

#5639
27/01

Warmtepompen versus warmtekracht

Heat-pumps versus Co-generation of Heat and Power

Ir. H.J.M. Knipscheer*



Inleiding

Ten aanzien van inpassing van warmtepompen komt de vergelijking met warmtekracht, zeker in de gebouwde omgeving al snel aan de orde.

Een ander aspect gerelateerd aan de toepassing van warmtepompen is de hydraulische inpassing, het regelgedrag van CV-installaties en de consequenties voor het installatieontwerp. Voortvloeiende uit de opgedane kennis en ervaring met specifiek warmtepompen is verondersteld dat de behoefte aanwezig zou zijn om een soort platformfunctie te creëren vergelijkbaar met het projectbureau WK (PWK), waarbij marktpartijen de relevante projectinformatie kunnen toetsen. De vraag hierbij is of het National Team van het HPC deze platform functie zou kunnen invullen. Dit uiteraard indien het toekomstperspectief voor warmtepompen is zeker gesteld.

Derhalve zullen drie aspecten aan de orde komen:

- A. Afweging WK tegen WP toepassing
- B. Inpassingsproblematiek
- C. Platformfunctie NT

Exergie beschouwing

Bij de afweging van WK tegen WP-toepassing worden in het kader van de doelstelling van de workshop 'Warmtepompen of verzuipen', het lange termijn beleid t.a.v. warmtepompen vast te stellen, niet de technische en economische randvoorwaarden beschouwd, maar wordt een benadering gegeven gebaseerd op de 2e hoofdwet.

Van individuele energiebesparende opties wordt indicatief het exergetisch rendement van de toegepaste maatregel vastgesteld.

Vervolgens wordt aangegeven:

- de plaats van de individuele maatregel binnen het gebied van de alternatieven;
- de consequenties voor de gebouwde omgeving in algemene zin bij de aangenomen behoefte aan elektrische energie en warmte ten behoeve van centrale verwarming.

Derhalve worden voor de individuele maatregelen vergeleken de inzet van:

- | | |
|-------------------------------|------|
| * HR CV-ketel | HRCV |
| * Elektrische warmtepomp | EWP |
| * Gasmotorgedreven warmtepomp | GMWP |
| * Warmtekracht | WK |
| * Stadsverwarming | SV |

Voor de gebouwde omgeving, in algemene zin, worden de combinaties vergeleken van:

- * centrale elektriciteitsopwekking + HRCV

- * centrale elektriciteitsopwekking + EWP
- * WK + HRCV
- * SV + (HR)CV
- * centrale elektriciteitsopwekking + GMWP

Het exergetisch rendement η_{ex} wordt in dit verband als volgt bepaald:

De exergie van de primaire brandstof = 1. ($B=1$.) Het exergierendement van de distributie is berekend tot aan de gebruikers (dus inclusief verliezen). Het exergierendement van warmteteknische toepassingen wordt als volgt gedefinieerd:

$$\eta_{ex} = \frac{\Theta - \Theta_0}{273 + \Theta}$$

Hierbij wordt exergie afgewogen tegen de brandstof. De conversieprocessen blijven buiten beschouwing.

Hierbij geldt:

Θ is de aanvoertemperatuur van het centrale verwarmingssysteem.
 Θ_0 is de omgevingstemperatuur ofwel het 0-niveau voor de exergiebeschouwing. Voor alle alternatieven is deze gesteld op +5°C omgevingstemperatuur.

Voor de warmteafgiftesystemen wordt

Samenvatting

Indien de samenleving integraal wordt benaderd, zal vanuit exergetische overwegingen het noodzakelijk zijn maximalisatie van het elektriciteitsopwekkingsrendement na te streven bij benutting van alle beschikbare warmtebronnen.

Er moet een halt worden toegeroepen naar ad hoc energiebesparende maatregelen en er moet doelbewust worden gestreefd naar maatregelen die over de grenzen van de eigen horizon heengaan.

Summary

Approaching society in an integral way, using exergy as an argument, it will be necessary to maximize the efficiency of the process of generating electricity - while at the same time all available heat sources are utilized.

One should stop taking ad hoc measures for reduction of energy consumption and start looking at measures that go beyond ones horizon.

* Voorzitter Nationaal Team Warmtepompen Nederland

uitgegaan van een aantal alternatieve, temperatuursystemen: 70°, 60°, 50°, en 40°C.

Mede gerelateerd aan één van de stellingen van de workshop, dat de verwarmingssystemen van de toekomst zullen zijn gebaseerd op een alternatief temperatuursysteem ten opzichte van het conventionele 90/70°C systeem en wel op systemen met een maximale retourtemperatuur van 40°C, zijn deze temperatuurvarianten opgenomen.

2.1. HRCV ketel

Bij toepassing van een HRCV ketel is het exergetisch rendement van de toevoer van hoogwaardige brandstof uitermate laag.

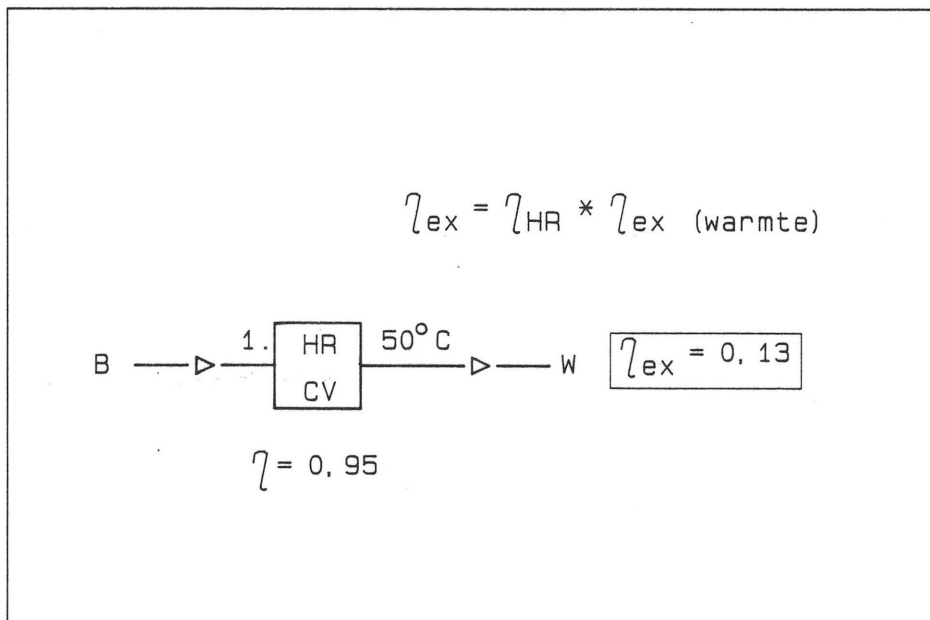
Bij een 50°C temperatuursysteem en een omgevingstemperatuur van 5°C bedraagt het exergetisch rendement 0,13; bij 40°C: 0,11 (zie tabel 1). In figuur 1 is het vereenvoudigde model weergegeven, waarbij B=brandstof en W=warmte.

