



Potchefstroomse Universiteit
vir Christelike Hoër Onderwys

WETENSKAPLIKE BYDRAES
REEKS H: INOUGURELE REDE NR. 143

ENERGIEBESPARING: SUID-AFRIKAANSE ONBENUTTE POTENSIAAL

Prof. PG Rousseau

Inogurele rede gehou op 22 November 1996

Publikasiebeheer Komitee
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
Potchefstroom
2520

Die Universiteit is nie aanspreeklik vir menings in die publikasies uitgespreek nie.

Navrae in verband met *Wetenskaplike Bydraes* moet gerig word aan:

Die Publikasiebeheer Komitee
Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys
2520 POTCHEFSTROOM

Kopiereg © 1998 PU vir CHO

ISBN 1 86822 317 5

ENERGIEBESPARING: SUID-AFRIKA SE ONBENUTTE POTENSIAAL

P G Rousseau

Departement Meganiese Ingenieurswese

Potchefstroomse Universiteit vir Christelike Hoër Onderwys

November 1996

UITTREKSEL

Dit is tegnies moontlik om jaarliks sowat 1.26 % van die totale primêre energieverbruik in Suid-Afrika te bespaar deur alle direkte elektriese verhitters van huishoudelike warm water met hittepompe te vervang. Dit is 10 % van die totale beraamde energiebesparingspotensiaal in alle sektore van die ekonomie. Die kostebesparing hieraan verbonde vir gebruikers beloop ongeveer 1122 miljoen rand. Dit sal ook tot gevolg hê dat die kosbare water wat tans jaarliks gebruik word in die opwekking van elektrisiteit vir die verhitting van huishoudelike warm water met 66 % verminder word. Dieselfde geld vir die groenhuismvormende gasse wat aan die omgewing afgegee word. Dit sal ook tot gevolg hê dat die huishoudelike piekaanvraag met soveel as 27 % verminder word.

Hittepompe kan uiters koste-effektief geïnstalleer word in wooneenhede met 28 of meer inwoners waar afbetaalrye van minder as twee jaar gerieflik verkry word. Vir kleiner wooneenhede neem die koste-effektiwiteit egter skerp af. Daar is tans nie 'n hittepomp in Suid-Afrika beskikbaar waarmee bogenoemde energiebesparings op 'n koste-effektiewe wyse in enkelfamiliewonings behaal kan word nie. Die vereistes van so 'n hittepomp is dat dit 'n vertoningskoeffisiënt van ongeveer drie en 'n verkoelingskapasiteit van minstens 0.5 kW moet hê. Dit moet vir ten minste 20 uur van elke dag water kan lewer teen 60°C en dit moet nie meer as R 1500 kos nie. Dit moet gebruik maak van 'n omgewingsvriendelike koelmiddel, min onderhoud vereis en 'n bruikbare leeftyd van ten minste 10 jaar hê.

Die ontwikkeling van 'n hittepompie wat aan hierdie vereistes voldoen of 'n stelsel waardeur een van die bestaande groter hittepompe gelyktydig vier wonings kan bedien op 'n manier wat vir die inwoners aanvaarbaar is behoort van die fokuspunte van toekomstige navorsing te wees.

1. INLEIDING

In Genesis 1:26 sê God: “Kom ons maak die mens as ons verteenwoordiger, ons beeld, sodat hy kan heers oor die vis in die see, die voëls in die lug, die mak diere, die wilde diere en al die diere wat op die aarde kruip.” Hierdie besluit van God het die mens in ‘n leiersposisie geplaas waarmee geen ander aardse wese kan kompeteer nie. Saam met hierdie leiersposisie kom daar egter nie net mag nie, maar ook groot verantwoordelikheid teenoor beide die opdraggewer en die ondergeskiktes. Aangesien ons as ingenieurs onself besig hou met tegnologie, behoort ons onself dus af te vra wat ons eie verantwoordelikheid in hierdie verband is.

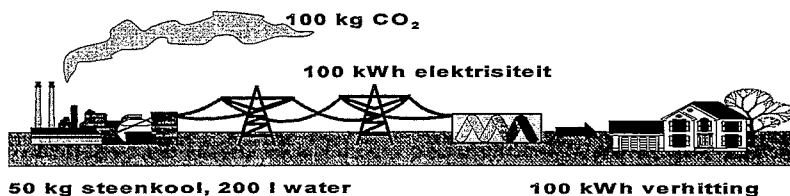
Hierdie vraag word myns insiens al hoe belangriker soos wat die tegnologie verder ontwikkel. Dit kan duidelik gesien word indien ons aspekte van vandag se tegnologie vergelyk met dié van die klassieke vakman van eeue gelede. Die vakman was byvoorbeeld omring deur ‘n natuurlike omgewing en daarom ook beperk tot wat in die natuur beskikbaar was. Die moderne ingenieur leef in ‘n omgewing wat deur middel van tegnologie geskep is en waarin die afstand vanaf die natuur al hoe groter word. Die klassieke vakman kon slegs gebruik maak van natuurlike materiale. In teenstelling hiermee vermy die moderne ingenieur natuurlike materiale en maak eerder gebruik van doelgemaakte materiale met spesifieke fyn geselekteerde kombinasies van eienskappe. So maak die gebruik van saamgestelde materiale dit byvoorbeeld moontlik om ‘n baie ligte maar tog sterk vliegtuig te bou.

Dieselfde geld vir energie. Die energie wat tot die beskikking was van die klassieke vakman het grootliks afgehang van die spierkrag van mense en diere. Vandag word soveel energie as wat nodig mag wees direk vanuit die natuur onttrek deur byvoorbeeld steenkool of olie te verbrand of self deur die splyting van atome. Dit is dus duidelik dat die klassieke vakman beperk was tot dit wat ‘natuurlik’ beskikbaar was. In teenstelling hiermee word die moderne ingenieur feitlik net beperk deur sy eie verbeelding en sin vir verantwoordelikheid.

