meetapparaten zijn:

- $\Delta p$ -meter in combinatie met speciale voetventielen (meetnippels);
- clamp-on meter die bij elke instelbaar ventiel toegepast kan worden.

Clamp-on meters zijn fors duurder dan  $\Delta p$ -meters, doch zijn bij elke instelmogelijkheid toepasbaar. Daarnaast zijn clamp-on meters universeel toepasbaar voor andere doeleinden.

## **8. Aanbevelingen tot vervolgonderzoek**

De in dit rapport genoemde inregelmethoden van bestaande verwarmingsinstallaties zijn een opsomming van de meest voor de handliggende mogelijkheden. Door middel van praktijkonderzoek zal moeten worden vastgesteld welke inregelmethoden en aanpassingen van de installaties in samenhang met werkinspanning en kosten de hoogste energiebesparing op zal leveren. Met de in dit praktijkonderzoek opgedane kennis en ervaring kan een opleidingsmoduul worden samengesteld dat geschikt is voor kennisoverdracht ten behoeve van de installatiebranche.

## 9. Referentie

- [1] **Probleemverkenning waterzijdig inregelen van CV-verwarmingsinstallaties in woningen**  
TNO-rapport TNO-MEP R 99/002  
G.J. Afink.



## 10. Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever:

Nederlandse onderneming voor energie en milieu b.v.

Postbus 17

6130 AA Sittard

Namen en functies van de projectmedewerkers:

G.J. Afink - onderzoeksleider

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

n.v.t.

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

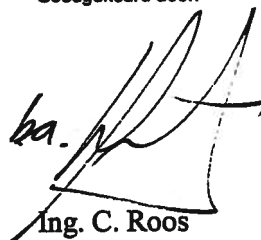
Juli 2000

Ondertekening:



G.J. Afink  
onderzoeksleider

Goedgekeurd door:



Ing. C. Roos  
afdelingshoofd