

TNO-rapport
TNO-MEP – R 99/002

TNO Milieu, Energie
en Procesinnovatie

Probleemverkenning waterzijdig inregelen van CV-verwarmingssystemen in woningen

AFK

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

Datum
januari 1999

Auteur(s)
G.J. Afink

Projectnummer
29595

NOVEM contractnummer
168140.6602

Trefwoorden
- verwarmingsinstallatie
- radiatoren
- inregelen
- energiebesparing
- comfort

Bestemd voor
NOVEM
Postbus 17
6130 AA Sittard

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

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 een probleemverkennd onderzoek uitgevoerd naar effecten die bij het waterzijdig inregelen van cv-verwarmingssystemen een rol spelen.

De voornaamste conclusies zijn:

Uit diverse publikaties en praktijkonderzoeken blijkt dat cv-verwarmingssystemen in woningen niet of onvoldoende waterzijdig worden ingeregeld.

Het waterzijdig inregelen van verwarmingssystemen in woningen bij nieuwbouw en bestaande bouw kan resulteren in een besparing van het energieverbruik, als alle radiatoren in bedrijf worden gehouden om de woning te verwarmen en de radiatoren niet zijn voorzien van thermostatische radiatorcrans.

Uitzonderingen hierop zijn als de niet geregelde vertrekken een te lage ruimtetemperatuur hebben. Door inregelen neemt hierbij naast het comfort het energieverbruik juist toe.

Worden cv-systemen waterzijdig goed ingeregeld dan zal de warmteverdeling in de woning correct zijn waardoor de ruimtetemperaturen op de gewenste niveau's komen te liggen. Het comfort wordt hierdoor verhoogd.

Bij tweepijp-systemen zijn energiebesparingen mogelijk van 10-25%, afhankelijk van de opstellingsplaats van de ketel en het type ketel (bij zolderopstelling is de besparing het grootst).

Tevens dalen de watertemperaturen en wordt de toepassing van de HR-ketel beter benut.

Bij eenpijp-systemen zijn besparingen mogelijk als de installatie uit meerdere strangen bestaat met een verdeling over verschillende verdiepingen. Deze besparingen zijn aanzienlijk lager omdat het water door de gehele strang langs alle radiatoren wordt gecirculeerd (geen kortsluiting per radiatorcircuit zoals bij een tweepijp-systeem). Een indicatie van de te verwachten besparingen is niet direct te geven, verwacht wordt dat het enkele procenten zal kunnen zijn. Wel wordt het comfort en de aanwarmingssnelheid verbeterd.

Inregelen van cv-systemen kan op eenvoudige wijze worden uitgevoerd indien de radiatoren zijn voorzien van instelbare radiatorcrans of voetventielen. Met be-

hulp van leidingnetberekeningen en afsluiterkarakteristieken kunnen de in te stellen standen van de afsluiters worden bepaald.

Door waterzijdig inregelen neemt de circulerende waterhoeveelheid meestal af, waardoor het elektrisch energieverbruik van de pomp lager wordt en het eventuele stromingsgeluid in het systeem afneemt.

Uit praktijkonderzoek in 66 woningen bleek dat de watertemperaturen na de waterzijdige inregeling ca. 7-10K lager werden bij dezelfde warmtelevering en buitencondities. Doordat het watertemperatuurniveau lager wordt, zal het rendement van de ketel positief worden beïnvloed.

Na-isoleren van woningen resulteert in een te groot opgesteld radiatorvermogen. Hierdoor kunnen de watertemperaturen in het verwarmingssysteem lager worden ingesteld en neemt het rendement van de warmteopwekking toe. Door na-isolatie kan de verhouding van de warmtebehoefte van de diverse vertrekken ten opzichte van de oude situatie onevenwichtig worden beïnvloed. Is dit het geval dan is waterzijdig inregelen een noodzaak om het nieuwe evenwicht in de warmteverdeling weer tot stand te brengen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inhoudsopgave.....	4
1. Inleiding	5
2. Ontwerp van een verwarmingsinstallatie.....	6
3. Inregelen.....	8
4. De praktijk.....	9
4.1 Praktijkonderzoek.....	9
4.2 Oorzaken waarom er niet of onvoldoende wordt ingeregeld	10
4.3 Effecten door niet waterzijdig inregelen	12
5. Besparingspotentiëlen	13
5.1 Beschouwingen energiebesparing bij verschillende installatie uitvoeringen en installatie gebruik.....	13
5.2 Neven effecten.....	14
6. Aanpassen radiatoren in de praktijk.....	15
6.1 Randvoorwaarden.....	15
7. Conclusies	17
8. Aanvullend onderzoek	19
9. Literatuur.....	20
10. Verantwoording	21