Een van die aspekte wat in die lig van ons verantwoordelikheid teenoor ons medemens en die natuur ‘n baie belangrike rol speel is die gebruik van energie. In die eerste plek kan die

verkeerde aanwending daarvan katastrofies wees soos byvoorbeeld wanneer 'n kernbom ontplof. Tweedens gaan die omsetting en gebruik van energie ook gepaard met die uitputting van natuurlike hulpbronne, die verbruik van kosbare water en die stelselmatige aftakeling van die natuur deur besoedeling en die vrystelling van hitte na die omgewing.

Beskou maar net ter illustrasie die tipiese proses wat ingespan word om huishoudelike warm water in Suid-Afrika te verhit. Soos wat in Figuur 1 getoon word, word ongeveer 50 kg steenkool en 200 liter water benodig vir die opwekking van elke 100 kWh elektriese energie wat weer 100 kWh se verhitting moontlik maak. Terselfdertyd word daar ook sowat 100 kg groenhuismvormende CO₂ gas na die atmosfeer vrygelaat. Dit het duidelik oor die lang termyn 'n groot impak op die natuur.



Figuur 1: *Tipiese proses vir die verhitting van huishoudelike warm water in Suid-Afrika*

Een manier om hierdie ongewenste effekte te verminder is deur eenvoudig meer spaarsaam met die warm water te werk. Die sukses hiervan word egter in meeste gevalle streng beperk deur praktiese oorwegings. 'n Ander benadering is om die tegnologie positief in te span om die verhittingsproses meer effektief te maak. Indien ons byvoorbeeld die verhitting van die water op 'n meer effektiewe manier kon doen sodat slegs 80 kWh se elektriese energie benodig word om steeds 100 kWh se verhitting te gee, kan die steenkoolverbruik verminder word na 40 kg, die waterverbruik na 160 liter en die CO₂ gasvrystelling na 80 kg om steeds dieselfde funksie te verrig. Dit is dus uiters noodsaaklik dat ons noukeurig sal aandag gee aan die ontwikkeling en toepassing van tegnologie vir die effektiewe gebruik van energie.

2. DOELSTELLINGS VAN HIERDIE REDE

Na aanleiding van bogenoemde is die doelstellings van hierdie rede kortliks die volgende:

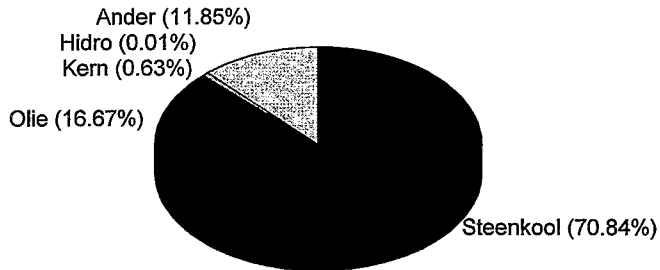
- Om 'n idee te vorm van hoe energie in Suid-Afrika verbruik word met spesifieke aandag aan die verhitting van huishoudelike warm water deur middel van elektrisiteit.
- Om uit te vind wat die potensiaal vir energiebesparing in die algemeen is en veral in die elektriese verhitting van huishoudelike warm water.
- Om van die struikelblokke te identifiseer wat tot gevolg het dat hierdie potensiaal tans nie benut word nie.
- Om te besin oor watter bydra ons kan maak om die benutting van hierdie potensiaal verder te bevorder.

3. ENERGIEVERBRUIK IN SUID-AFRIKA

3.1. Totale primêre energieverbruik

Figuur 2 toon hoedat die totale beskikbare primêre energieverbruik in Suid-Afrika verdeel was tussen steenkool, olie, kernenergie, hidro en ander vir 1993 [1]. Aangesien hierdie die nuutste beskikbare energiestatistieke verteenwoordig sal dit as basis vir die res van die bespreking dien.

Die totale verbruik in 1993 was gelyk aan 4172.57 Petajoules oftewel 1.12×10^{12} kWh. Steenkool is by verre die grootste bron van primêre energie (70.84%) gevolg deur olie (16.67%). Kern- en hidro-energie tesame verteenwoordig minder as een persent van die totaal. Die 'ander' bestaan hoofsaaklik uit hernubare bronne. Die grootste bydra tot hernubare bronne word gemaak deur die gebruik van natuurlike brandhout in huishoudings, wat 'n allerminste 7 % van die totale primêre verbruik uitmaak.



Figuur 2: Primêre energiebalans vir Suid-Afrika (1993)

Dit is interessant om daarop te let dat die primêre energiebalans vir Suid-Afrika wesenlik verskil van dié wat in ander ontwikkelde lande waargeneem word waar die verbruik van olie tipies meer is as steenkool in 'n verhouding van ongeveer 3:2. Tabel 1 toon 'n vergelyking tussen die totale hoeveelheid primêre energie wat jaarliks in 'n paar die verskillende lande gebruik word.

Tabel 1: Primêre energieverbruik in ontwikkelde lande

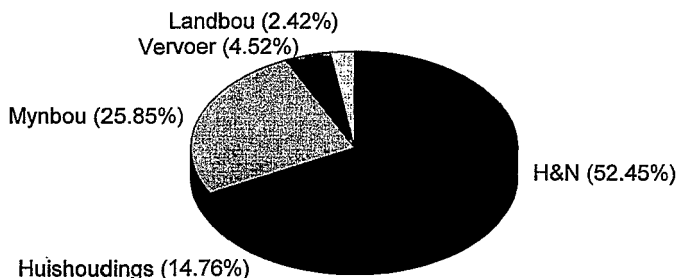
	Miljoen ton olie ekwivalent	Relatief tot Suid-Afrika
VSA	1996.0	19.1
Japan	455.8	4.4
Duitsland	334.3	3.2
VK	215.0	2.1
USSR	118.9	1.1
SA	104.4	1.0
Spanje	92.2	0.9
Australië	86.3	0.8
Nederland	79.2	0.8
Oostenryk	22.4	0.2
Portugal	15.7	0.2
Nieu-Seeland	13.2	0.1

3.2. Verbruik van steenkool

Indien ons die verbruik van steenkool in Suid-Afrika van naderby beskou sien ons dat 56.52% daarvan gebruik word vir die opwekking van elektrisiteit. Voeg daarby die ander bronne vir opwekking van elektrisiteit soos kernkrag en hidro dan is die totale hoeveelheid energie beskikbaar vir die opwekking van elektrisiteit gelyk aan 40.68% van die nasionale primêre verbruik. Slegs 33.15% hiervan is uiteindelik beskikbaar as opgewekte elektriese energie vir binnelandse verbruik, insluitend verspreidingsverliese. Die res gaan aan opwekkingsverliese, verbruik in die kragstasies en uitvoere. Dit beteken dat 13.49% van die totale beskikbare primêre energie binnelands verbruik word in die vorm van elektrisiteit.

