

Seminarie Stadsverwarming
Gent, 24 juni 1993

**MILIEU- & RENDEMENTSASPECTEN
VAN DE WARMTEVOORZIENING**

lezing gehouden door J.J. Hof (EnergieNed)
tijdens het stadsverwarmings-seminarie
op donderdag 24 juni 1993 te Gent

Holiday-Inn te Sint-Denijs-Westrem
België

1. WAT ZIJN DE VOORDELEN VAN WARMTEDISTRIBUTIE?

Voor ik over de specifieke milieu- en rendementsvoordelen van stadsverwarming ga praten zal ik u eerst een algemeen beeld geven welke voordelen er aan het distribueren van warmte verbonden zijn.

Ik laat ze de revue passeren:

- stadsverwarming is milieuvriendelijk
- stadsverwarming is een moderne, betrouwbare en veilige techniek met een hoge voorzieningszekerheid
- stadsverwarming is flexibel en kan gevoed worden met meerdere soorten brandstoffen, met aardwarmte, zonnewarmte, warmte uit biomassa en warmte uit andere duurzame energiebronnen, warmte uit afvalverbrandings-installaties etc.
- er is tientallen jaren ervaring mee op gedaan
- stadsverwarming is met andere technieken combineerbaar, bijvoorbeeld met brandstofcellen
- bivalente uitvoeringen zijn mogelijk waardoor ook toepasbaar waar al een aardgasnet ligt
- een warmtenet kan ook in de zomer de koelfunctie verzorgen
- in eindfase is stadsverwarming weinig gevoelig voor energieprijfsfluctuaties
- stadsverwarming heeft een goede publieke opinie
- stadsverwarming heeft een goede pers
- het bespaart energie en brandstof
- er treden minder warmtelozingen op oppervlaktewateren op
- het uitgespaarde gas bewaard worden of kan extra verkocht worden
- geen lokale emissies, minder immissies in de steden
- goedkope warmte en koude
- hoog comfort
- geen ketelonderhoudskosten meer
- geen hoger-temperatuur-circuit voor de koeling meer nodig
- geen geluidsproblemen in de gebouwen
- ruimtewinst in de gebouwen
- goed voor het milieu-imago van de betrokken partijen.

De opsomming van de nadelen laat ik aan anderen over.

2. MILIEU-EFFECTEN VAN WARMTEDISTRIBUTIE

Na deze introductie ga ik speciaal in op de milieu effecten van warmtekracht-opwekking en warmtedistributie en daarbij ga ik ook in op de potentiëlen die de opties in zich hebben om het milieu te ontzien en op de milieu-kosten-effectiviteit van de diverse opties.

Door brandstofbesparing ontstaan lagere emissies. Bij de warmtekrachtcentrales is de verbranding beter te bewaken en er is gemakkelijker in te grijpen dan bij vele individuele stook-installaties. De kosten van de bestrijding van de emissies zijn daardoor lager onder andere door de schaalvoordelen.

Door de hogere schoorstenen treden er minder emissies op, wat vooral in stedelijke gebieden erg belangrijk is.

Bij de productie van klassieke isolatieschuimen voor stadsverwarmingsbuizen wordt gebruik gemaakt van freon-houdende drijfgassen. Net als in de koeltechniek worden deze gassen vervangen door ozonlaag-vriendelijke produkten. EnergieNed doet, in samenwerking met andere landen, onderzoek naar de beste milieuvriendelijke alternatieven voor deze isolatieschuimen.

Voordat ik verder ga wil ik eerst twee milieu-begrippen nader toelichten. Onder **emissie** wordt verstaan wat in de lucht wordt gebracht op het punt van lozing. Dit wordt uitgedrukt in gram per GJ brandstof. Onder **immissie** wordt verstaan het gevolg van de lozing voor de kwaliteit van de lucht op leefniveau. Dit wordt uitgedrukt in microgram per kubieke meter buitenlucht.

3. MILIEUBELEIDSKADER

Binnen welke beleidskaders past warmtedistributie?

Overheidsbeleid

Door de Nederlandse regering is in 1989 een milieubeleidsplan (het zogenaamde NMP-Plus) van kracht geworden. De belangrijkste punten uit dit plan zijn:

- de verzurende emissies moeten met 50% naar beneden
- de broeikas-emissies moeten met 25% dalen

Daarnaast bestaat de Nota Energiebesparing. Die heeft tot doel een rationele brandstofinzet en de toepassing van duurzame energiebronnen te bevorderen.