1. Inleiding

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 waterzijdig inregeling van (CV)-verwarmingssystemen.

Om inzicht te krijgen in aspecten die bij waterzijdig inregelen een rol kunnen spelen, is door TNO-MEP een probleemverkenning met betrekking tot het waterzijdig inregelen van verwarmingssystemen uitgevoerd.

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.

Doel van het onderzoek is het in kaart brengen van de effecten die waterzijdig inregelen van CV-verwarmingsinstallaties in woningen op kunnen leveren.

De vraag is of waterzijdig inregelen noodzakelijk is. Kan door inregelen o.a. energie worden bespaard, wordt het comfort (thermische behaaglijkheid) beïnvloed en treden andere effecten op?

Indien energie kan worden bespaard, is de vraag hoeveel er bespaard kan worden en op welke wijze deze inregeling kan worden gerealiseerd.

In dit rapport wordt een beschouwing gegeven waarom cv-installaties niet worden ingeregeld, bij welke gebruikstoepassing en/of systeemconfiguraties wel of geen besparingen te verwachten zijn en welke mogelijkheden er zijn om bestaande systemen alsnog in te kunnen regelen.

2. Ontwerp van een verwarmingsinstallatie

Bij het ontwerp van een verwarmingsinstallatie wordt op basis van de warmteverliesberekening bepaald hoeveel verwarmingsvermogen in de diverse vertrekken moet worden opgesteld om onder ontwerpcondities de diverse vertrekken op de gewenste temperatuur te houden.

Nadat het op te stellen verwarmingsvermogen bekend is, wordt een watercircuit geconfigureerd waarbij de leidingloop wordt bepaald door de opstellingsplaatsen van de cv-ketel en de verwarmingselementen en door de geometrie van de woning. Een transportsysteem voor woninginstallaties wordt meestal op de volgende wijzen uitgevoerd:

- als een tweepijp-systeem, waarbij alle verwarmingslichamen parallel zijn aangesloten, meestal onderverdeeld in strangen;
- als een éénpijp-systeem, waarbij alle verwarmingslichamen in serie met elkaar staan, meestal onderverdeeld in strangen.

De opstellingsplaats van de cv-ketel is bij eengezinswoningen meestal op de zolderverdieping, doch andere plaatsen zoals 1^e verdieping en begane grond komen ook voor. Bij flatwoningen met eigen ketel is alles gelijkvloers opgesteld, bij collectieve verwarming is het verwarmingssysteem van de woning op een centraal verdeelnet aangesloten.

De verwarmingsinstallatie wordt meestal centraal met een kamerthermostaat in de woonkamer geregeld met handmatige naregeling door de radiatorafsluiters. Bij toepassing van een temperatuurregeling met stooklijnen wordt vaak nageregeld met thermostatische radiatorkranen.

Bij het vaststellen van de diameters van de leidingen moet rekening worden gehouden met de hoeveelheid water die door de leiding moet stromen, waarbij de stroomsnelheid niet te hoog mag worden ($v < 1$ m/s) in verband met beperking van de geluidsproductie door stroming.

Uitgangspunten bij de bepaling van de waterstromen is dat het verwarmingsvermogen wordt afgegeven bij een temperatuurverschil van 20K (traditionele toepassing) over de verwarmingslichamen. Bij lage temperatuurverwarmingssystemen is het ontwerp temperatuurverschil ca. 10 - 15K.

Tevens moet de stromingsweerstand in het watercircuit binnen aanvaardbare grenzen blijven om met de standaard circulatiepompen de gewenste waterhoeveelheid te kunnen transporteren.