3.3. Verbruik van elektrisiteit

Die sektorale verbruik van elektrisiteit tussen die handel en nywerheid, huishoudings, mynbou, vervoer en die landbou word in Figuur 3 getoon.



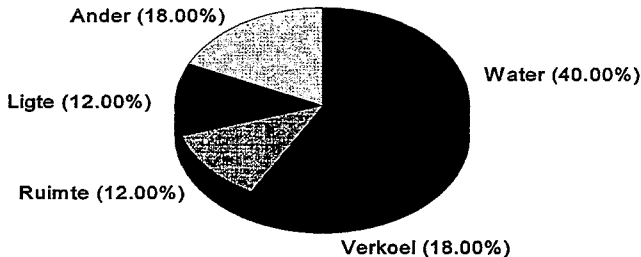
Figuur 3: Sektorale verbruik van elektriese energie in Suid-Afrika

Hier sien ons dat handel en nywerheid die grootse verbruiker is gevolg deur die mynbou, huishoudings, vervoer en die landbou. Aangesien 14.76% van die elektrisiteit na huishoudings gaan beteken dit dat slegs twee persent van die totale beskikbare primêre energie uiteindelik gebruik word in die vorm van elektrisiteit in huishoudings. Hierdie twee persent is gelykstaande aan 2.33×10^{10} kWh. Dit is interessant om daarop te let dat dit minder is as die fraksie wat na huishoudings gaan in die vorm van brandhout ten spyte van die feit dat 99.95% van sogenaamde eerstewêreldse huishoudings van elektrisiteit gebruik maak.

Dit is egter uiters belangrik om daarop te let dat enige besparing in elektrisiteit 'n groter effek op die primêre energieverbruik het is wat oënskynlik die geval is. Die rede hiervoor is die relatief lae effektiwiteit van gemiddeld 35 % waarmee elektrisiteit opgewek word. Indien ons wel besparings in elektrisiteitsverbruik kan bewerkstellig beteken dit daar hoef minder elektrisiteit opgewek te word. Dit sal beteken dat nie net die werklike verbruik verminder nie, maar ook die opwekkings- en verspreidingsverliese in min of meer dieselfde verhouding. Dit beteken dat die effek van enige besparings in elektrisiteitsverbruik met 2.89 vermenigvuldig moet word om die netto effek op die totale primêre verbruik te verkry.

3.4. Huishoudelike elektrisiteitsverbruik

Die huishoudings wat gebruik maak van elektriese energie word gewoonlik opgedeel in hoë- en middelinkomste huishoudings en lae inkomste huishoudings. In 1992 was die gemiddelde jaarlikse verbruik in hoë- en middelinkomste huishoudings ongeveer 9300 kWh per jaar. U kan hierdie syfer gerieflik gebruik om vas te stel of u eie huishouding onder of bokant die gemiddeld lê. Die aantal ge-elektrifiseerde huishoudings is beraam op net minder as 2.3 miljoen. Dit beteken dat hierdie huishoudings in 1992 ongeveer 2.14×10^{10} kWh elektrisiteit verbruik het. Dit is gelykstaande aan 92% van die totale huishoudelike elektrisiteit verbruik in 1993.



Figuur 4: Verdeling van elektriese energieverbruik in hoë- en middelinkomste huishoudings

'n Afbraak van die elektrisiteitsverbruik in hoë- en middelinkomste huishoudings volgens funksie word in Figuur 4 getoon. 40% gaan na waterverhitting, 18% vir verkoeling van gestoorde voedsel ens., 12% aan ruimteverhitting, 12% na beligting en 18% na ander. As ons nou weer in ag neem dat twee persent van die primêre energie gaan na elektrisiteit in huishoudings en dat ongeveer 92% hiervan gaan na hoë- en middelinkomste huishoudings waarvan 40% weer gaan aan waterverhitting, dan beteken dit dat ongeveer 'n driekwart persent van die primêre energieverbruik gaan na elektriese waterverhitting in hoë- en middelinkomste huishoudings.

In lae-inkomste huishoudings lyk die verdeling tussen die funksies ietwat anders naamlik 35% na stowe, 26% aan verkoeling en ander, 17% na ruimteverhitting, 12% na waterverhitting en 10% na warmplate. Die bydra van lae-inkomste huishoudings tot elektriese waterverhitting is dus weglaatbaar klein.

3.5. Elektriese verhitting van huishoudelike warm water

Ongeveer 88 % van bogenoemde huishoudings maak gebruik van direkte elektriese waterverhitters. Dit beteken dat sowat 7.73×10^9 kWh se elektrisiteit jaarliks gebruik word vir direkte elektriese verhitting van huishoudelike warm water. Dit is gelykstaande aan 0.64 % van die totale primêre energieverbruik. Teen 'n gemiddelde koste van 22 sent per kilowatt-uur is die totale koste daarvan vir die verbruikers sowat MR 1700 per jaar. Die gemiddelde jaarlikse koste daarvan vir elk van die 2.3 miljoen huishoudings is dus ongeveer R 740. Indien die opwekkingsverliese in ag geneem word dra direkte elektriese verhitting van huishoudelike warm water by tot 1.86 % van die totale primêre energieverbruik.