θ_{cv}	η_{HRCV}	η_{ex} (warmte)	η_{ex} HRCV
70	0,9	0,19	0,170
60	0,9	0,17	0,149
50	0,95	0,14	0,132
40	1,00	0,11	0,112

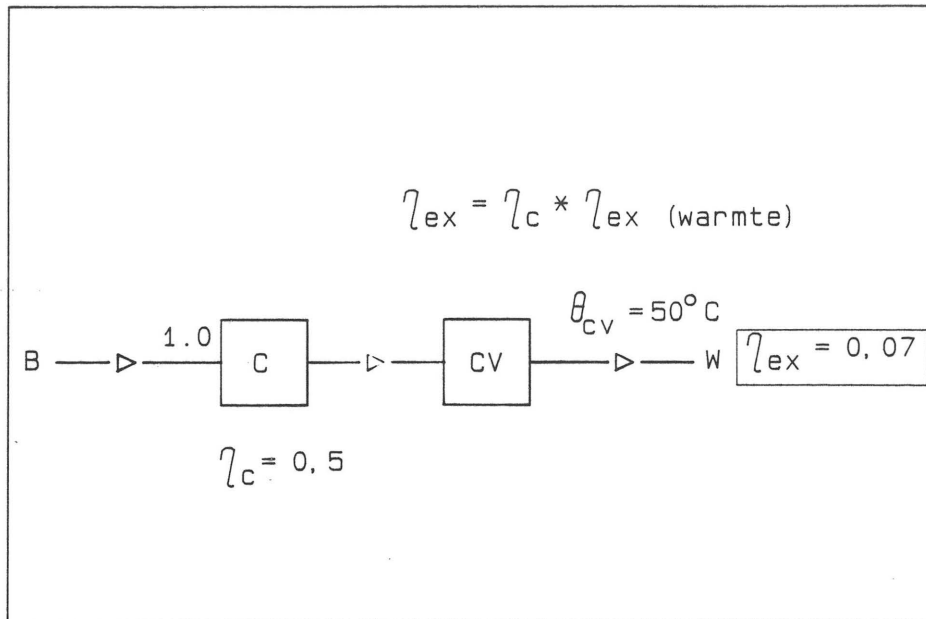
Tabel 1. Exergetisch rendement HRCV afhankelijk van temperatuursysteem.

De CV ketelrendementen zijn gebaseerd op de onderste verbrandingswaarde van aardgas gezien het feit dat bij E-opwekking nog veelal de gegevens worden gebaseerd op Ho (de onderste verbrandingswaarde van aardgas).

Ter vergelijking met conventionele verwarming door middel van HRCV-ketels



Figuur 1. Vereenvoudigd model HRVC-verwarming.



Figuur 2. Model E-verwarming

wordt toepassing van elektrische verwarming in gelijkwaardige temperatuursystemen weergegeven. Hierbij is uitgegaan van de veronderstelling dat het centrale (distributie) rendement η_c over de lange termijn zal toenemen van 0,4 tot 0,6. Voor het vereenvoudigde model wordt verwezen naar figuur 2; voor het overzicht van de exergerendementen naar tabel 2.

θ_{cv}	η_{ex} (0,4)	η_{ex} (0,5)	η_{ex} (0,6)
70	0,076	0,095	0,114
60	0,066	0,083	0,099
50	0,056	0,070	0,083
40	0,045	0,056	0,067

Tabel 2. Exergetisch rendement van E-verwarming, afhankelijk van θ_{cv} en η_c (0,4; 0,5; 0,6).

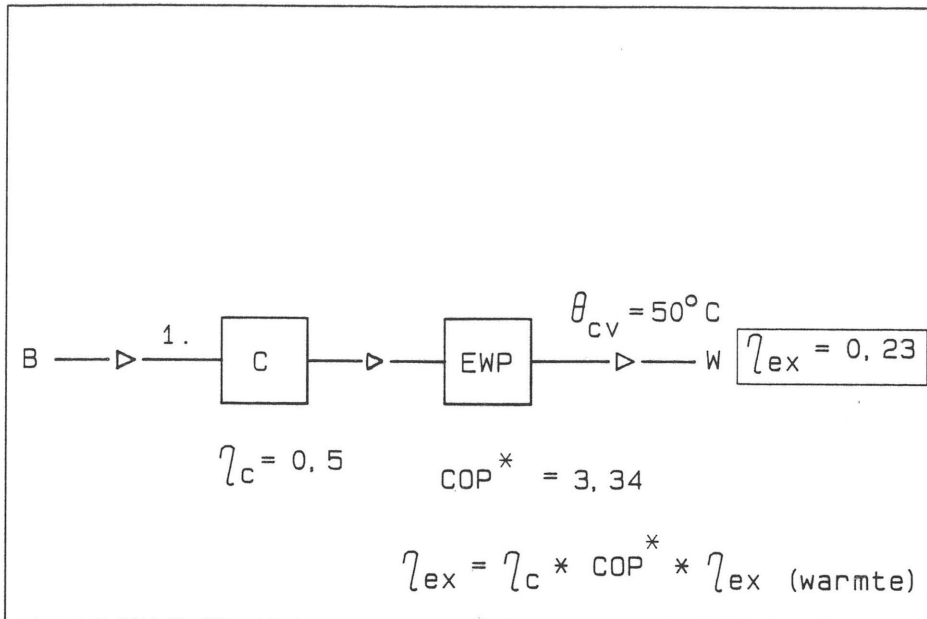
Bij een temperatuursysteem van 50°C en een centrale rendement η_c van 0,5 wordt een exergierendement bereikt van 0,07. Toepassing van hoogwaardige energie voor warmteomzetting is exergetisch dus nooit aan te bevelen.

Elektrische warmtepomp EWP

Voor elke warmtepomp is uiteraard het η_{ez} (0,6) van warmtebron- en warmteafgifteniveau bepalend voor de COP (coëfficiënt of performance). Daarnaast speelt het centrale rendement een belangrijke rol. De toepassing van de EWP is onder Nederlandse omstandigheden uit het oogpunt van specifieke energiekostenontwikkeling meestal terzijde geschoven. Echter, door een toenemend centrale rendement zal uiteindelijk blijken dat de toepassing van de EWP tot gunstiger perspectieven voor de lange termijn leidt dan de GMWP. Daar alleen de efficiëntie van de brandstofinzet wordt beschouwd is de exergie-inhoud van de omgevingsenergie buiten beschouwing gebleven. In het overzicht van tabel 3 zijn, gebaseerd op het model van figuur 3, resultaten weergegeven.

η_c	θ_{ov} -5 °C	θ_{ov} +10 °C	θ_{ov} +20 °C
0,4	0,19	0,26	0,32
0,5	0,23	0,32	0,40
0,6	0,28	0,39	0,48

Tabel 3. Overzicht η_{ex} EWP bij $\theta_{cv} = 50^\circ\text{C}$ ($\theta_{ov} = -5; +10; +20$); ($\eta_c = 0,4; 0,5; 0,6$)



Figuur 3. Model EWP ($\theta_c = 55^\circ$; $\eta_c = 0,5$)

Gerelateerd aan diverse beschikbare afvalwarmtestromen is het niveau van warmteonttrekking in de verdamper (θ_{ov}) bepaald op -5, 10 en $20^\circ C$. Het temperatuurniveau in de verdamper is 10 K lager dan de beschikbare energiebron. Het temperatuurniveau in de condensor θ_c is 5 K hoger dan het CV temperatuursysteem.