Voor beide systemen geldt dat voor het verkrijgen van een hydraulisch evenwicht (=ontwerp waterdebieten) er ingeregeld moet worden.

Bij een éénpijp-systeem is dit eenvoudiger dan bij een tweepijp-systeem, omdat het water langs en door alle radiatoren stroomt die in een strang zijn opgenomen. De waterstroming door de radiator wordt met behulp van de aansluitcombinatie ingesteld. Meestal stroomt bij volledig geopende afsluiter 50% van het nominale

debiet door de radiator en 50% wordt via de bypass in de aansluitcombinatie doorgelaten. Bij meerdere strangen moet de weerstand over de verschillende strangen wel gelijk zijn (door middel van een strang inregelventiel).

Bij een tweepijp-systeem vormt elke radiator met de cv-ketel een circuit. Elk circuit moet een even grote weerstand hebben wil er sprake zijn van een hydraulische balans. Omdat de lengte van elk circuit (tussen ketel en radiator) varieert, moet de in te stellen weerstand per circuit eerst berekend worden en daarna zo goed mogelijk worden ingesteld met behulp van een instelmechanisme (dubbel instelbare radiatorkraan of voetventiel).

Met behulp van leidingnetberekeningen wordt bepaald hoe groot de extra weerstand per radiatoraansluiting moet zijn voor het verkrijgen van het hydraulische evenwicht in het systeem. Gebruik makend van de afsluiterkarakteristieken van de radiatorkraan of voetventiel wordt de in te stellen stand bepaald.

3. Inregelen

Bij het ontwerp van een verwarmingsinstallatie wordt altijd uitgegaan van een gelijkmatige verwarming van de gehele woning. Immers de warmtestromen in de vertrekken worden bepaald door het temperatuurverschil over de wanden. Dit betekent dat alle radiatorcranken geopend moeten zijn om de gewenste ruimtetemperaturen te realiseren.

Wordt bij een éénpijp-systeem niet ingeregeld (standaard instelling aansluitcombinatie is 50/50), dan zal de waterstroming door de strang zich instellen op basis van het aangeboden drukverschil dat wordt opgewekt door de circulatiepomp. Bij meerdere strangen zal de verdeling van de stroming door de strangen zich instellen op basis van de weerstand over de verschillende strangen. Hierdoor kan de warmteverdeling per strang ongunstig worden beïnvloed.

Bij een tweepijp-systeem zal de radiator die het dichtst bij de ketel is geplaatst meer water krijgen dan de verderop geplaatste radiatoren. Hierdoor ontstaat een zeer ongelijkmatige verdeling van de warmte in de woning. Tevens is de kans reëel dat de laatste radiatoren veel te weinig water krijgen zodat er onvoldoende warmte kan worden afgegeven. De gebruiker ervaart dit als onbehaaglijk (koud). De installateur zal in dit geval meestal het toerental van de circulatiepomp verhogen waardoor de bewuste radiatoren meer water krijgen. Dit heeft geen effect op de waterverdeling, echter de stroming door de andere radiatoren neemt hierbij eveneens toe. Dit resulteert in te hoge vertrektemperaturen en daarmee nemen de transmissieverliezen door de gevels en de ventilatie verliezen toe (toename energieverlies).

Kenmerkende fouten die optreden als het systeem niet waterzijdig wordt ingeregeld:

- afwijkende waterdebieten (moelijk direct meetbaar);
- te warmte of te koude vertrekken;
- verschillende retourwatertemperaturen per radiator.

4. De praktijk

Uit diverse onderzoeken naar klachten ten aanzien van de behaaglijkheid in woningen, uit de vakliteratuur en uit opleveringsmetingen van verwarmingsinstallaties blijkt dat waterzijdig inregelen van woninginstallaties meestal achterwege blijft.

Bij het zoeken naar de oorzaken van de klachten blijkt vaak dat er geen warmteverliesberekeningen en/of leidingnetberekeningen voorhanden zijn (of nooit zijn gemaakt).

4.1 Praktijkonderzoek

Bij een onderzoek naar het energieverbruik van 66 identieke nieuwbouwwoningen in Oosterhout [1] is door middel van metingen in één woning vastgesteld dat de verwarmingsinstallatie niet was ingeregeld.