'n Ander aspek wat egter ook uiters belangrik is is die bydra wat dit maak tot die nasionale piekaanvraag. Aanvraag is die totale las wat op enige gegewe oomblik op die nasionale netwerk geplaas word om elektrisiteit te lewer. Indien die piekaanvraag wat tipies elke dag ondervind word meer is as die totale opwekkingskapasiteit van al die kragstasies beteken dit dat elektrisiteit op een of ander manier op af-piek tye gestoor moet word vir gebruik in piektye of dat 'n nuwe kragstasie gebou moet word. Aangesien beide hierdie opsies ontsaglike hoë kapitaalinsette vereis word alles moontlik gedoen om die piekaanvraag te verminder. Om hierdie rede moet verbruikers wat 'n groter bydra maak tot die piek ook meer opdok vir hulle elektrisiteit. Dit kan selfs tot gevolg hê dat 'n verbruiker A wat in totaal minder elektrisiteit verbruik as verbruiker B, maar wat 'n hoër piekaanvraag het, aan die einde van die maand meer sal moet betaal as verbruiker B. Dit is ook die geval in die huishoudelike sektor waar 'n verbruiker met 'n groter stroombreker, wat 'n groter pieklas toelaat, indirek meer betaal vir sy toegelate hoër piekaanvraag.

Die huishoudelike sektor is een van die belangrike bydraers tot die huidige piekaanvraag. Water verhitting is verantwoordelik vir 32 % van die huishoudelike piekaanvraag en is daarom 'n belangrike deel van die nasionale piekaanvraag [2]. Direkte elektriese verhitting van warm water is dus verantwoordelik vir ongeveer 28 % van die huishoudelike piekaanvraag.

4. ENERGIEBESPARINGSPOTENSIAAL IN SUID-AFRIKA

4.1. Besparingspotensiaal per sektor

In 'n onlangse studie deur die Departement Mineraal en Energiesake [3] is 'n oorsig gedoen oor die energiebesparingspotensiaal in alle sektore in Suid-Afrika. Gepubliseerde resultate van studies deur verskeie navorsers is saamgevat en die besparingspotensiaal en koste-effektiwiteit van verskillende maatreels is vergelyk. Die resultate is aangebied deur te kyk na die potensiele netto energiebesparing wat tans tegnies moontlik is ongeag van die koste en moeite om die maatregel te implementeer.

Hierdie syfers kan telkens verwerk word na potensiele besparing in die primêre energieverbruik deur die opwekkingsverliese van elektrisiteit in ag te neem. Tabel 2 toon 'n opsomming van die energiebesparingspotensiaal per sektor sowel as die impak wat dit kan hê op die totale primêre energieverbruik. Die grootste potensiaal bestaan in die huishoudelike sektor gevolg deur industrieel, kommersieel, vervoer en landbou. Die rede waarom die effek van industrie op die primêre verbruik amper net so groot is as huishoudelik alhoewel die besparing per sektor baie kleiner is, is dat 'n baie groter persentasie van die industriële energieverbruik deur middel van elektrisiteit is (36%) as wat die geval in huishoudings is (17%). Die totale tegnies moontlike besparing in alle sektore is net minder as 13 % van die totale primêre energieverbruik.

Tabel 2: Tegnies moontlike energiebesparingspotensiaal per sektor

Sektor	Potensiaal as % van netto verbruik per sektor	Potensiaal as % van totale primêre verbruik
Industrieel	12.8	5.05
Huishoudelik	36.3	4.96
Vervoer	11.8	1.41
Komersieel	21.7	1.37
Landbou	10	0.14
Totaal	17.6	12.93

Die grootste besparingspotensiaal in die industriële sektor kom voor by beligting en elektriese motors. In die huishoudelike sektor kom die grootste potensiaal voor by die gebruik van brandhout en by die elektriese verhitting van warm water. In die kommersiële sektor kom dit voor by lugreëlingstelsels en beligting in geboue. Let wel dat bogenoemde besparings dui op tegnies moontlike maatreels en daarom kan al hierdie besparings nie noodwendig koste-effektief geïmplimenteer kan word nie.

4.2. Besparingspotensiaal in die huishoudelike sektor

Die besparingspotensiaal in die huishoudelike sektor word bespreek aan die hand van:

- Die persentasie besparing van die huidige verbruik om die spesifieke funksie te verrig.
- Die persentasie besparing van die huidige netto huishoudelike verbruik.
- Die persentasie besparing van die huidige totale primêre energieverbruik.
- Die koste-effektiwiteit om die maatreel te implimenteer.

Die koste-effektiwiteit sal gemeet word aan die hand van die suiwer terugbetaalperiode en interne opbrengskoers (IOK). Die terugbetaalperiode word gedefinieer as die tyd wat dit neem vir die verbruiker om die geld wat hy in kapitale toerusting belê het terug te kry vanuit die energiekostebesparings. Die IOK word verkry deur die kapitale koste van die toerusting wat nou geïnvesteer moet word te vergelyk met die netto huidige waarde van die besparings wat in die toekoms verkry kan word. Die IOK gee 'n persentasie syfer wat gesien kan word as die effektiewe rentekoers wat die verbruiker op sy geld verdien indien hy die implementering van die maatreel as 'n belegging beskou. Dit kan dus direk gebruik word om die verbruiker te help om te besluit waar hy sy geld die beste kan belê.

Die grootste besparingspotensiaal in die huishoudelike sektor spruit daaruit voort dat meer energie-effektiewe houtstowe gebruik kan word in die plek van tradisionele oop vure om woonplekke te verhit en voedsel voor te berei. Daar word verwag dat ten minste 40 % besparings moontlik is wat tot gevolg kan hê dat sowat 26 % van die netto huishoudelike energie en 2.8 % van die totale primêre energieverbruik bespaar kan word! Aangesien die brandhout normaalweg

gratis versamel word en daar dus geen finansiële insentief is vir verbruikers om in meer effektiewe toerusting te belê nie, kan 'n terugbetaalperiode en IOK nie bepaal word nie. Aangesien hierdie verbruik ook feitlik net voorkom by baie arm huishoudings sal hierdie besparing slegs moontlik wees indien daar van owerheidskant af ingegryp word om houtstowe te finansier.