De in de figuur 3 opgegeven COP bedraagt 95% van de werkelijke COP van de compressor.

In de tabellen 4, 5 en 6 zijn voor de verschillende temperatuursystemen de overzichten weergegeven van de exergerendementen.

Opvallend is dat het exergerendement van de EWP-toepassing praktisch constant is bij een bepaalde aanname van het centrale rendement.

In de meest extreme vorm bij toepassing van buitenlucht als warmtebron, ($\theta_{ov} = -5^\circ C$, $\theta_{cv} = 40^\circ C$ en $\eta_c = 0,6$) bedraagt η_{ex} EWP 0,27, tegen η_{exHR} 0,11 ofwel 145% boven het niveau van de toepassing van een HR CV-ketel.

Gasmotorgedreven warmtepomp GMWP

Voor de toepassing van de gasmotor-warmtepomp moet rekening worden gehouden met een motorrendement van ca. $\eta_m = 0,35$. Zeker afgewogen tegen de ontwikkeling van het centrale rendement zal op de lange termijn de omzetting van energie door middel van de gasmotor in arbeid ongunstig blijken te zijn. Uiteindelijk kan zelfs, afgezien van de prijsstelling voor elektrische energie, niet worden ontkomen aan de conclusie dat toepassing van een elektrische warmtepomp exergetisch gunstiger

is dan toepassing van de gasmotor-warmtepomp.

In figuur 4 is het model van de GMWP weergegeven, waaruit bij $\eta_m = 0,35$; $\eta_w = 0,57$; $\theta_{ov} = -5^\circ C$ en $\theta_c = 50^\circ C$ een η_{ex} GMWP wordt weergegeven van 0,25.

θ_{cv}	COP^*	$\eta_{ex}(0,4)$	$\eta_{ex}(0,5)$	$\eta_{ex}(0,6)$
70	2,45	0,19	0,23	0,28
60	2,86	0,19	0,24	0,29
50	3,34	0,19	0,23	0,28
40	4,04	0,18	0,22	0,27

Tabel 4. η_{exEWP} bij $\theta_{ov} = -5^\circ C$ ($COP^* = 0,95 COP$)

θ_{cv}	COP^*	$\eta_{ex}(0,4)$	$\eta_{ex}(0,5)$	$\eta_{ex}(0,6)$
70	3,10	0,24	0,29	0,35
60	3,74	0,26	0,32	0,38
50	4,59	0,26	0,32	0,39
40	5,65	0,27	0,31	0,37

Tabel 5. η_{exEWP} bij $\theta_{ov} = +10^\circ C$

θ_{cv}	COP^*	$\eta_{ex}(0,4)$	$\eta_{ex}(0,5)$	$\eta_{ex}(0,6)$
70	3,74	0,29	0,36	0,42
60	4,61	0,31	0,39	0,47
50	5,68	0,32	0,40	0,48
40	7,17	0,32	0,39	0,47

Tabel 6. η_{exEWP} bij $\theta_{ov} = +20^\circ C$

θ_{cv}	$Cop(-5)$	$Cop(+10)$	$Cop(+20)$	η_w	$\eta_{ex}(-5)$	$(+10)$	$(+20)$
70	2,58	3,26	3,94	0,52	0,27	0,32	0,36
60	3,01	3,94	4,85	0,52	0,27	0,32	0,38
50	3,52	4,83	5,98	0,57	0,25	0,32	0,37
40	4,25	5,95	7,55	0,62	0,23	0,30	0,36

Tabel 7. η_{exGMWP}

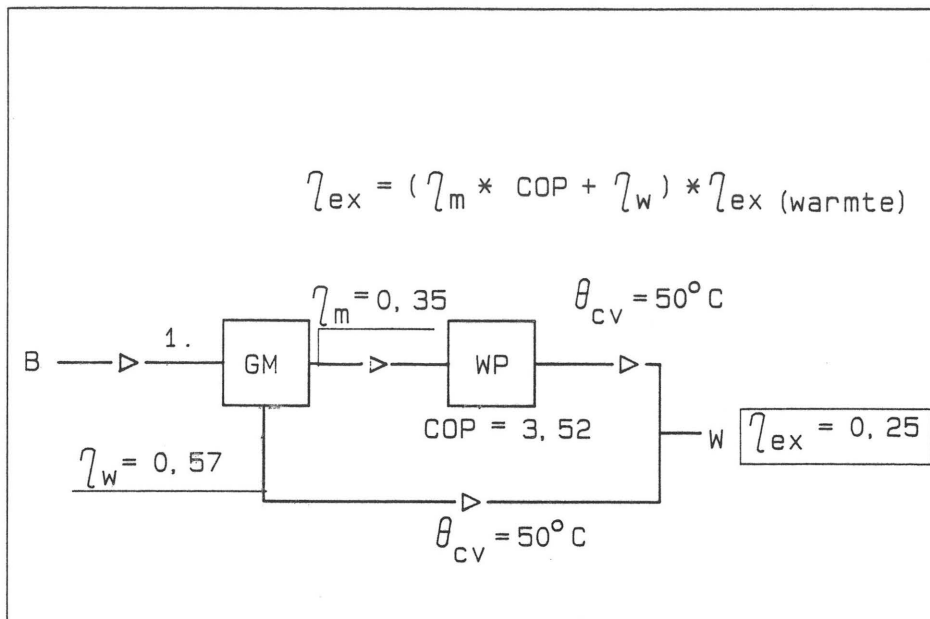
Vergeleken bij de EWP wordt eerst bij $\eta_c = 0,6$ een hogere waarde bereikt (tabel 4). Echter bij een hoger temperatuurniveau van de warmtebron is de EWP zonder meer gunstiger. In het extreme geval bij $\theta_{ov} = 20^\circ C$ en $\theta_{cv} = 40^\circ C$ bedraagt het verschil zelfs $0,47 - 0,36 \times 100\% = 31\%$

0,36 (zie tabel 6 en 7). In de tabel 7 is het overzicht van de berekeningsresultaten voor de GMWP weergegeven.

Warmtekracht WP

Bij de toepassing van warmtekracht wordt voor de gebouwde omgeving uitgegaan van een motorrendement van 0,35 en een generatorrendement van 0,95. Het rendement η_w van de warmtebenutting is voor de verschillende temperatuursystemen gelijk aan de waarde opgegeven in tabel 7 van de GMWP. Wanneer warmtekracht wordt overwogen is het uiteraard noodzakelijk de geprognostiseerde stijging van het centrale rendement en de toepassing van SV (zie 2.5) in de beschouwing te betrekken.