Beleid van de energieproductiesector

De nauw samenwerkende elektriciteitsproduktiebedrijven in Nederland hebben in het Elektriciteitsplan een "Warmteplan" opgesteld, die in de bouw van tien nieuwe warmte-kracht-centrales, van elk ca. 250 MWe, die in gebieden met hoge warmtevraagdichtheid zullen worden gerealiseerd, voorziet. Door de bouw van warmte-kracht-centrales van grotere omvang is de inzet van een voortschrijdende milieu-techniek mogelijk, wat besparing op energie en reductie van reststoffen en afgassen mogelijk maakt.

Beleid van de energiedistributiesector

De energiedistributiebedrijven in Nederland hebben in 1991 een Milieu Aktie Plan opgesteld en o.a. de volgende maatregelen voorzien:

- de isolatiewaarde bij nieuwe gebouwen moet worden verhoogd
- investeringen in isolatie van bestaande woningen wordt gesubsidieerd
- gasgestookte verwarmingsketels met hoog rendement en lage NO_x-emissie worden gestimuleerd
- energiebesparende huishoudelijke apparaten worden bevorderd
- warmtekracht, stadsverwarming, windenergie en nieuwe energieconversietechnologiën worden gestimuleerd.

Centraal in al deze plannen staat de beperking van het energieverbruik. En natuurlijk speelt de stadsverwarming, als milieuvriendelijke verwarmingsvorm, in dit plan een grote rol. De uitstoot van CO₂ zou door middel van warmte-kracht-koppeling in het jaar 2000 met 3,3 mln ton gereduceerd moeten kunnen worden. Dat is ruim 30% van de totale reductie van CO₂ (9,6 mln ton) die in de doelstelling van het MAP wordt nagestreefd. Stadsverwarming heeft een totaal potentieel van circa 5 tot circa 15 mln ton CO₂ per jaar.

Op korte termijn zal stadsverwarming met circa 460 MWe aan warmtekracht vermogen worden uitgebreid en op langere termijn met circa 2500 MWe. Op langere termijn is het de bedoeling tot een verdrievoudiging van het warmteafzet te komen.

Momenteel zijn we in Nederland bezig het Milieu Actie Plan te actualiseren: de landelijke milieudoelstelling van de energiedistributiebedrijven dient te worden verhoogd van het verminderen van ca 10 miljoen ton CO₂ per jaar naar een vermindering van ruim 20 miljoen ton CO₂ per jaar. Het extra gat moet onder andere gedicht worden met extra milieuvriendelijke warmtedistributie.

4. WELKE ZIJN DE VERONTREINIGENDE EMISSIES DIE BIJ HET VERWARMEN VAN WONINGEN VRIJ KUNNEN KOMEN?

De rookgassen van verbrandingsinstallaties bestaan hoofdzakelijk uit stikstof, waterdamp en kooldioxide. Daarnaast ontstaan altijd stikstofoxiden en afhankelijk van de brandstof, zwaveldioxide en stof. Bij de specifieke emissiefactoren is rekening te houden met technische ontwikkelingen die onder andere gericht zijn op het bereiken van lagere emissies; alle gehanteerde emissiefactoren in de navolgende berekeningen voldoen aan de Nederlandse wettelijke besluiten "Emissie-eisen stookinstallaties" uit de wet inzake de luchtverontreiniging.

Individuele gasverbruikstoestellen zijn een van de potentiële luchtverontreinigingsbronnen binnen een woning. De geysers is een bron van koolmonoxide en kooldioxide. Rookgasafvoerloze geysers onder standaardcondities kunnen koolmonoxide-concentraties in de keuken geven van meer dan 250 ppm. De NO₂-concentratie in keukens is gemiddeld circa 60 ppb en in woonkamers ruim 30 ppb, gemeten in een stikstofdioxide onderzoek, uitgevoerd in 1980 in Arnhem en Enschede. In toekomstige woningen zullen in steeds mindere mate rookgasafvoerloze geysers voorkomen. In de studies is voor het jaar 2000 aangenomen dat dan vrijwel elke woning rookgasafvoersystemen op gasketels, geysers en kooktoestellen zal hebben. In keukens waarin op gas wordt gekookt komt een duidelijk verhoogde NO₂-concentratie voor met hoge pieken tijdens koken en bij rookgasafvoerloze geysers. De concentraties in "elektrische keukens" zijn beduidend lager en in het algemeen op een niveau dat vergelijkbaar is met de ter plekke heersende buitenluchtconcentraties. Moderne toekomstige gas-installaties in woningen zullen nagenoeg altijd van het gesloten type zijn. De bestaande installaties zullen nog enige tijd