Die tweede grootste besparingspotensiaal in die huishoudelike sektor is in waterverhitting. Die voorafgenoemde studie [3] dui drie maatreels aan waardeur noemenswaardige persentasies van die elektriese energie vir die verhitting van huishoudelike warm water bespaar kan word naamlik:

- Deur vanaf direkte elektriese verhitting oor te skakel na sonwaterverwarmers met 'n gepaardgaande besparing van 32.1 % en 'n IOK van 18 %.
- Deur vanaf direkte elektriese verhitting oor te skakel na 'n gekombineerde elektriese- en sonwaterverwarmer met 'n gepaardgaande besparing van 23.9 % en 'n IOK van 14 %.
- Deur vanaf direkte elektriese verhitting oor te skakel na hittepompe met 'n gepaardgaande besparing van 21.33 % en 'n IOK van 12 %.

Die persentasie besparings vir die maatreels wat hier bo genoem word is relatief hoog. As ons weer let op hoeveel energie verbruik word vir direkte verhitting van huishoudelike warm water (sien § 3.5) dan beteken 'n besparing van 25 % dat 1.54 % van die netto huishoudelike energieverbruik bespaar kan word en nadat die opwekkingsverliese in ag geneem is feitlik 'n half persent van die totale primêre verbruik. Die kostebesparing vir die verbruikers sal ongeveer MR 425 beloop. As ons egter kyk na IOKe in die orde van 15 % dan beteken dit dat die verbruiker so lank as vyf jaar moet wag voordat sy belegging eers begin om 'n opbrengs te toon. Dit is dus werklik nie finansiëel geregverdig om enige van hierdie maatreels te implementeer nie.

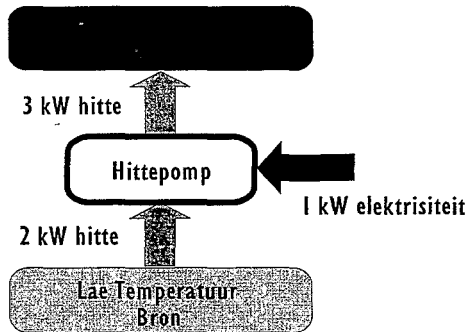
Die besparingspotensiaal van 21.33 % en IOK van 12 % wat vir hittepompe aangegee word behoort egter verder ondersoek te word omdat die energie- en koste-effektiwiteit van hittepompe baie sterk afhang van die ontwerp van die hittepomp self asook die integrasie daarvan met die warmwaterstelsel as geheel. Die ontwerpmetodologie wat tans wereldwyd gebruik word is ongelukkig van so aard dat die volle potensiaal van die hittepomp nie benut word nie en daar is

daarom ruimte vir verbetering. Dit sal verder aandag geniet in die res van hierdie rede.

5. ENERGIE- EN KOSTE-EFFEKTIWITEIT VAN WARM WATER HITTEPOMPE

5.1. Energie-effektiwiteit van warm water hittepompe

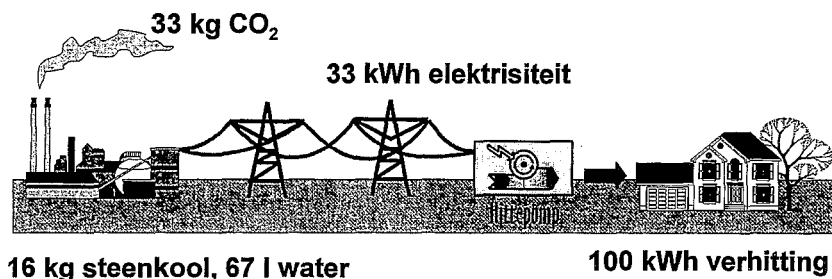
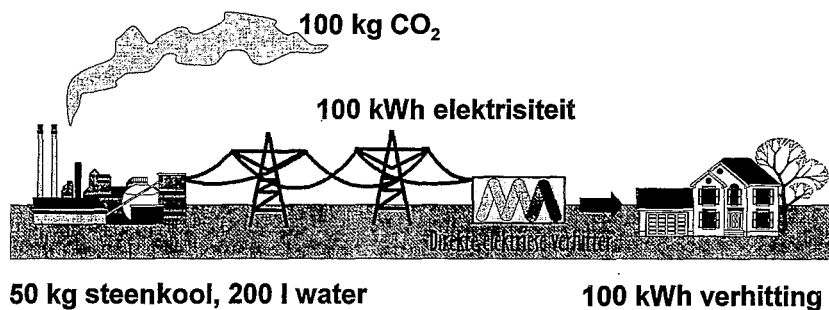
'n Hittepomp is 'n meganiese toestel wat van 'n koelmiddel soos Freon gebruik maak om hitte vanaf 'n lae temperatuur na 'n hoë temperatuur te pomp soos skematies in Figuur 5 getoon word.



Figuur 5: Werking van hittepomp

Let op dat 'n goed ontwerpte hittepomp, waarvan daar reeds groot hoeveelhede in Suid-Afrika in bedryf is, tipies drie keer soveel hitte verskaf as die elektriese energie wat benodig word om dit aan te dryf. Ons sê daarom dat dit 'n vertoningskoëffisiënt van drie het. Indien ons dus die buitelig as lae temperatuur bron gebruik en die huishoudelike warm water as hoë temperatuur sink kan ons 'n 100 kWh se water verhitting bewerkstellig deur van slegs 33 kWh se elektriese energie gebruik te maak. Indien die warmwaterstelsel so ontwerp kan word dat die ekstra verhitting deur middel van direkte elektriese verhitters geminimeer word, beteken dit dat energiebesparings van ongeveer 66 % verkry kan word in teenstelling met die 21 % wat vooraf genoem is. So 'n ontwerpmetodologie is onlangs by die PU vir CHO ontwikkel en die volle besparingspotensiaal van hittepompe kan nou benut word.