In figuur 5 is het model voor WK weergegeven, in tabel 8 het berekeningso-



Figuur 4. Model GMWP

verzicht. Bij een $\theta_{cv} = 50^\circ\text{C}$ bedraagt η_{ex} 0,41. In het kader van de vergelijking met de WP wordt in hetzelfde temperatuursysteem eerst bij hoge verdampingstemperaturen een vergelijkbare waarde bereikt en dan ook nog voor alleen de EWP (zie tabel 6).

Uit exergetische overwegingen is het echter duidelijk gunstiger om een zo hoog mogelijke omzetting van energie in kracht na te streven dan WK-toepassing na te streven.

In het volgende hoofdstuk vindt echter de relativering naar de gebouwde omgeving plaats, waarbij deze conclusie nogmaals wordt gewaardeerd.

Hierbij geldt als uitgangspunt dat het zinloos is om de besparing van twee verschillende opties die wezenlijk ver-

schillend zijn te vergelijken zonder daarbij een behoeftepatroon voor de omgeving er bij te betrekken.

θ_{cv}	$\eta_{ex} \text{ WK}$
70	0,43
60	0,42
50	0,41
40	0,40

Tabel 8. $\eta_{ex} \text{ WK}$

Stadverwarming SV

Bij toepassing van SV (zonder bijstook) is een situatie beschouwd, waarbij een warmtedistributieverlies van 10% wordt bereikt. Gezien de resultaten in Zweden en de BRD moet indien een optimale

netdichtheid wordt bereikt een dergelijk distributieverlies zeker tot de mogelijkheden behoren.

Ten aanzien van de verdere uitgangspunten wordt vermeld dat $\eta_c = 0,38$ (inclusief distributieverliezen) en $\eta_w = 0,44$.

In figuur 6 is het model weergegeven bij een warmtetemperatuursysteem van eveneens 50°C . Duidelijk is dat onder deze uitgangspunten, waarbij $\eta_{ex} = 0,44$ een voorkeur bestaat voor SV boven WK. Tevens kan op componentenbasis niet anders worden geconcludeerd dat SV eveneens de voorkeur geniet boven WP-toepassing. Ook in dit geval geldt dat alleen bij een hoge warmtebrontemperatuur (tabel 6) de EWP-toepassing gunstiger is dan SV. Dit is echter een conclusie gebaseerd op componenten, hetgeen trouwens ook geldt voor de vergelijking tussen WP en WK. Immers de vergelijking van gelijktijdige opwekking van warmte en kracht met alleen de opwekking van warmte is oneigenlijk.

θ_{cv}	η_{ex}
70	0,46
60	0,45
50	0,44
40	0,42

Tabel 9. $\eta_{ex} \text{ SV}$

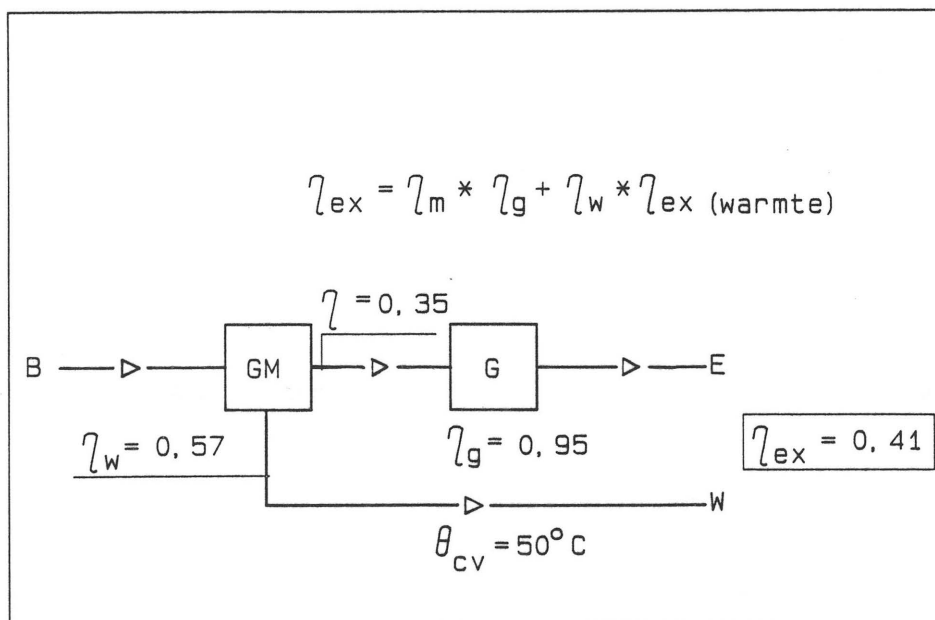
Gebouwde omgeving

Voor de gebouwde omgeving wordt bij een omgevingstemperatuur van 5°C uitgegaan van een gemiddelde verhouding tussen de behoefte aan warmte ten opzichte van de behoefte van kracht. Deze beschouwing is noodzakelijk om de voorgaande beschouwingen te relativieren. De discussie van gelijktijdige benutting van koude en warmte is volledig buiten beschouwing gebleven. Het voordeel van deze toepassing zal zonder meer evident zijn, echter behoeft toch nog een nader onderzoek.

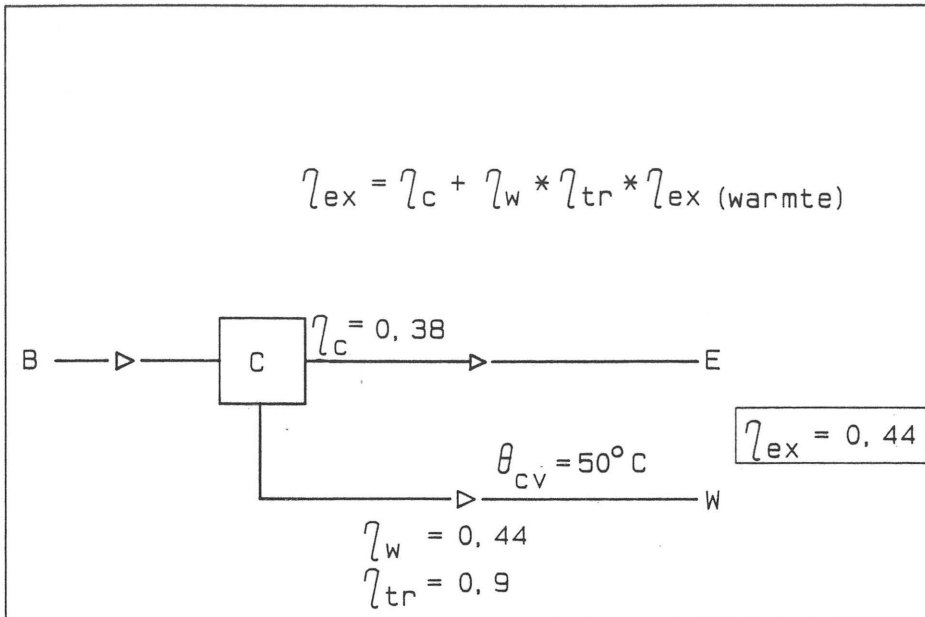
Centrale E-opwekking met warmte-opwekking door middel van HRCV

Hierbij worden zowel een variabel E-rendement van de centrale als een variabel temperatuursysteem beschouwd. In figuur 7 is het model voor de gebouwde omgeving weergegeven bij $\theta_{cv} = 50^\circ\text{C}$ en $\eta_c = 0,5$. η_{ex} bedraagt hierbij 0,25.