De verwarmingsinstallatie is opgebouwd uit een tweepijp-systeem met de ketel opgesteld op de zolderverdieping. De temperatuurregeling werd gerealiseerd met behulp van de thermostaat in de woonkamer. De circulatiepomp stond op de hoogste stand ingesteld.

Uit de meting van de aanvoer- en retourtemperatuur van de radiatoren bleek dat in het temperatuurniveau van de retour grote verschillen optrad (zie tabel 4.1).

Bij navraag bleek dat geen enkele woning waterzijdig was ingeregeld. Door een eenvoudige leidingnetberekening uit te voeren, zijn met de resultaten alle radiatorafsluiters met behulp van de afsluiterkarakteristieken de radiatorcranken handmatig ingesteld.

In tabel 4.1 zijn de gemeten waarden van 1 woning voor en na de inregeling weergegeven.

Tabel 4.1 Meetwaarden voor en na de waterzijdige inregeling in één woning

Vertrek	voor inregeling °C	na inregeling °C
T retour slaapkamers	62	53
T retour badkamer	64	53
T retour woonkamer	42	53
T retour keuken	52	53
T retour hal	52	53
T aanvoer ketel	70	64
T retour ketel	60	53

Aan de hand van de gemeten temperaturen en de radiatorgegevens van de fabrikant zijn de afgegeven vermogens berekend.

In tabel 4.2 zijn de berekende afgegeven vermogens weergegeven

Tabel 4.2 *Berekende afgegeven vermogens in de vertrekken van één woning*

Vertrek	voor inregeling Watt	na inregeling Watt
slaapkamers	2389	1928
badkamer	1068	831
woonkamer	2175	2175
keuken	794	796
hal	464	390
totaal vermogen	6890	6120

Uit de resultaten van de inregeling bleek dat het afgegeven vermogen bij gelijke buitencondities afnam met ca. 11%. Het temperatuurverschil over de ketel nam toe van 10 tot 11K, waarbij de retourwatertemperatuur daalde van 60 naar 53°C. Bij toepassing van een HR-ketel zal het rendement door de lagere retourwatertemperatuur met enkele procenten stijgen (in deze woning ca. 3%).

Nadat deze vermindering van de energiebehoefte in één woning werd gerealiseerd is besloten om alle woningen op dezelfde wijze in te regelen.

Gedurende het meetonderzoek naar het energiegebruik van de installaties kwam men er achter dat vijf woningen met HR-ketels niet waren ingeregeld. Er werd besloten dit alsnog uit te voeren. Van deze vijf woningen heeft men het effect van waterzijdig inregelen expliciet onderzocht. De besparingen die werden geconstateerd waren gemiddeld ca. 27% ten opzichte van de niet ingeregelde situatie met HR-ketels.

Door TNO-MEP zijn tevens ca. 30 opleveringsmetingen uitgevoerd aan installaties in diverse legeringsgebouwen, werkgebouwen en werkplaatsen bij Defensie. Radiatorensystemen, luchtverwarmingssystemen en ventilatiesystemen werden hierbij onderzocht [2].

Het resultaat van deze metingen was dat ca. 60-70% van de installaties in eerste instantie niet voldeed aan de eisen die in het bestek werden genoemd (te weinig water, te weinig lucht en te veel geluid). Na opnieuw inregelen van de installaties bleek dat ca. 20-30% nooit de vereiste hoeveelheden zullen kunnen leveren. Bij de onderzoeken werden afwijkingen van 10% van de hoeveelheden volgens het bestek toegelaten (mogelijke meetfouten).

4.2 Oorzaken waarom er niet of onvoldoende wordt ingeregeld

Er is geen eenduidig antwoord te geven op de vraag waarom in de praktijk de inregeling van verwarmingsinstallaties in woningen niet plaats vindt. De oorzaak ligt waarschijnlijk in een samenspel van onderstaande factoren ten aanzien van:

- kostenaspect t.b.v. extra werk in relatie tot de concurrentie:
 - berekeningen maken (transmissie, leidingnet);
 - duurdere componenten (inregel-, instelbare radiatorafsluiter/voetventiel);
- kennis van installateur:
 - niet of niet voldoende aanwezig;
 - uitgaan van eenvoudige installatie uitvoering gebaseerd op praktijkgegevens: diameter leidingen 22/15 mm;
 - voor eenvoudige inregelmethode met sleutel is een leidingnetberekening nodig + interpretatie van afsluiterkarakteristieken;
- oplevering door installateur:
 - geavanceerde meetapparatuur t.b.v. inregelen te duur;
 - geen tijd uittrekken voor goede oplevering;
 - opdrachtgever eist geen opleveringsrapport;
- opdrachtgever:
 - de installatie moet zo goedkoop mogelijk (uitkleden van de installatie-uitvoering);
 - geen duidelijk eisenpakket ten aanzien van de prestaties;
 - meestal niet de gebruiker van de installatie (WBV's, projectontwikkelaars);
 - eist geen gedegen opleveringsrapport.

Bij grootschalige projecten worden de verwarmingsinstallaties openbaar aanbesteed. Dit betekent een gigantische concurrentiestrijd die uitmondt in extreem lage installatiekosten. Omdat de installateur er niet aan wil verliezen en daarbij eventueel genoeg neemt met lagere winstmarges, wordt er op diverse kostenposten bespaard. Hierbij worden meestal installatie onderdelen van “mindere kwaliteit” geselecteerd en worden er geen gedegen berekeningen gemaakt. De uitvoering van de werkzaamheden wordt scherp gepland, waarbij in de eindfase enkel gecontroleerd wordt of de installatie niet lekt en dat de ketel werkt.

Alleen bij klachten na de oplevering wordt de installatie, indien dit nog mogelijk is, enigszins bijgesteld. Hierbij moet gedacht worden aan:

- wijziging van de ketelbelasting;
- bijstellen van de ruimtethermostaat (warmteversneller);
- verhogen van het pomptoerental;
- indien mogelijk “gevoelsmatig” instellen van de waterstroom door de radiatoren
- plaatsen van thermostatische radiatorcransen in de nevenvertrekken.

4.3 Effecten door niet waterzijdig inregelen

Afhankelijk van de toestelopstelling zal meestal een verkeerde temperatuurverdeling en daardoor een slechte warmtelevering in een woning optreden.

Bij toestelopstelling op zolder en temperatuurregeling in de woonkamer zullen de vertrekken op de 1^e verdieping meestal warmer worden dan volgens het ontwerp vereist is. Er bestaat een kans dat bij een te krap geïnstalleerd vermogen de woonkamer niet op de vereiste temperatuur komt.

Bij toestelopstelling op de begane grond en temperatuurregeling in de woonkamer is het omgekeerde meestal het geval. De woonkamer heeft meer warmte aanbod dan de overige vertrekken. Doordat de temperatuurregeling in de woonkamer de warmte opwekking aanstuurt, zullen de overige vertrekken niet of nauwelijks op de gewenste temperatuur komen.

Om klachten te verhelpen wordt meestal het toerental van de circulatiepomp verhoogd, de watertemperatuur van de ketel verhoogd of de thermostaat instelling in de woonkamer versteld (andere instelling van de warmteversneller in de thermostaat). Hierdoor kunnen grote temperatuuroverschrijdingen in de woonkamer ontstaan (grotere warmteverliezen, lager ketelrendement).

Bij gebruik van thermostatische radiatorcransen (TRA's) moet het drukverschil in de installatie nagenoeg gelijk blijven om de onderlinge beïnvloeding door de TRA's te voorkomen (Δp -regeling).

Wordt het drukverschil over de installatie niet constant gehouden dan zullen de waterstromen door de radiatoren onder invloed van de TRA's (wijziging klepstand) continu veranderen. Van een waterzijdig evenwicht is hierbij geen sprake. De warmtelevering aan de diverse vertrekken resulteert bij toepassing van TRA's echter niet in te hoge ruimtetemperaturen.

5. Besparingspotentiëlen

Door betere warmteverdeling zullen temperatuuroverschrijdingen in de niet geregelde vertrekken niet of nauwelijks voorkomen. Hierdoor hoeft minder energie aan de woning toegevoerd te worden.