Die las op die energiebronne en omgewing kan dus nou drasties verminder word. Figuur 6 tref op grond hiervan skematies 'n vergelyking tussen die gebruik van direkte elektriese verhitting en hittepompe.



Figuur 6: Vergelyking tussen direkte elektriese verhitting en hittepomp

'n Besparing van 66 % in die elektrisiteit wat tans gebruik word vir direkte verhitting van huishoudelike water sal beteken dat 1.26 % van die totale primêre energieverbruik jaarliks bespaar kan word. Dit is 10 % van die totale tegniese moontlike besparing in primêre energie in alle sektore wat in § 4.1. geïdentifiseer is! Dit maak die gebruik van hittepompe die moeite werd vanuit 'n suiwer energiebesparingsoogpunt.

Die totale kostebesparing vir verbruikers sal ongeveer MR 1122 beloop. Dit is gelykstaande aan meer as 11 % van die basiese begroting vir die Suid-Afrikaanse polisiemag vir 1996. Die feit dat hierdie bedrag teoreties jaarliks onnodig gemors word maak die gebruik van hittepompe ook vanuit 'n makro-ekonomiese oogpunt die moeite werd. Hierdie besparing beloop ongeveer R 500 per jaar vir die gemiddelde woning en sal slegs realiseer kan word indien die kapitale belegging in die hittepomp wat deur die individuele huiseienaar gemaak word vir hom finansiële die moeite werd is. Dit is dus nodig dat ons die totale koste-effektiwiteit van warm water hittepompe van nader beskou.

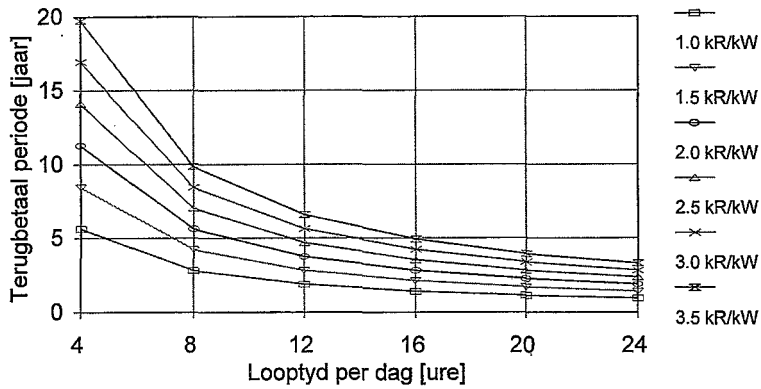
5.2. Koste-effektiwiteit van warm water hittepompe

Daar is twee faktore wat bepalend is in die koste-effektiwiteit van hittepompe vir die verhitting van huishoudelike warm water naamlik:

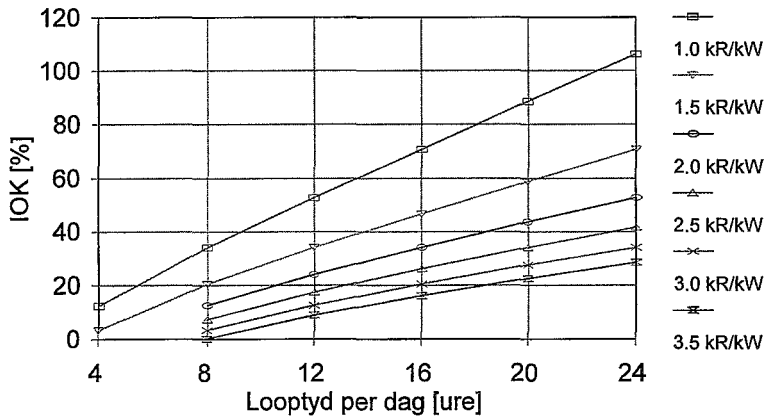
- Die aantal ure per dag waarvoor die hittepomp ontwerp is om aktief water te verhit.
- Die genormaliseerde kapitale koste van die hittepompinstallasie in rand per nominale kilowatt verhitingskapasiteit.

Figure 7 en 8 toon die terugbetaalperiodes en IOKs vir 'n tipiese genormaliseerde geval waarvoor die volgende geld:

- Die elektrisiteitstarief is 22 sent per kilowatt-uur.
- Die hittepomp is twaalf maande van die jaar in gebruik.
- Die lewensiklus van die hittepomp is tien jaar.
- Die gemiddelde vertoningskoeffisiënt van die hittepomp deur die jaar is 2.82.



Figuur 7: Terugbetalingsperiodes vir huishoudelike hittepompe



Figuur 8: IOKs vir huishoudelike hittepompe

Hierdie syfers is so genormaliseer dat dit onafhanklik is van die aantal inwoners of die daaglikse warm water verbruik per inwoner. 'n Woning met meer inwoners sal egter op die ou end meer water gebruik en 'n hittepomp vereis met 'n groter nominale kapasiteit wat sal beteken dat die werklike kapitale koste uiteindelik meer sal wees.

Vanuit die figure is dit duidelik dat die koste-effektiwiteit verhoog indien die daaglikse looptyd verleng. Die rede hiervoor is dat indien die looptyd verleng word, word dieselfde hoeveelheid water oor 'n langer tydperk verhit en kan 'n hittepomp met 'n kleiner kapasiteit dus gebruik word. Soos wat verwag word verbeter die koste-effektiwiteit ook indien die kapitale koste van die hittepomp verlaag word. Tabel 3 toon 'n analise van die data in die voorafgaande figure vir beleggings wat verskillende maksimum terugbetaalperiodes en minimum IOKs sal lewer.