functioneren, totdat zij zijn vervangen. In nieuwbouwprojecten wordt steeds vaker een gesloten toestel toegepast. Bij huishoudelijke toestellen moet extra aandacht besteed worden aan de kwaliteit van de installatie omdat bij eventuele gebreken aan rookgasafvoerkanalen ongemerkt rookgassen in de woningen kunnen komen.

Bij de produktie van warmte treden naast luchtverontreinigingsemissies ook andere milieu-effecten op zoals geluidemissies, oppervlaktewaterbelasting, veiligheidsaspecten en ruimtebeslag, emissies naar bodem en water en visuele aspecten. Stadsverwarming levert een duidelijke netto vermindering van thermische oppervlaktewaterbelasting op. HR-c.v.-ketels lozen zwak zuur condenswater in een overwegend basisch riool.

5. HOE WORDEN EMISSIES IN DE LUCHT VERSPREID?

Het verspreidingsmechanisme voor distributieve bronnen (bijvoorbeeld individuele verwarming met c.v.-ketels en geysers) en niet-distributieve bronnen (bijvoorbeeld centrale opwekeenheden voor elektriciteit en warmte) verschilt aanzienlijk. In het eerste geval (oppervlaktebron) is er sprake van verspreiding van veel kleine lage bronnen over een gebied en in het tweede geval (puntbron) is de emissiehoogte van grote invloed op de buitenluchtconcentraties.

Onder de meest voorkomende weersomstandigheden speelt de hoogte van de schoorsteen een grote rol bij de verspreiding van luchtverontreinigingen.

De volgende tabel geeft aan hoe bij stadsverwarming en gasverwarming de mate van verspreiding een rol speelt. Daarbij is de verhouding tussen de immissie en de emissie bij verwarmen op gas door middel van c.v.-ketels op 1 gesteld.

Uit deze tabel is af te leiden dat deze verhouding bij stadsverwarming aanmerkelijk gunstiger is. Dit komt door het verschil in aantal lozingspunten en door het verschil in schoorsteenhoogten.

	gemiddelde	maxima
Verwarmen met gas	1.0	1.0
Stadsverwarming	0.11	0.35

tabel 1: Immissie/emissie-verhoudingen
bron: EnergieNed [1]

Stadsverwarming zorgt dus voor een beter algemeen leefklimaat dan individuele gasgestookte installaties per woning.

6. BEREKENINGSRESULTATEN

Hierbij twee overzichten die per emissie-soort aangeven hoe de emissies zijn bij respectievelijk verwarmen met gas in c.v.-ketels en bij verwarmen met stadsverwarmingswarmte:

(in g/GJ nuttige warmte)

	NO _x	SO ₂	CO	CO ₂	CxHy	Stof
Verwarmen met gas	43	0	43	69.000	6	0
Stadsverwarming	20	-172	0	-15.000	0	-4

Verklaring: Een minteken betekent dat de emissies lager zijn dan de emissies bij gescheiden opwekking van elektriciteit en warmte

tabel 2: Emissie-vergelijking stadsverwarming en gasverwarming
bron: EnergieNed [7]

(in microgram/m³ buitenlucht)

	NO _x	SO ₂	CO	CxHy
gemiddelde waarden:				
Verwarmen met gas	0.16	0	0.2	0.03
Stadsverwarming	0.06	0	0	0
maximale waarden:				
Verwarmen met gas	5.8	0	6.6	1.0
Stadsverwarming	0.7	0	0	0.02

tabel 3: Immissie-vergelijking stadsverwarming en gasverwarming
bron: EnergieNed [1]

Het Ministerie van VROM heeft laten uitrekenen hoe de emissies van stadsverwarming, gasverwarming en kleinschalige warmte-kracht-koppeling zich onderling verhouden. Ik geef u de belangrijkste onderzoeksresultaten in de vorm van de drie volgende tabellen:

Broeikasvermindering:

	CV (kton/j)	STEG (kton/j)	Gasmotor (kton/j)
200 nieuwe woningen	- 0,4	nvt	0,0
5000 nieuwe woningen	-10,0	4,5	0,2
500 bestaande woningen	- 1,6	nvt	0,2
10.000 bestaande woningen	-30,6	22,0	3,9

Verklaringen in de tabel:

- een positief getal dat betekent dat het milieu minder belast wordt
- een negatief getal betekent dat het milieu belast wordt

tabel 4: Broeikas-milieuvergelijking van opties bij een centraal e-park draaiende 50% op kolen en 50% op gas

bron: VROM [3]

Verzuringsvermindering:

	CV (kzeq/j)	STEG (kzeq/j)	Gasmotor (kzeq/j)
200 nieuwe woningen	- 5	nvt	- 16
5000 nieuwe woningen	- 95	449	- 418
500 bestaande woningen	- 18	nvt	- 62
10.000 bestaande woningen	-292	1563	-1278

Verklaringen in de tabel:

- zeq is zuurequivalent
- een minteken bij de emissiereductie betekent dat er sprake is van een toename van de milieubelasting
- een positief getal betekent dat het milieu minder belast wordt

tabel 5: Verzurings-vergelijking van opties bij centraal e-park centraal draaiende 50% op kolen en 50% op gas

bron: VROM [3]

Door MAP [4] worden de volgende specifieke broeikas-reductie-cijfers gehanteerd voor de opties die in aanmerking komen in de energiesector:

Broeikasvermindering (CO₂):

Technologie	Doelgroep	Broeikaseffect kg/kWe
Gasmotor	zwembaden	1603
Gasmotor	ziekenhuizen	1538
Gasmotor	woningen	1506
Gasmotor	hotels	1538
Gasmotor	bejaardentehuizen	1378
STEG	gebouwde omgeving	1596
Gasmotor	tuinbouw	1072
Gasmotor	kantoren	481

tabel 6: Specifieke broeikasreductie kentallen

Door MAP [4] worden de volgende specifieke zuur-reductie cijfers gehanteerd voor de opties die in aanmerking komen in de energiesector:

Verzuringvermindering (NO_x en SO₂):

	Spec zuur-reductie zeq/kWe
STEG gebouwde omgeving	+73,4
Windenergie	+37,1
Gasmotor kantoren	-15,4
Gasmotor bejaardentehuizen	-44,1
Gasmotor woningen	-44,9
Gasmotor zwembaden	-50,8
Gasmotor ziekenhuizen	-49,4
Gasmotor hotels	-55,0
Gasmotor tuinbouw	-50,3

Verklaring in de tabel:

- een positief getal betekent dat het milieu minder belast wordt
 - een negatief getal betekent dat het milieu belast wordt
-

tabel 7: Specifieke verzurings-reductie kentallen

7. POTENTIËLEN

Door MAP, VROM en EZ [3, 4, 6] worden de volgende cijfers gehanteerd als broeikas-vermindering-potentieel voor de verschillende opties die in aanmerking komen in de energiesector:

Stadsverwarming met STEG-WKK-eenheden als basis heeft een groot potentieel om het broeikas-effect en de verzuring tegen te gaan [2, 8].

De volgende tabel verduidelijkt dit:

	mln ton CO ₂ /j
STEG voor de gebouwde omgeving	tot 15,7
brandstofcellen	tot 5,1
elektrische warmtepompen	tot 2,1
WKK voor de industrie	tot 2,0
afvalverbranding	tot 2,0
aardwarmte	tot 1,6
windenergie	tot 1,4
zonne-energie	tot 0,8
spaarlampen huishoudens	tot 0,6
isoleren van huizen	tot 0,6
verlichting niet huishoudelijk	tot 0,5
HR-ketels in huishoudens	tot 0,4
gasmotor WKK per doelgroep	tot 0,3
Toelichting:	
– bij marktpenetratie stadsverwarming van 16%	

tabel 8: Potentieel beperking broeikas-effect

	mln zeq/j
STEG voor de gebouwde omgeving	tot +200
Windenergie op land	tot + 33
Toelichting:	
– bij marktpenetratie stadsverwarming van 9%	

tabel 9: Potentieel beperking verzuring

8.1. Kosten-effectiviteit energiebesparing

De Algemene Energie Raad (AER) heeft het effect van energiebesparingsopties op de kosten per bespaarde kubieke meter aardgas berekend [5]. Als referentieniveau (100) worden de betreffende waarden voor standaard nieuwe laagbouwoningen met een jaarlijks aardgasverbruik van 1.460 m³ voor ruimteverwarming en warm tapwater aangehouden.

