

**MASTER**

**Energiebesparing bij de Provincie Noord-Brabant : een blik op de toekomst**

Graus, W.H.J.

*Award date:*  
2001

[Link to publication](#)

**Disclaimer**

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

Afstudeerrapport:

Energiebesparing bij de Provincie Noord-Brabant:  
Een blik op de toekomst

Wina Graus

Den Bosch, 2001

**NIET  
UITLEENBAAR**

# **Energiebesparing bij de Provincie Noord-Brabant**

*Een blik op de toekomst*

Technische Universiteit Eindhoven

Faculteit:      Technologie Management  
Opleiding:     Techniek en Maatschappij  
Stuurstroom:   Technologie en Innovatiebeleid, Advanced Economies

Door:            W.H.J. Graus  
Identiteitsnr.: 431410  
Begeleiders:   ir. M.A.M. Splinter  
                  ir. M.W. Smits  
                  ing. J. Meulenbeld (Provincie Noord-Brabant)

Den Bosch, November 2001

## **Abstract**

The aim of this study is to find measures for energy conservation and sustainable energy use at the buildings, transport and infrastructure of the Province of North Brabant. Targets have been set to increase energy-efficiency and the use of sustainable energy. The main conclusion is that conventional measures are not sufficient to reach these targets. More drastic measures should be taken, especially at the provincial government building.

## Executive summary

Carbon dioxide emissions (CO<sub>2</sub>) are believed to be the main contributor to the greenhouse effect. Many countries, including the Netherlands, have agreed to reduce their CO<sub>2</sub>-emissions. The targets of the Province of North Brabant are:

- Sustainable energy use of 4 and 12.5 % in 2005 and 2020 respectively
- Yearly energy-efficiency increase of 2% up to 2010

This report studies possibilities for energy conservation and sustainable energy use at the Province of North Brabant. The subjects taken into account are the provincial government building and the provincial infrastructure.

First an analysis is made of factors that contribute to energy conservation and sustainable energy use. This analysis shows three important factors: technology, organisation and behaviour. All three are used to search for energy conservation measures.

Consequently, the current situation is analysed with respect to energy use. All parts that use a significant amount of energy are identified. The total amount of energy used is 3.6 million m<sup>3</sup> natural gas equivalent. This energy is consumed by the provincial government building (45%), the infrastructure (40%) and transports (15%). In the provincial government building most energy is used for heating, ventilation and lighting. Energy consumption in the infrastructure is mainly caused by public lighting and traffic lights. Transports consist of commute traffic and business trips.

In order to meet the energy-efficiency target, the energy use has to be reduced by at least 22% before 2010. Recent forecasts show an energy-use increase of more than 8% over this period, which results in a needed reduction of at least 30%.

Next, the technology-organisation-behaviour model is used to determine energy conservation measures. The four most important measures are: increased use of public transportation, the use of LED-lamps in traffic lights, shorter business hours and decreased light intensity in the provincial building. Potential energy savings of the proposed measures are calculated by summing the estimated savings of all individual measures. This results in an energy conservation of 20%, which means that the energy-efficiency target cannot to be achieved with these measures alone. Additional measures are therefore needed to reach this target. These measures have to reduce the energy consumption of the provincial building. Large energy savings in the infrastructure are unlikely due to more stringent future European policies.

To determine further energy conservation measures, an imaginary scenario is created with an energy-price increase of 500%. In this situation, energy consumption should be restricted to only the most essential needs. This means that large energy conservation measures are inevitable. The results of the scenario are however not significantly different from that of the previous approach. The results of this method are therefore not sufficient to reach the target.

In order to seek more options for energy conservation a third approach is used. The former methods try to reduce energy use by studying the current situation and determining the improvements that can be made there. A backcasting method works differently. The point of backcasting is to encourage searching for new development paths, when the conventional paths do not seem to solve the problem. Backcasting begins with a vision of a desirable future and results in a scenario that fulfils the targets expressed in this vision. The vision in this study is situated in the year 2050. In this year a CO<sub>2</sub>-reduction is necessary of at least 80%. The backcasting method leads to short and long term recommendations to realise this objective at the Province of North Brabant.