Tabel 3: Analise van koste-effektiwiteit

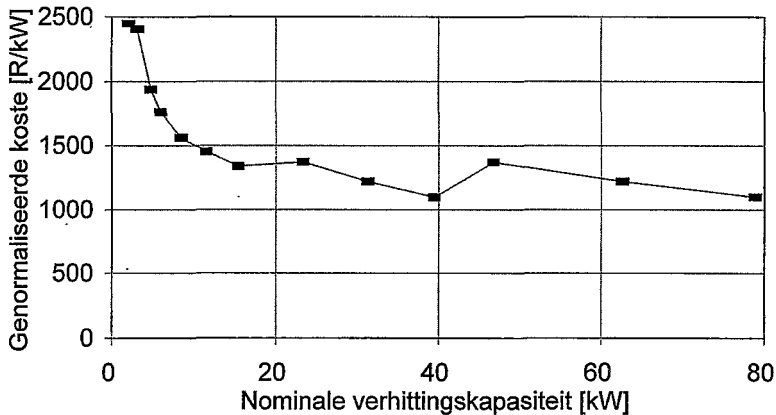
Genormaliseerde kapitale koste: [R/kW]	Minimum looptyd per dag [ure]			
	1 jaar en 100 %	2 jaar en 50 %	3 jaar en 30 %	4 jaar en 22 %
1000	24	12	8	8
1500	-	20	12	12
2000	-	24	16	12
2500	-	-	20	16
3000	-	-	24	20
3500	-	-	-	20

Tabel 3 kan nou as volg gebruik word om die koste-effektiwiteit van enige huishoudelike warm water hittepomp waarvoor die oorspronklike aannames geld te evalueer: Indien 'n terugbetaaltyd van minder as een jaar verlang word, moet 'n hittepomp geïnstaleer word met so 'n kapasiteit dat dit vir ten minste 24 per dag loop om die totale daaglikse verbruik in warm water te verhit en die genormaliseerde koste daarvan moet nie meer as R 1000 per nominale kilowatt wees nie..

Die vereiste vir lang looptye wat uit bogenoemde volg was tot onlangs nog 'n probleem. Die konvensionele stelselontwerpmetodologie wat tans nog wêreldwyd in gebruik is vereis dat die hittepomp in staat moet wees om die totale hoeveelheid water wat daaglik gebruik word in 'n baie kort tyd, tipies agt ure, te verhit. 'n Nuwe ontwerpmetodologie is egter 'n tyd gelede deur

professor Greyvenstein by die PU vir CHO ontwikkel wat hierdie vereiste onnodig maak en wat verseker dat daaglikse looptye van baie naby aan 24 uur nou moontlik is.

Die ander aspek wat aandag moet geniet is die genormaliseerde kapitale koste. Figuur 9 toon die tipiese genormaliseerde koste van warm water hittepompe wat kommersieel in Suid-Afrika beskikbaar is teenoor die nominale verhittingskapasiteit. Die genormaliseerde koste styg soos wat die kapasiteit afneem en die kleinste beskikbare hittepomp het 'n nominale kapasiteit van 2



Figuur 9: Genormaliseerde kapitale koste versus nominale verhittingskapasiteit vir Suid-Afrikaanse warm water hittepompe

kW.

Vanuit die gegewens in Tabel 3 en Figuur 9 kan ons aflei dat 'n terugbetaalperiode van minder as een jaar is vir geen geval moontlik nie aangesien die genormaliseerde koste vir alle grootte modelle meer as 1000 R/kW is. 'n Verdere analise van die inligting word gerieflikheidshalwe in Tabel 4 uiteengesit. Die tabel toon watter maksimum terugbetaaltye en minimum IOKs behaal kan word teenoor die nominale kapasiteit en minimum looptyd wat vir verskillende installasies

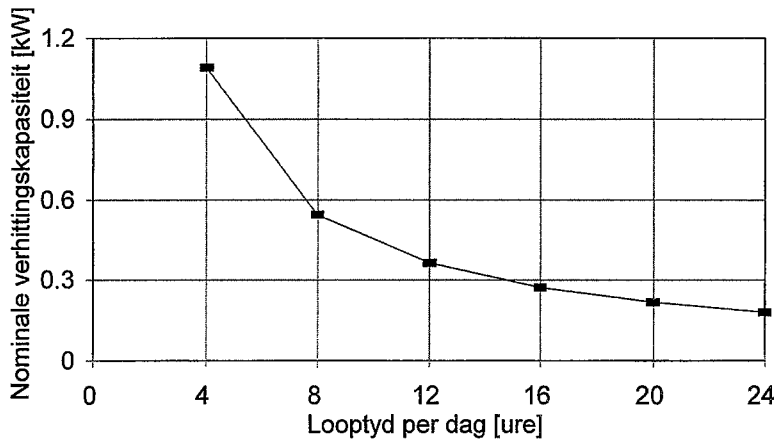
benodig word.

Tabel 4: Analise van koste-effektiviteit (vervolg)

Nominale kapasiteit benodig [kW]	Minimum looptyd	Maksimum terugbetaaltyd	Minimum IOK
12 kW en groter	20 uur	2 jaar	50 %
12 kW en groter	12 uur	3 jaar	30 %
5 kW en groter	24 uur	2 jaar	50 %
5 kW en groter	16 uur	3 jaar	30 %
5 kW en groter	12 uur	4 jaar	22 %
2 kW en groter	20 uur	3 jaar	30 %
2 kW en groter	16 uur	4 jaar	22 %

5.3. Verhitting van huishoudelike warm water m.b.v. hittepompe

Ondervinding het getoon dat die daaglikse verbruik van huishoudelike warm water tipies sowat 80 liter per persoon per dag is. Gebaseer hierop kan bereken word watter nominale kapasiteit hittepompe per persoon benodig word teenoor die daaglikse looptyd van die hittepompe. Hierdie verband word in Figuur 10 getoon. Deur nou 'n vergelyking te tref tussen Figuur 10 en Tabel 4 kan bepaal word wat die koste-effektiviteit sal wees vir wonings met verskillende hoeveelhede van inwoners. Tabel 5 toon dié resultate.