	NLG/m ³
250 MWe WKK-STEG	0,41
extra isolatie	0,49
HR-ketel	0,64
10 MWe WKK-turbine	0,71
50 MWe WKK-STEG	0,83
minimum energie woning	1,05
0,5 MWe WKK-gasmotor	1,22

tabel 10: Kosten per bespaarde hoeveelheid aardgas

8.2. Milieu-kosten-effectiviteit

Door MAP, VROM en EZ [3, 4, 6] worden voor de verschillende opties de volgende cijfers gehanteerd als milieukosteneffectiviteit van broeikas verminderende maatregelen.

Onder de milieu-kosten-effectiviteit van een maatregel worden de maatschappelijke kosten verstaan die aan een milieumaatregel verbonden zijn.

De tabel op volgende bladzijde geeft de indicaties voor de onderlinge kosteneffectiviteit van verschillende opties in de energievoorziening:

optie	NLG per ton CO ₂ -reductie
STEG voor de gebouwde omgeving in de eindfase	ca - 120
STEG voor de gebouwde omgeving incl aanloopverliezen	ca - 80
warmtepompen voor de industrie	ca - 55
spaarlampen huishoudelijk	ca - 45
aardwarmte	ca + 35
HR-ketels in huishoudens	ca + 65
gasmotor WKK per doelgroep	ca + 65
WKK voor de industrie	ca + 65
elektrische warmtepompen	ca + 100
afvalverbranding	ca + 100
verlichting niet huishoudens	ca + 110
windenergie	ca + 130
isoleren van huizen	ca + 135
brandstofcellen	ca + 785
zonne-energie	ca + 880

Verklaring:

- een minteken betekent dat de maatregel voor de maatschappij voordeel oplevert
- een plusteken betekent dat er geld bij moet om de maatregel economisch kostenneutraal te maken

tabel 11: Milieukosten-effectiviteit broeikas vermindering

Warmtedistributie, met STEG's als produktiemiddel, levert voor de gemeenschap dus in de voltooide eindfase behoorlijk wat geld op. Het is een van de meest kosten-effectieve middelen om het milieu te ontzien.

Energiebesparing

Stadsverwarming kan tot grote energiebesparingen leiden. Deze energiebesparing kan oplopen tot 60 à 80 procent ten opzichte van brandstof die nodig is bij gescheiden opwekking van elektriciteit, respectievelijk bij gescheiden opwekking van warmte en van koude.

Emissies

De emissies bij stadsverwarming zijn lager dan bij c.v.-ketels en gasmotor warmte-kracht-installaties. De kool-waterstof- en koolmonoxide-emissies zijn bij individueel verwarmen wel, en bij stadsverwarming vrijwel niet aanwezig. Bij stadsverwarming zijn geen emissiebronnen meer in de woningen aanwezig. De bijdrage aan vermindering van de broeikas-effect is zowel bij STEG-WKK-eenheden als bij gasmotor-WKK-eenheden positief. De bijdrage aan vermindering van de verzuring is door STEG-eenheden positief en is bij gasmotor-WKK-eenheden problematischer.

Immissies

Het overheidsbeleid bestaat uit een tweesporenbeleid. Primair wordt de aandacht gericht op het verminderen van emissies. Naast emissie-vermindering zijn immissieverminderende maatregelen ook nodig. Stadsverwarming leidt gemiddeld tot de laagste immissies. Dit geldt voor alle luchtverontreinigende stoffen. Individueel verwarmen kan ook tot lage gemiddelde concentraties leiden, echter er komen hogere maxima voor bij NO_x, CO en C_xH_y. Individueel verwarmen kan daarnaast ook nog leiden tot een aantasting van het binnenklimaat, indien in de woning slechte rookgasafvoer voorkomt of als er slecht geventileerd wordt.

Thermische verontreiniging oppervlaktewateren

Stadsverwarming en stadskoeling is vanuit oogpunt om te komen tot lagere thermische oppervlaktewaterbelasting zeer gunstig.