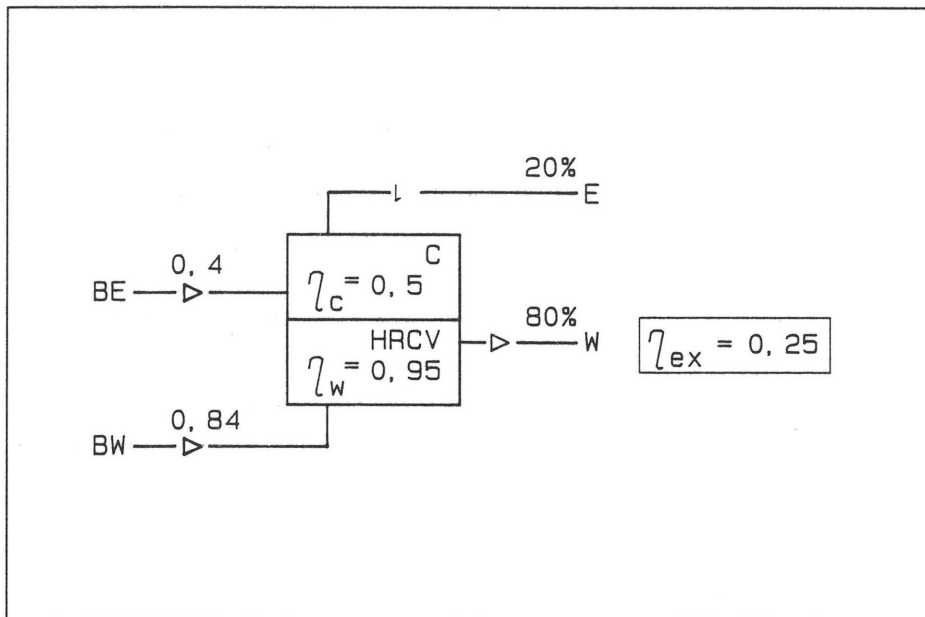
In tabel 10 is het overzicht van het exergetisch rendement weergegeven voor zowel verschillende temperatuursystemen als verschillende centrale rendementen.



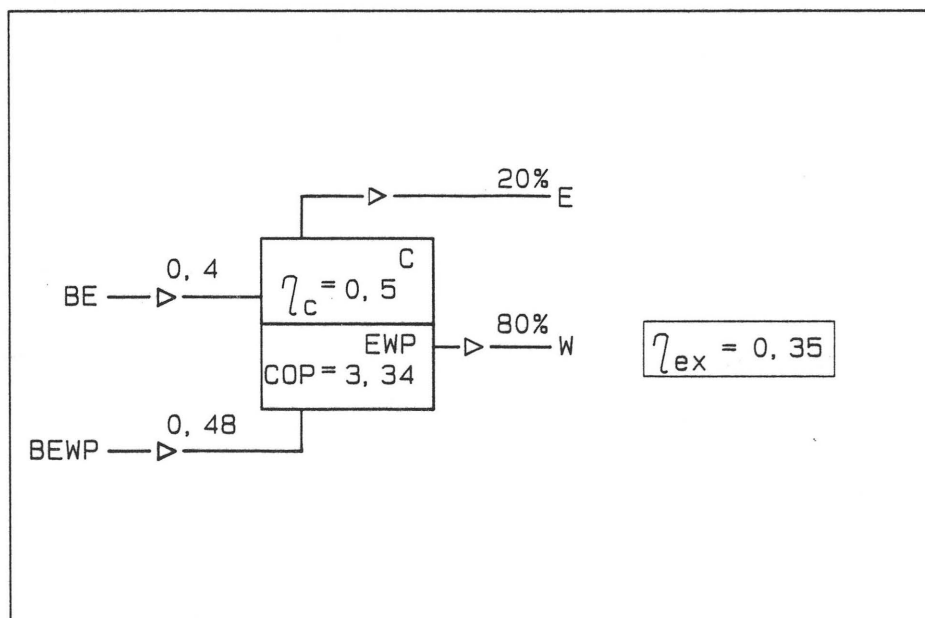
Figuur 5. Model WK



Figuur 6. Model SV



Figuur 7. Model E + HRCV



Figuur 8. Model E + EWP

θ_{cv}	$\eta_{ex} (0,4)$	$\eta_{ex} (0,5)$	$\eta_{ex} (0,6)$
70	0,25	0,27	0,28
60	0,24	0,26	0,29
50	0,23	0,25	0,26
40	0,22	0,24	0,25

Tabel 10. E + HRCV

Centrale E-opwekking in combinatie met EWP

In dit verband is het model weergegeven in figuur 8. Bij een $\theta_{cv}=50^{\circ}\text{C}$, $\theta_{cv}=5^{\circ}\text{C}$ en $\theta_c=55^{\circ}\text{C}$. Ook in dit verband is eveneens het centrale rendement van 0,4 toenemend tot 0,6 beschouwd.

In tabellen 11, 12 en 13 zijn de overzichten weergegeven voor de verschillende EWP alternatieven.

θ_{cv}	$\eta_{ex} (-5)$	$\eta_{ex} (+10)$	$\eta_{ex} (+20)$
70	0,27	0,31	0,34
60	0,28	0,32	0,36
50	0,28	0,33	0,37
40	0,29	0,33	0,37

Tabel 11. $\eta_{ex} E + EWP$; $\eta_c = 0,4$

θ_{cv}	$\eta_{ex} (-5)$	$\eta_{ex} (+10)$	$\eta_{ex} (+20)$
70	0,34	0,38	0,42
60	0,35	0,40	0,45
50	0,35	0,42	0,46
40	0,36	0,42	0,46

Tabel 12. $\eta_{ex} 5 E + EWP$; $\eta_c = 0,5$

θ_{cv}	$\eta_{ex} (-5)$	$\eta_{ex} (+10)$	$\eta_{ex} (+20)$
70	0,41	0,46	0,51
60	0,42	0,49	0,54
50	0,43	0,50	0,55
40	0,44	0,51	0,55

Tabel 13. $\eta_{ex} E + EWP$; $\eta_c = 0,6$

Vergeleken met het conventionele systeem worden uitzonderlijk hoge rendementen bereikt.

Aan de conclusie valt praktisch niet te ontkomen dat de combinatie van hoogwaardige elektriciteitsopwekking gecombineerd met de benutting van hoogwaardige afvalwarmtestromen (b.v. van centrales en industrie) een uiterst belangrijke besparingsoptie in zich houdt waarbij een zeer hoge efficiency wordt bereikt voor de inzet van energie. Praktisch in alle gevallen is sprake van een verdubbeling van het exergierendement bij toepassing van warmtepompen vergeleken met centrale elektriciteitsop-



De heer Knipscheer tijdens zijn lezing

wekking met een rendement van 0,6+HRCV.