In the long run it is necessary to build a new provincial government building. This leads to an energy saving of more than 30%. By realising flexible work places and stimulating employees to work at home the floor surface of the new building can be reduced by 50%, which leads to an extra energy saving of 15%. Working at home is however, from an energy savings point of view, only worth while if employees live in houses with a low energy use. The total amount of energy used by the houses of the employees is larger

than the energy use of the Province of North Brabant. Reducing the energy consumption of the houses of the employees is therefore a very good way to reach energy conservation. This can be done by building houses for employees that do not consume fossil fuels. These houses have a low energy demand and make full use of sustainable energy sources. Building such houses close to the provincial government building saves energy use for commute traffic. In this situation the CO<sub>2</sub>-reduction of 80% can be achieved. To reach the energy efficiency target in the short run (22% before 2010) the current mechanical ventilation system needs to be changed to natural ventilation. A second option is changing the heating system to low-temperature-heating with a heat pump. The extra saving of these measures are approximately 12%.

The results of this study are that the energy-efficiency target will not be reached without realising large changes to the provincial government building. These changes have to be made to the ventilation system and the heating system.

Another result is that influencing the houses of employees, is an attractive way to gain energy conservation. This can be done by building houses for employees with no fossil fuel use near the provincial government building.

The recommendations of this study are:

- Realise in the short run the measures for energy conservation determined by the technology-organisation-behaviour model. These are among others the improvement of the lighting system and the insulation in the provincial government building, the use of LED-lamps in traffic lights and an increased use of public transportation.
- Change the ventilation system in the provincial government building to realise extra energy savings.
- Make use of sustainable energy sources near roads and at buildings.
- Build houses near the provincial government building with no fossil fuel use.
- Build a new provincial government building in the long run, with reduced floor surface.
- Inform all employees of the necessity of energy conservation.

# Inhoudsopgave

<b>1. INLEIDING.....</b>	<b>4</b>
1.1 AANLEIDING VAN HET ONDERZOEK.....	4
1.2 DOEL- EN PROBLEEMSTELLING.....	4
1.3 OPZET VAN HET VERSLAG .....	5
<b>2. PROBLEEMSCHETS EN DEFINITIES.....</b>	<b>6</b>
2.1 HET BROEIKASEFFECT .....	6
2.1.1 <i>Het belang van energiebesparing en duurzame energie</i> .....	7
2.1.2 <i>Trias Energetica</i> .....	8
2.2 DEFINITIES.....	8
2.2.1 <i>Energiebesparing</i> .....	8
2.2.2 <i>Duurzame energie</i> .....	9
2.2.3 <i>Energie-efficiency</i> .....	10
2.3 KWALITEIT VAN ENERGIE.....	11
2.4 CONCLUSIE.....	12
<b>3. FACTOREN DIE ENERGIEBESPARING BEÏNVLOEDEN.....</b>	<b>13</b>
3.1 ALGEMENE FACTOREN.....	13
3.2 FACTOREN BINNEN ORGANISATIES .....	14
3.2.1 <i>Techniek</i> .....	15
3.2.2 <i>Organisatie</i> .....	16
3.2.3 <i>Gedrag</i> .....	17
3.3 CONCLUSIE.....	18
<b>4. INVENTARISATIE EN ANALYSE VAN DE HUIDIGE SITUATIE .....</b>	<b>20</b>
4.1 INLEIDING.....	20
4.1.1 <i>Eenheden</i> .....	20
4.2 PROVINCIEHUIS.....	21
4.2.1 <i>Verlichting</i> .....	22
4.2.2 <i>Kantoorapparatuur</i> .....	23
4.2.3 <i>Catering</i> .....	23
4.2.4 <i>Overig elektriciteitsverbruik</i> .....	23
4.2.5 <i>Gasverbruik</i> .....	24
4.2.6 <i>Indirect energiegebruik</i> .....	24
4.2.7 <i>Vervoer</i> .....	25
4.2.8 <i>Duurzame energie</i> .....	26
4.2.9 <i>Conclusie</i> .....	26
4.3 INFRASTRUCTUUR .....	27
4.3.1 <i>Verkeersregelinstantaties (VRI's)</i> .....	27
4.3.2 <i>Openbare verlichting</i> .....	28
4.3.3 <i>Pompen, elektronische snelheidsbeheersingsystemen (ESB) en brug</i> .....	28
4.3.4 <i>Duurzame energie</i> .....	28
4.3.5 <i>Conclusie</i> .....	28
4.4 DISTRICTSKANTOREN EN STEUNPUNTEN .....	29
4.4.1 <i>Districtskantoren</i> .....	29
4.4.2 <i>Steunpunten</i> .....	30
4.4.3 <i>Vervoer</i> .....	30
4.4.4 <i>Conclusie</i> .....	30
4.5 HISTORISCHE CONTEXT .....	31
4.6 CONCLUSIE.....	31