Er zijn echter uitzonderingen als de temperatuur van de niet geregelde vertrekken lager is dan de gewenste waarde. Hierbij zal naast het comfort tevens het energieverbruik toenemen.

Eén praktijkonderzoek [1] heeft uitgewezen dat tweepijp-systemen met een ketelopstelling op zolder bij gelijkmatig verwarmen van de woning ca. 11% minder energie (warmte) verbruikt nadat de installaties waterzijdig waren ingeregeld. Bij woningen uitgevoerd met HR-ketels was het energieverbruik (gas) ca. 20-25% lager.

Hoe groot de afwijkingen in de waterhoeveelheden (verdeling) tussen de niet ingeregelde en wel ingeregelde systemen werkelijk zijn, kan door middel van praktijkmetingen aan enkele systemen worden vastgesteld.

Hierbij moeten de volgende systemen nader worden onderzocht:

- systemen met toestel op zolder
- systemen met toestel 1^e verdieping
- systemen met toestel op begane grond (keuken).

Daarnaast moeten veel voorkomende systemen waarvan de “leidingnetberekening” is gebaseerd op het zogenoemde 22/15-systeem, worden doorgelicht.

5.1 Beschouwingen energiebesparing bij verschillende installatie uitvoeringen en installatie gebruik

In de onderstaande beschouwing is een opsomming gemaakt van mogelijke besparingspotentiëlen van een aantal installatie uitvoeringen en het gebruik ervan.

Uitgangspunten:

- eengezinswoning, meerdere woonlagen
- slaapvertrekken wel verwarmd, niet verwarmd of voorzien van thermostatische radiatorcransen (TRA).

Situatie 1: Continue verwarming slaapvertrekken in combinatie met andere vertrekken met geopende handafsluiters:

Onderzoek bij nieuwbouwwoningen met tweepijp-systemen heeft aangetoond dat eenvoudig waterzijdig inregelen van alle radiatoren een besparing opleverde van ca 10-15%.

Tevens is de comfortbeleving verbeterd door betere warmteverdeling in de woning.

- Situatie 2: Verwarmingssysteem in slaapvertrekken wordt alleen bij extreem lage buiten-temperaturen gebruikt, gesloten afsluiters:
Waterzijdig inregelen zal hier weinig tot geen energetische besparingen opleveren.
- Situatie 3: Continue verwarming slaapvertrekken met radiatoren voorzien van door de bewoner ingestelde TRA's:
Inregelen van de radiatoren zal nauwelijks een energetische besparing opleveren, omdat de waterverdeling na opwarming van de diverse vertrekken wordt gewijzigd door het dichtlopen van de TRA's. Hierdoor krijgt het hoofdvertrek meer water waardoor de levering van warmte wordt verbeterd. Dit kan echter meer stromingsgeluid en langere opwarmtijden opleveren.

5.2 Neven effecten

Door de betere warmteverdeling zal het comfort in alle vertrekken dicht bij de gewenste waarden komen te liggen.

Door lagere watersnelheden zal de geluidsproductie door plaatselijke weerstanden (afsluiters, etc) verminderd worden.

Door een gelijkmatige warmteverdeling zal de snelheid van aanwarmen toenemen.

Bij collectieve systemen moet met het optredende drukverschil over alle woning-aansluitingen ter dege rekening worden gehouden. Dit drukverschil moet continu gelijkblijven (Δp -regelingen).

Tevens kan bij correcte inregeling de aanvoertemperatuur centraal weersafhankelijk op een lager niveau geregeld worden.

6. Aanpassen radiatoren in de praktijk

De meest voorkomende aanpassingen van het systeem zijn de vervangingen van inregel/instelbare afsluiters (radiatorkraan/voetventiel).

Het vervangen van appendages kan bij volledig gevuld systeem (invriesmethode) of een geheel afgetapt systeem plaatsvinden. Bij collectieve systemen zal de invriesmethode de voorkeur hebben.

Vervangen van afsluiters door hetzelfde type i.v.m. inbouwmaten.

Bij plaatsen van voetventielen moet de retourleiding meestal worden ingekort.

Radiatoren hoeven in principe niet te worden aangepast. Bij een na-isolatie maatregel wordt de capaciteit van de radiatoren meestal te groot. Hierdoor kan met lagere watertemperaturen een aangepast vermogen worden geleverd. Tevens kan het opwekkingsrendement door de lagere watertemperaturen worden verhoogd.