Figuur 10: Nominale verhittingskapasiteit benodig per persoon teenoor daaglikse looptyd van die hittepompe

Tabel 5: Analise van koste-effektiwiteit (vervolg)

Maksimum terugbetaaltyd	Minimum looptyd	Minimum aantal inwoners	Minimum IOK
2 jaar	20 uur	55	50 %
2 jaar	24 uur	28	50 %
3 jaar	12 uur	33	30 %
3 jaar	16 uur	18	30 %
3 jaar	20 uur	9	30 %
4 jaar	12 uur	14	22 %
4 jaar	16 uur	7	22 %

Vanuit Tabel 5 kan ons sien dat uitstekende IOKs behaal kan word vir groter residensiële toepassings met baie inwoners soos koshuise, woonstelblokke, nasorgsentrums, gevangnisse en selfs hospitale en hotelle. Aangesien looptye van 20 tot 24 uur per dag gerieflik behaal kan word is terugbetaaltye van minder as twee jaar moontlik vir wooneenhede wat 28 inwoners of meer akkomodeer.

'n Voorbeeld hiervan is die koshuise van die PU vir CHO. Koshuise wat van direkte elektriese verhitting gebruik maak huisves tans ongeveer 2500 studente. Die koshuise word wel nie 12 maande van die jaar bewoon nie en die universiteit betaal 'n eenheids- en aanvraagtarief. Dit alles in ag geneem kan hittepompe hier ge-installeer word met 'n terugbetaaltyd van 1.4 jaar 'n IOK van 71 %. Die netto huidige waarde hieraan verbonde is 1.914 miljoen rand. Dit beteken dat amper twee miljoen rand in vandag se geldwaarde oor die volgende tien effektief uit niks geskep word!

Vir kleiner toepassings neem die koste-effektiwiteit egter skerp af. Dit is dus nodig dat ons meer spesifiek na 'n tipiese enkelwoning huishoudelike toepassing kyk.

Vanuit die energieverbruiksdata wat in § 3.5 bespreek is blyk dit dat die gemiddelde hoë- en middel inkomste huishouding ongeveer 220 liter warm water per dag gebruik. As ons dus aanneem dat daar 80 liter per persoon per dag verbruik word is die gemiddelde effektiewe aantal inwoners ongeveer 2.5. Hierdie lae syfer mag verskeie oorsake hê soos byvoorbeeld dat kinders minder water gebruik of miskien saam bad.

Vanuit Tabel 5 kan ons sien dat daar tans geen koste-effektiewe opsie is vir 'n inwonertal van minder as 9 mense nie.

Daar is nou twee moontlike maniere om 'n koste-effektiewe oplossing te vind naamlik:

- (i) Een hittepomp kan moontlik vier wonings bedien. So 'n stelsel sal egter vir inwoners aanvaarbaar moet wees.
- (ii) Pogings kan aangewend word om 'n baie klein huishoudelike hittepompie met 'n nominale kapasiteit van ongeveer 0.5 kW te ontwikkel. Teen 'n aankoopprys van R 1000 of R 1500 sal die terugbetaalperiodes vir dié hittepompie 2 jaar of 3 jaar onderskeidelik wees.

Indien enige van hierdie opsies moontlik gemaak kan word sal dit ook 'n ander voordeel inhou naamlik dat dit 'n groot impak op die piekaanvraag sal hê. So 'n hittepomp sal 'n piek elektriese drywing van slegs 0.183 kW per woning vereis in teenstelling met die 4 kW van 'n tipiese elektriese verhittingselement wat tans gebruik word. Dit beteken dat die piekaanvraag met 95 % verlaag kan word. Dit beteken dat die installasie van hittepompe die totale huishoudelike piekaanvraag met meer as 27 % kan verminder!

6. OPSOMMING EN GEVOLGTREKKINGS

Dit is tegnies moontlik om jaarliks sowat 1.26 % van die totale primêre energieverbruik in Suid-Afrika te bespaar deur alle direkte elektriese verhitters van huishoudelike warm water met hittepompe te vervang. Dit is 10 % van die totale beraamde energiebesparingspotensiaal in alle sektore van die ekonomie. Die kostebesparing hieraan verbonde vir gebruikers beloop ongeveer 1122 miljoen rand. Dit sal ook tot gevolg hê dat die kosbare water wat tans jaarliks gebruik word in die opwekking van elektrisiteit vir die verhitting van huishoudelike warm water met 66 % verminder word. Dieselfde geld vir die groenhuismvormende gasse wat aan die omgewing afgegee word. Dit sal ook tot gevolg hê dat die huishoudelike piekaanvraag met soveel as 27 % verminder word.

Hittepompe kan uiters koste-effektief geïnstalleer word in wooneenhede met 28 of meer inwoners waar afbetaalrye van minder as twee jaar gerieflik verkry word. Vir kleiner wooneenhede neem die koste-effektiwiteit egter skerp af. Daar is tans nie 'n hittepomp in Suid-Afrika beskikbaar waarmee bogenoemde energiebesparings op 'n koste-effektiewe wyse in enkelfamiliewonings behaal kan word nie. Die vereistes van so 'n hittepomp is dat dit 'n vertoningskoeffisiënt van ongeveer drie en 'n verkoelingskapasiteit van minstens 0.5 kW moet hê. Dit moet vir ten minste 20 uur van elke dag water kan lewer teen 60°C en dit moet nie meer as R. 1500 kos nie. Dit moet gebruik maak van 'n omgewingsvriendelike koelmiddel, min onderhoud vereis en 'n bruikbare leeftyd van ten minste 10 jaar hê.

Die ontwikkeling van 'n hittedompie wat aan hierdie vereistes voldoen of 'n stelsel waardeur een van die bestaande groter hittepompe gelyktydig vier wonings kan bedien op 'n manier wat vir die inwoners aanvaarbaar is behoort van die fokuspunte van toekomstige navorsing te wees.

7. VERWYSINGS

- [1] Suid-Afrikaanse energie-statistieke, Nr.2, 1950-1993, Departement Mineraal en Energiesake, 1993.
- [2] Lane I E, Demand-side management options for the domestic sector, Draft final report ED9205, Department of Mineral and Energy Affairs, October 1995.
- [3] Du Plessis J A en Barker R, Departement Mineraal en Energiesake, Maart 1996.