<b>5. CONFRONTATIE HUIDIGE SITUATIE MET DOELSTELLINGEN ENERGIEBELEID .....</b>	<b>33</b>
5.1 DE HUIDIGE SITUATIE (0-SITUATIE) .....	33
5.2 1-MET-SITUATIE.....	33
5.3 1-ZONDER-SITUATIE .....	34
5.4 CONCLUSIE .....	34
<b>6. ENERGIEBESPARING MET TECHNIEK-ORGANISATIE-GEDRAG MODEL .....</b>	<b>35</b>
6.1 TECHNIEK .....	35
6.2 ORGANISATIE.....	36
6.3 GEDRAG .....	38
6.4 CONCLUSIE.....	40
<b>7. SCENARIO: ENERGIEPRIJZEN STIJGEN MET 500% .....</b>	<b>42</b>
7.1 INLEIDING.....	42
7.1.1 <i>Energiecrisis: onmogelijk of realistisch?</i> .....	42
7.2 INKOMSTEN EN UITGAVEN .....	42
7.2.1 <i>Energie-uitgaven</i> .....	43
7.3 RANDVOORWAARDEN VOOR ENERGIEBESPARING .....	44
7.3.1 <i>Klimaat</i> .....	44
7.3.2 <i>Verlichting</i> .....	45
7.3.3 <i>Openbare verlichting en VRI</i> .....	45
7.4 MOGELIJKHEDEN VOOR ENERGIEBESPARING.....	46
7.4.1 <i>Gebouwen</i> .....	46
7.4.2 <i>Infrastructuur</i> .....	47
7.5 CONCLUSIE .....	47
<b>8. BACKCASTING.....</b>	<b>49</b>
8.1 INLEIDING.....	49
8.1.1 <i>De methode</i> .....	49
8.2 PROBLEEMORIËNTATIE .....	50
8.3 DUURZAAM TOEKOMSTBEELD .....	51
8.3.1 <i>Eisen aan duurzame toekomst</i> .....	52
8.3.2 <i>Provincie Noord-Brabant</i> .....	54
8.4 BACKCASTING .....	55
8.4.1 <i>Lange termijn</i> .....	55
8.4.2 <i>Middellange termijn</i> .....	56
8.4.3 <i>Korte termijn</i> .....	56
8.4.4 <i>Stappenplan</i> .....	56
8.4.5 <i>Kosten</i> .....	57
8.5 CONCLUSIE .....	57
<b>9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....</b>	<b>58</b>
9.1 INLEIDING.....	58
9.2 CONCLUSIES.....	59
9.3 AANBEVELINGEN .....	60
9.4 DISCUSSIE .....	61
<b>LITERATUUR.....</b>	<b>62</b>
<b>BEGRIPPENLIJST.....</b>	<b>66</b>
<b>BIJLAGEN.....</b>	<b>67</b>
BIJLAGE 1: CO <sub>2</sub> -UITSTOOT .....	67
BIJLAGE 2: TOELICHTING OP SCHATTINGEN ENERGIEGEBRUIK .....	67
b2.1 <i>Verlichting</i> .....	67
b2.2 <i>Kantoorapparatuur</i> .....	68