6.1 Randvoorwaarden

Condensvorming

Condensvorming kan bij watertemperaturen lager dan ca. 59°C in de ketel optreden.

Door waterzijdige inregeling wordt de warmteverdeling in de woning verbeterd waardoor meestal bij lagere watertemperaturen de warmtelevering aan de woning gerealiseerd kan worden. Door de lagere watertemperaturen kan condensvorming in de ketel ontstaan als het temperatuurniveau lager wordt dan ca. 55-59°C. Bij conventionele ketels kan dit aanleiding geven tot verhoogde corrosie van de ketel. Bij HR-ketels zal het rendement door de lagere watertemperaturen toenemen.

Temperatuuraanbod

Het temperatuuraanbod wordt bepaald door de warmteopwekking af te stemmen op de warmtevraag.

Zijn de vermogens van de radiatoren bepaald op basis van de nominale temperaturen 90/70°C, dan moet het systeem op deze temperaturen worden bedreven om voldoende warmte bij de ontwerp buitencondities te kunnen leveren. Bij overdimensionering van de radiatoren kunnen de watertemperaturen lager worden, afhankelijk van de mate van overdimensionering (bijv. verwarmend oppervlak van de radiator 2,6 keer groter dan nodig is bij een 90/70°C, resulteert in een temperatuurniveau van ca. 60/40°C waarbij dezelfde vermogens worden afgegeven).

Na-isolatie

Bij na-isolatie en toepassing van de oude radiatoren wordt de verwarmingscapaciteit van de installatie te groot en kan de levering van warmte worden aangepast door te stoken met lagere water-temperaturen. Door na-isolatie kan de verhouding

van de warmtebehoefte van de diverse vertrekken ten opzichte van de oude situatie onevenwichtig worden beïnvloed. Is dit het geval dan is waterzijdig inregelen een noodzaak om het nieuwe evenwicht in de warmteverdeling weer tot stand te brengen.

Geluid

De geluidsproductie, die in verwarmingssystemen optreedt door hoge snelheden bij plaatselijke weerstanden, kan worden verminderd door de snelheden door middel van goed gedimensioneerde leidingen en appendages te beheersen.

7. Conclusies

Uit diverse publikaties en praktijkonderzoeken blijkt dat cv-verwarmingssystemen in woningen niet of onvoldoende waterzijdig worden ingeregeld.

Het waterzijdig inregelen van verwarmingssystemen in woningen bij nieuwbouw en bestaande bouw kan resulteren in een besparing van het energieverbruik als alle radiatoren in bedrijf worden gehouden om de woning te verwarmen en als de radiatoren niet zijn voorzien van thermostatische radiatorcrankens.

Worden de radiatoren in de slaapvertrekken niet of incidenteel gebruikt dan zal waterzijdig inregelen weinig besparing opleveren. Dit geldt tevens voor de toepassing van TRA's in de slaapvertrekken.

Worden cv-systemen waterzijdig goed ingeregeld dan zal de warmteverdeling in de woning correct zijn waardoor de ruimtetemperaturen op de gewenste niveau's komen te liggen. Het comfort wordt hierdoor verhoogd.

Bij twee-pijpsystemen zijn energiebesparingen mogelijk van 10-25%, afhankelijk van de opstellingsplaats van de ketel en het type ketel (bij zolderopstelling is de besparing het grootst).

Tevens dalen de watertemperaturen en wordt de toepassing van de HR-ketel beter benut.

Bij eenpijp-systemen zijn besparingen mogelijk als de installatie uit meerdere strangen bestaat met een verdeling over verschillende verdiepingen. Deze besparingen zijn aanzienlijk lager omdat het water door de gehele strang langs alle radiatoren wordt gecirculeerd (geen kortsluiting per radiatorcircuit zoals bij een twee-pijp-systeem).

Inregelen van cv-systemen kan op eenvoudige wijze worden uitgevoerd indien de radiatoren zijn voorzien van instelbare radiatorcrankens of voetventielen. Met behulp van leidingnetberekeningen en afsluiterkarakteristieken kunnen de in te stellen standen van de afsluiters worden bepaald.