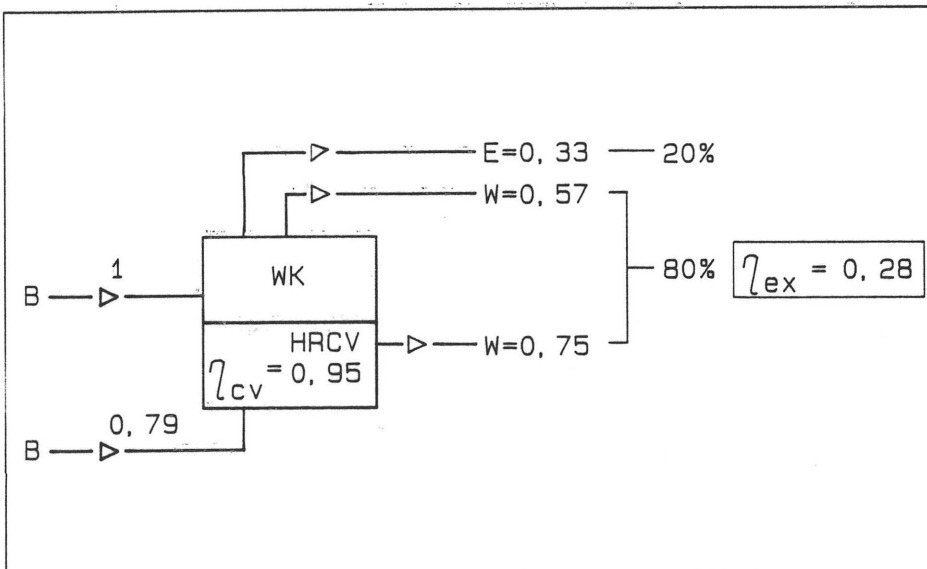
In dit kader worden alternatieven, waar- bij naast de WP nog bijstookenergie noodzakelijk is door middel van (HR) CV ketel, buiten beschouwing gelaten.

Decentrale E opwekking door middel van WK in combinatie met bijstook door middel van de HRCV

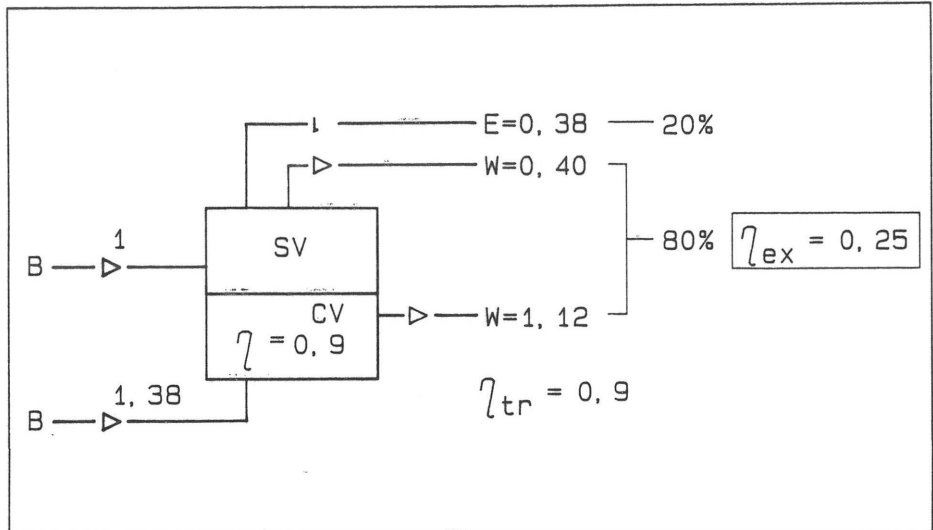
Het model is weergegeven in figuur 9. Bij $\Theta_{cv}=50^{\circ}\text{C}$ bedraagt het exergetisch rendement 0,28.

In tabel 14 is het overzicht van η_{ex} weer- gegeven voor de verschillende tempera- tuursystemen.

Het exergetisch rendement is hoger dan



Figuur 9. Model WK + HRCV



Figuur 10. Model SV + bijstook middels (HR)CV.

Θ_{cv}	η_{ex}
70	0,31
60	0,29
50	0,285
40	0,28

Tabel 14. WK + HRCV

bij conventionele E-opwekking en centra- le verwarming door middel van HRCV.

Bij een conventionele centrale ($\eta_c=0,4$) wordt reeds het evenwicht bereikt met de EWP bij en Θ_{cv} van 50°C .

Bij een hogere inzet van het centrale rendement wordt de voorkeur van de combinatie van EWP en centrale elektri- citeitsopwekking duidelijk aangegeven.

Centrale E opwekking gecombineerd met stadsverwarming SV+bijstook

Voor het transport van warmte (SV+bijstook) wordt een transportverlies gerekend van 10%.

Het model is weergegeven in figuur 10. Het $\Theta_{cv}=50^{\circ}\text{C}$ bedraagt het exergetisch rendement 0,25.

In tabel 15 is het overzicht weergegeven van de verschillende temperatuursyste- men.

Θ_{cv}	η_{ex}
70	0,28
60	0,27
50	0,25
40	0,23

Tabel 15. SV + CV bijstook.

Ten aanzien van SV zou kunnen worden vastgesteld dat SV géén voorkeur geniet vergeleken met de andere opties, behoudens de conventionele.

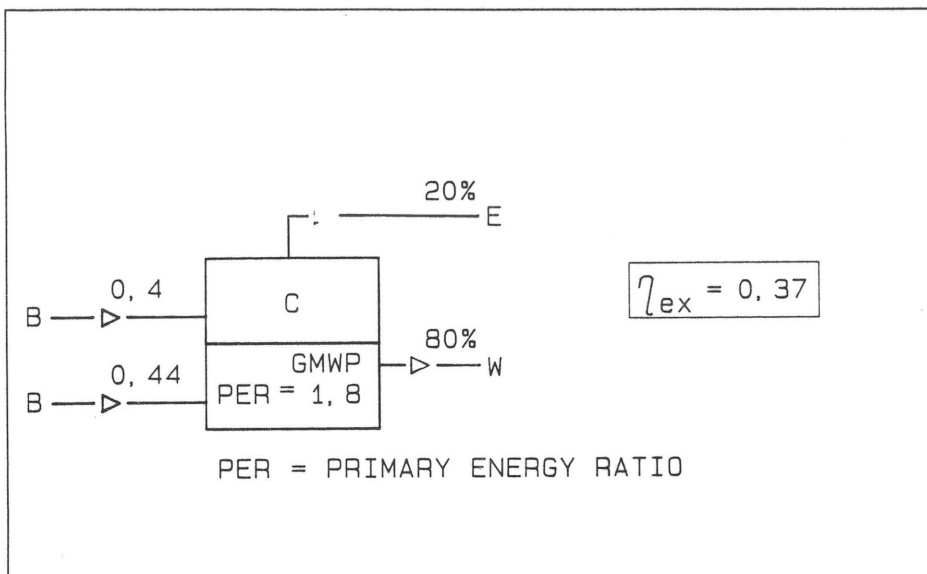
Centrale E opwekking gecombineerd met GMWP

Deze optie is vergelijkbaar met centrale E opwekking met EWP. Vooral voor hogere centrale rendementen blijkt het voordeel van de EWP. Als gevolg van het vergelijkbare perspectief van de GMWP voor de gebouwde omgeving als de EWP dient te worden afgevraagd of gezien de onderhouds- en storingsproblematiek verbonden aan gasmotoren niet de voorkeur moet wor- den gegeven aan elektrische warmte- pompen.