<i>b2.3 Netwerkapparatuur</i> .....	69
<i>b2.4 Elektrische boilers</i> .....	69
<i>b2.5 Liften</i> .....	69
<i>b2.6 Vervoer</i> .....	69
<i>b2.7 Catering</i> .....	70
BIJLAGE 3: LICHTRENDEMENT LAMPEN .....	71
BIJLAGE 4: ELEKTRICITEITS-EN GASVERBRUIK DISTRICTSKANTOREN EN STEUNPUNTEN IN 2000 .....	72
<i>b4.1 Districten</i> .....	72
BIJLAGE 5: ENERGIEPRIJZEN.....	73
BIJLAGE 6: OPTIES VOOR DUURZAAM TOEKOMSTBEELD .....	75
<i>b6.1 Nieuw Provinciehuis</i> .....	75
<i>b6.2 Aanpassen huidige Provinciehuis</i> .....	76
<i>b6.3 Duurzame energie</i> .....	78
<i>b6.4 Vervoer en woningen medewerkers</i> .....	79
<i>b6.5 Infrastructuur</i> .....	80
<i>b6.6 Conclusie</i> .....	81

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding van het onderzoek

Het broeikaseffect is momenteel een belangrijk thema bij (inter)nationaal milieu- en energiebeleid. In internationaal verband zijn afspraken gemaakt om tot reductie van de uitstoot van broeikasgassen te komen (het Kyoto-protocol). Om het Nederlandse aandeel in deze reductiedoelstellingen te realiseren zijn forse inspanningen nodig van de verschillende overheden. Het Rijk, de provincies en de gemeenten hebben daarom afspraken gemaakt in het BANS (Bestuursakkoord Nieuwe Stijl) over de gezamenlijke aanpak van het klimaatbeleid. Een belangrijk middel om tot een reductie van broeikasgassen in de atmosfeer te komen, is energiebesparing en de inzet van duurzame energie. Naar aanleiding van het BANS willen de overheden taakstellingen en inspanningen hieromtrent in een klimaatconvenant vastleggen. Voor de provincies is het daarom van belang om duidelijkheid te krijgen over de bijdrage die ze aan het thema klimaat kunnen leveren. [K + V, 2000]

Het energiebeleid van de Provincie Noord-Brabant is voor de periode 2000-2004 vastgelegd in het provinciaal Milieubeleidsplan. De hoofddoelen van het energiebeleid zijn: 4% duurzame energie in 2005, 12,5% in 2020 en tot 2010 een jaarlijkse energie-efficiency verbetering van 2%. Dit beleid is uitgewerkt in de Discussienota Duurzame Energiehuishouding en de provinciale menukaart energiebeleid (GS, 2000a).

In dit onderzoek wordt gekeken naar energiebesparing en toepassingsmogelijkheden voor duurzame energie bij de eigen gebouwen, vervoer en infrastructuur van de Provincie Noord-Brabant. Niet alleen is dit van belang met het oog op het klimaatconvenant, maar ook in verband met de eigen verantwoordelijkheid als eigenaar en beheerder van de objecten en de voorbeeldfunctie naar anderen toe. Het onderzoek zal resulteren in een plan van aanpak om de gestelde doelstellingen op het gebied van energie-efficiency en duurzame energie bij de eigen objecten te realiseren.

De volgende onderdelen zullen in beschouwing genomen worden:

- bestaande gebouwen, nieuwbouw of verbouw, waarvan de Provincie Noord-Brabant eigenaar en gebruiker/beheerder is;
- de provinciale infrastructuur;
- woon-werkverkeer, zakelijk verkeer provinciale medewerkers en voertuigen in provinciaal beheer.

## 1.2 Doel- en probleemstelling

Het onderzoek moet resulteren in een advies met betrekking tot het realiseren van energiebesparing en het toepassen van duurzame energie bij de Provincie Noord-Brabant. Met de Provincie Noord-Brabant wordt de provinciale organisatie bedoeld.