Waterzijdig inregelen heeft meestal tot gevolg dat de watercirculatie geringer is dan bij niet ingeregelde installaties. Een direct gevolg hiervan is dat de circulatiepomp minder capaciteit hoeft te leveren waardoor het toerental lager kan worden ingesteld. De pomp verbruikt dus minder elektrische energie.

Tevens worden de watersnelheden in de leidingen geringer waardoor eventuele geluidsproductie afneemt of verdwijnt.

Uit praktijkonderzoek in 66 woningen bleek dat de watertemperaturen na de waterzijdige inregeling ca. 7-10K lager werden bij dezelfde warmtelevering en bui-

tencondities. Doordat het watertem-peratuurniveau lager wordt, zal het rendement van de ketel positief worden beïnvloed.

Bij conventionele rendement ketels kan dit aanleiding geven tot verhoging van de corrosie doordat de waterdamp in de verbrandingsgassen gaat condenseren als de retourwatertemperatuur lager wordt dan ca. 55 à 59°C.

Na-isoleren van woningen resulteert in een te groot opgesteld radiatorvermogen. Hierdoor kunnen de watertemperaturen in het verwarmingssysteem lager worden ingesteld en neemt het rendement van de warmteopwekking toe.

8. Aanvullend onderzoek

Om een beter inzicht te krijgen in de besparingsmogelijkheden van waterzijdig inregelen van verwarmingssystemen is aanvullend onderzoek nodig.

Een groot praktijkonderzoek [1] aan een tweepijp-systeem met toestel op zolder heeft uitgewezen dat er behoorlijke besparingen haalbaar zijn.

Gegevens over tweepijp-systemen met een andere opstellingsplaats van de ketel en andere leidingconfiguraties zijn echter niet voorhanden.

Gegevens over het effect van na-isolatie van de woning op de warmteverdeling zijn eveneens niet bekend. Naast de besparing door het aanbrengen van isolatie is het waarschijnlijk dat door het watersysteem alsnog of opnieuw in te regelen extra energie bespaard zal worden.

Woninginstallaties bestaande uit een- en tweepijp-systemen die nader onderzocht moeten worden, zijn:

- installaties met toestel op zolder;
- installaties met toestel op 1^e verdieping;
- installaties met toestel op begane grond;
- installaties gebaseerd op het zogenoemde 22/15 systeem;
- installaties waarbij na-isolatie heeft plaats gevonden

9. Literatuur

- [1] Energiebesparing HR-ketel warmtapwater
Ing PH. J. Ham
11^e TVVL-TNO lezingendag
Publikatie nr. 873 1983

- [2] Opleveringsmetingen aan diverse werktuigbouwkundige installaties in
legeringsgebouwen, werkgebouwen en werkplaatsen bij Defensie.
TNO-rapporten 1987-1995
G.J. Afink, H. Schiphouwer

Vakliteratuur

Helft energie wordt verspild
H. Deinum
De ingenieur, 10 december 1997

Een totaal waterzijdig evenwicht is noodzaak om aan de EPN/Energie Prestatie
Norm te voldoen
J.B. Bloemendaal
Verwarming en Ventilatie, december 1997

Handboek Installatietechniek
TVVL, ISSO en Novem
uitgave 1994

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:

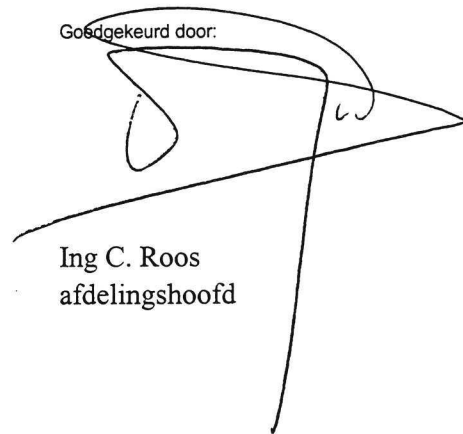
januari 1999

Ondertekening:



G.J. Afink
onderzoeksleider

Goedgekeurd door:



Ing C. Roos
afdelingshoofd