Oorzaken

De gunstige resultaten bij stadsverwarming hebben drie oorzaken. In de eerste plaats wordt door gelijktijdige opwekking van elektriciteit en warmte een zeer hoog energetisch rendement behaald op de verstookte brandstof. Daardoor is een besparing van 60 procent of meer mogelijk. En minder brandstof verstoken betekent minder emissies. In de tweede plaats hoeft de elektriciteit die zo wordt gemaakt, niet meer in andere centrales te worden geproduceerd. In de derde plaats is beperking van de uitstoot van schadelijke stoffen bij opwekking in warmtekracht-centrales beter mogelijk dan bij veel kleine individuele ketels.

Ik heb u een heleboel cijfers gegeven die op te vatten zijn als algemene gemiddelden voor de Nederlandse situatie.

Natuurlijk is het zo dat elke specifieke situatie en in elk specifiek project andere omstandigheden gelden dan wat als algemeen gemiddelde wordt gezien. Daarom moet er per project altijd een grondige analyse worden gemaakt.

Daartoe wordt in Nederland gebruik gemaakt van het "Spoorboekje voor de Ruimteverwarming, deel I en deel II". Dit "spoorboekje" heeft de charme dat er zowel aan de economiekant als aan de milieu-kant berekeningsmethoden worden aangereikt en die uitmonden in resultaten in de vorm van de soort getallen zoals ik u vandaag heb laten zien, maar dan voor specifieke projecten en omstandigheden.

In deze boekjes wordt een methodiek gegeven hoe deze cijfers voor een specifiek project kunnen worden bepaald. Het "spoorboekje ruimteverwarming" wordt uitgegeven door PW/K en is tot stand gekomen na overleg tussen onder andere de Gasunie, Sep, EnergieNed, het Nederlandse Ministerie van Economische Zaken, het Nederlandse Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, de Novem en enkele energiedistributiebedrijven. Het draagvlak voor deze methodiek is dus groot.

De stimulering van WKK en van warmtedistributie is bij de ledenbedrijven van EnergieNed in goede handen. De voorwaarden voor verdere uitbouw van deze milieuvriendelijke manier van energie opwekken en distribueren zijn redelijk gunstig maar zouden nog gunstiger kunnen worden als de Sep-deelnemers hun restwarmte op voor de energiedistributiebedrijven geschikte punten en tegen een geschikte warmteaanbodprijs zouden kunnen aanleveren. Ook de Gasunie is bezig haar ondersteuning van warmtekracht en warmtedistributie opnieuw te versterken. Het rationaliseren van de toepassing van ons schone aardgas is ook één van de doelstellingen van Gasunie. Gas verbranden in hoogwaardige technieken zoals STEG's past in dit beleid.

Al met al is er in Nederland een zeer positieve attitude tegenover warmtekracht in al haar verschijningsvormen.

Milieuvriendelijke warmtedistributie, op de juiste schaal bedreven, wordt aan de gemeenschap niet opgedrongen: steeds meer warmtekanten en politici gaan er uit zichzelf om vragen. Voor de energiebedrijven geldt daarom: er is werk aan de winkel!

Diegenen die zich verder willen verdiepen in deze materie kunnen de volgende literatuur raadplegen:

- 1 Vergelijking van de milieuaspecten van twee energieverzorgingsopties voor het verwarmen van woningen
VESTIN (thans EnergieNed)
Arnhem, januari 1989
- 2 Economische en milieu-technische effecten van warmte-kracht-koppeling
Een analyse van de optimale grootte voor nieuwe stadsverwarmingsprojecten
VESTIN (thans EnergieNed)
Arnhem, 26 oktober 1990
- 3 Vergelijking van centrale verwarming met stadsverwarming en kleinschalige warmtekoppeling
Publicatie Nr 94 in de reeks "Lucht"
Ministerie VROM
Leidschendam, juli 1991
- 4 Milieu Actie Plan van de Energiedistributiesector
Arnhem, 14 februari 1991
- 5 Advies over energiebesparing bij ruimteverwarming
AER
Den Haag, november 1991
- 6 Energie en CO₂ in Nederland op de lange termijn
Een verkenning van opties
Discussienota PIELOOT
Ministerie van EZ, DGE
Den Haag, november 1992
- 7 Hof, J.J., Milieuhygiënische consequenties van stadsverwarming
Elektrotechniek, Jg. 62, Nr. 7, 1984, pg. 595-603
- 8 Een studie naar de economische optimale grootte van nieuwe stadsverwarmingsprojecten
VEEN/VESTIN (thans EnergieNed)
Arnhem, 26 april 1991