Conclusie

Indien de verschillende opties voor de gebouwde omgeving worden vergele- ken blijkt dat het onjuist is om de opties via de componentvisie te beschouwen en te waarderen.

In de workshop wordt de toekomst van warmtepompen bepaald. Wanneer de doelstelling voor maximale milieube-



Figuur 11. Model centrale E opwekking in combinatie met GMWP

θ_{cv}	$\eta_c 0,4$			$\eta_c 0,5$			$\eta_c 0,6$		
	-5	+10	+20	-5	+10	+20	-5	+10	+20
70	0,30	0,36	0,38	0,33	0,40	0,43	0,36	0,43	0,47
60	0,34	0,37	0,40	0,37	0,41	0,45	0,40	0,45	0,49
50	0,31	0,36	0,39	0,37	0,41	0,44	0,40	0,46	0,49
40	0,29	0,36	0,39	0,37	0,41	0,45	0,41	0,46	0,50

Tabel 16. $\eta_{ex} E + GMWP$

scherming wordt nageleefd zou kunnen worden gesteld dat de belangrijkste optie de warmtepomp een sterke positie verdient. Immers in het kader van de energievoorziening van de gebouwde omgeving dient zowel in de elektriciteits- als warmtebehoefte te worden voorzien. Exergetisch dient maximalisatie van het centrale rendement te worden nagestreefd. Tevens ligt de weg open voor elektrisch gedreven warmtepompen, zowel grootschalig, aangesloten op beschikbare industriële afvalwarmtebronnen, als kleinschalig.

Uiteraard zal wel in een geschikte tariefstructuur moeten worden voorzien. De voorkeur voor elektrische warmtepompen neemt een belangrijke storingsbron weg in de GMWP configuratie namelijk, de gasmotor. Uiteraard geeft deze evaluatie slechts een indicatief beeld. Allerlei secundaire aspecten moeten mede worden betrokken in de exergie analyse.

Inpassingsproblematiek

De WPN-evaluatie heeft duidelijk aangetoond dat zowel de bepaling van de optimale capaciteit van de installatie als de inpassing in het hydraulisch systeem een van de belangrijkste storingsoorzaken c.q. belemmeringen vormt van de WP. Indien de doelstellingen voor de inzet HRCV, WK en SV volledig worden

nagestreefd dan vormen het temperatuursysteem en de hydraulische inpassing voor deze opties eveneens een belemmering.

Deze inpassingsproblematiek ligt dan ook aan de grondslag van de stelling dat de verwarmingssystemen van de toekomst dienen te worden ontworpen voor een maximale retourtemperatuur van 40°C.

Voorwaarde voor een maximale retourtemperatuur van 40°C is een secundaire

installatie die absoluut wordt ontworpen in een variabel debiet.

Bij dergelijke installaties dient optimale aandacht te worden besteed aan het risicogebied van de retourtemperatuur. Dit risicogebied is in de figuren 12.1 en 12.2 gearceerd weergegeven.

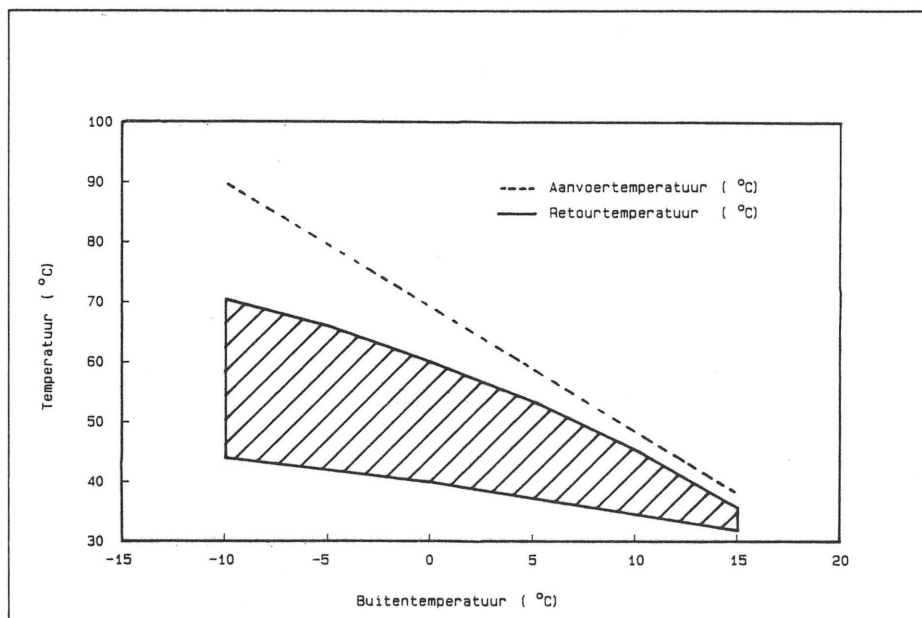
Dit risicogebied wordt gevormd door de variabele schilbelasting waarbij de schilbelasting wordt gedefinieerd als de werkelijke tijdsafhankelijke belasting.

Figuur 12.1 geeft het risicogebied aan in een conventioneel 90/70 systeem, figuur 12.2 het risicogebied van een 67/40 systeem zoals dat wordt toegepast in een deel van de stadsverwarming Heerlen, een voorbeeld installatie van lage temperatuur toepassing.

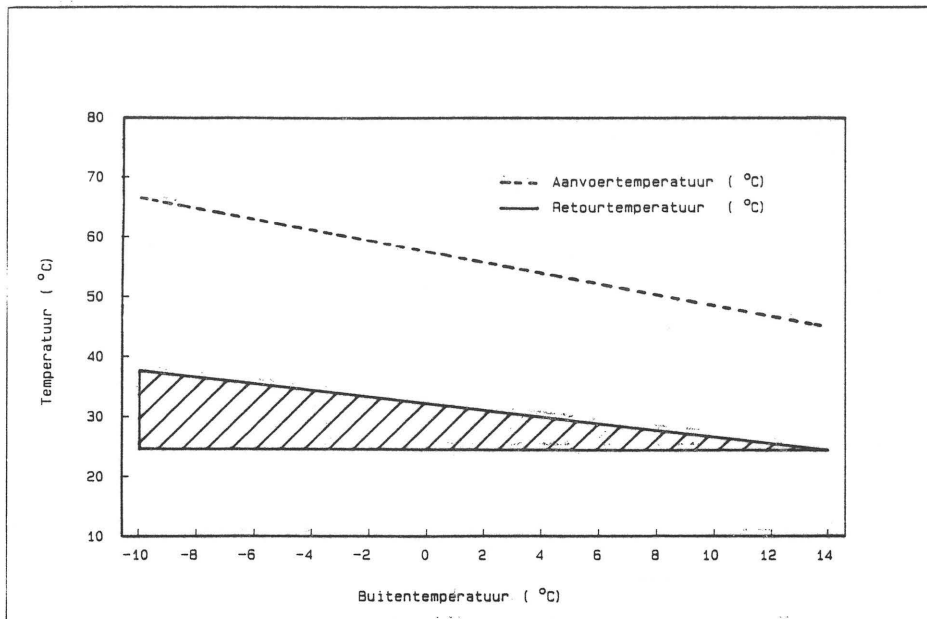
Voorwaarde voor het verwarmingssysteem van de toekomst is het risicogebied te verkleinen waardoor storingen in de retourtemperatuur zoveel mogelijk worden beheerst.

Hier voor is noodzakelijk:

- het voorkomen van *alle* bypassen in het systeem;
- belastingsregeling van de centrale, zo optimaal mogelijk afgestemd op de behoefte;
- optimale inregeling van de CV-installatie ter voorkoming van ongewenste storingspatronen in de installatie (ISSO publicatie 20.1) en voor het comfort;
- eventuele tussenschakeling van een buffer, parallel aan de warmteopwekkingscentrale, ter voorkoming van grote storingen in de retourtemperatuur (EGD alternatief);
- DDC regeling en besturing voor optimale afstemming en controle van het installatieontwerp;
- afschaffing van het proces van nacht-



Figuur 12.1. Risicogebied van een 90/70° systeem



Figuur 12.2. Risicogebied van een 67/40° systeem

verlaging en het hierop volgende proces van opstoken.

Dynamische verandering van de retourtemperatuur zijn onder invloed van de schilbelasting niet te voorkomen; wel kan onder invloed van de regeling van de retourtemperatuur op de schilbelasting in een bepaald gezoneerd gebied het dynamische gedrag worden beperkt.

Afsluitend wordt het ideale hydraulische concept van een CV-installatie gegeven waarin opgenomen de WP-installatie. Lage temperatuursystemen brengen comfort in gebouwde omgeving als gevolg van het lagere temperatuurverschil en de grote stralingsvlakken bij radiatorverwarming.

De hogere installatiekosten beperken zich volledig tot de warmteoverdrachtslichamen als: radiatoren, verwarmingsbatterijen in luchtbehandelingssystemen, tegenstroomapparaten e.d.

De algemene opmerking dat lage-temperatuursystemen de weerstand in luchtvoerende systemen verhogen en derhalve in directe zin leiden tot een hoger energieverbruik voor luchttransport is juist.

Echter in het optimalisatieproces dienen deze kosten te worden geminimaliseerd. Een relativerende opmerking is hierbij op zijn plaats. Zolang nog grote besparingen zijn te bereiken bij de toepassing van pompen en ventilatoren voor water en luchtvoerende systemen door middel van:

- voorkoming van overdimensionering;
- optimale afstemming met ventilatoren en pompkarakteristiek op de kanalen

- leiding karakteristiek;
 - verbetering van het motorrendement;
 - verbetering van het ventilatorrendement;
 - frequentieregeling,
- dient het argument van verhoging van de energiekosten door lage temperatuursystemen te worden bestreden.

Platform formatie Nationaal Team

Voor de promotie van WK is door de overheid, overgenomen door de distributie bedrijven, PWK opgericht. Een schat van ervaring is in de tachtiger jaren verzameld over de toe- en inpassing van warmtepompsystemen. De in de WPN-ëvaluatie geformeerde leerregels dienen te worden uitgebouwd

tot standaarden van het installatieontwerp ten behoeve van milieuvriendelijke energiesystemen.

Aanzet moet worden gegeven voor onderzoek, normalisering en terugkoppeling van ervaring.

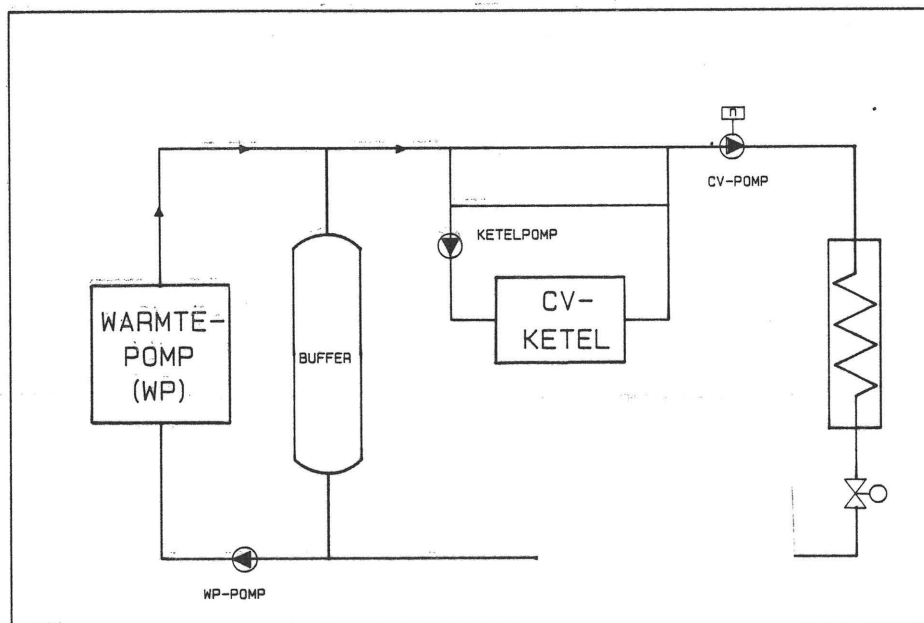
Wanneer de componentvisie wordt verlaten en de energieproblematiek gericht op verlaging van de milieubelasting in een breder perspectief wordt bekeken, dan dient te worden ingezien dat het platform niet alleen een taak voor het National Team is, zuiver gericht op toepassing van warmtepompen. Het heeft zo'n sterk normaliserend karakter en breed perspectief dat een andere weg moet worden gezocht met volledige inzet van de betrokken marktpartijen.

In de Nederlandse samenleving bestaat een lichaam dat ideaal is afgestemd op het opnemen van een dergelijke taak binnen de gebouwde omgeving en dat lichaam is het ISSO.

Een stap wordt reeds bezet door het ISSO in de normcommissie die zich bezig houdt met voorschrift en regels van de meet- en inregelproblematiek. (publikatie 20.1)

De negentiger jaren vragen om een omwenteling van het installatie-ontwerp met primaire doelstelling een minimalisatie van de milieuconsequenties.

Afsluitend mag worden gehoopt dat hierbij de eerste steen is gelegd voor het graf van het 90/70°C verwarmingssysteem geboren uit de ontwerpdiscipline van natuurlijke circulatiesystemen uit het begin van deze eeuw en begraven in de negentiger jaren ten behoeve van het milieu.



Figuur 13. Hydraulische inpassing