De doelstelling van het onderzoek luidt:

*'Het verkrijgen van inzicht in en onderzoeken van mogelijkheden voor energiebesparing en duurzame energie bij de eigen gebouwen, vervoer en infrastructuur van de Provincie Noord-Brabant.'*

De doelgroep van het onderzoek is de provinciale organisatie, waarbinnen het advies met name gericht is aan de afdelingen facilitaire zaken, infrastructuur en aan het management.

De probleemstelling van dit onderzoek is:

*'Welke factoren dragen het meest bij aan het realiseren van energiebesparing en duurzame energie bij de gebouwen, vervoer en infrastructuur van de Provincie Noord-Brabant en hoe beïnvloeden deze factoren elkaar?'*

Er zullen zowel technische als niet-technische factoren behandeld worden, om tot een multidisciplinaire benadering van het probleem te komen. Dit is belangrijk omdat technische maatregelen niet altijd het beoogde resultaat hebben. Zo kan de aanschaf van energiezuinige apparatuur leiden tot frequenter

gebruik ervan, waardoor de energiebesparing gedeeltelijk teniet wordt gedaan (Swigchem et al, 2000). Een combinatie van zowel technische als niet-technische wetenschappen om tot een eindadvies te komen, lijkt daarom gewenst.

### **1.3 Opzet van het verslag**

Omdat het in deze studie gaat om het reduceren van CO<sub>2</sub>-emissies zal eerst bekeken worden wat de gevolgen van het broeikaseffect zijn en waarom CO<sub>2</sub>-reductie van belang is. Vervolgens zal nagegaan worden welke rol energiebesparing en duurzame energie hierbij kunnen spelen. Dit zal aan bod komen in hoofdstuk 2, waarbij tevens definities opgesteld zullen worden van deze begrippen.

Om na te gaan hoe energiebesparing en duurzame energie gerealiseerd kunnen worden zullen een aantal factoren behandeld worden die invloed hebben hierop (hoofdstuk 3). Hierbij zal een multidisciplinair model geïntroduceerd worden met factoren die invloed hebben op energiebesparing bij organisaties

Vervolgens zal de huidige situatie bij de Provincie Noord-Brabant onderzocht worden met betrekking tot het energiegebruik (hoofdstuk 4). Dit is belangrijk om inzicht te krijgen in de kansen en mogelijkheden voor energiebesparing en duurzame energie.

Aan de hand van de doelstellingen van het provinciale energiebeleid zal dan, op basis van de huidige situatie, bepaald worden hoe het toekomstige energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant er uit moet zien (hoofdstuk 5). Hierbij zullen tevens landelijke trends van het energiegebruik besproken worden, waardoor het verschil bepaald kan worden tussen het verwachte energiegebruik en het gewenste energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant in 2010.

Met behulp van het model uit hoofdstuk 3 zullen vervolgens de mogelijkheden voor energiebesparing en duurzame energie geïnventariseerd worden (hoofdstuk 6). Hierbij zal aan de hand van de potentie van deze maatregelen bepaald worden of deze voldoende zijn om de doelstellingen van het provinciale energiebeleid te realiseren.

Vervolgens zal, uitgaande van een scenario waarin de energieprijzen fors toenemen, ingrijpendere maatregelen voor energiebesparing gezocht worden (hoofdstuk 7).

Tot slot zal met behulp van de backcasting benadering een duurzaam toekomstbeeld voor de Provincie Noord-Brabant bepaald worden, los van de huidige situatie (hoofdstuk 8). Hierbij wordt bekeken welke maatregelen op korte en lange termijn genomen moeten worden om deze beoogde toekomst te realiseren. Deze benadering leidt tot nog ingrijpendere maatregelen voor energiebesparing.

## 2. Probleemschets en definities

Omwillen van de gevreesde effecten van het broeikas effect, is CO<sub>2</sub>-reductie een onderdeel van het beleid van veel overheden geworden. Energiebesparing en duurzame energie zijn veelgenoemde opties om dit te realiseren.

Het doel van dit hoofdstuk is het geven van inzicht in het broeikas effect en het bepalen van de rol die energiebesparing en duurzame energie erbij kunnen spelen.

Eerst zal bekeken worden wat de noodzaak is van CO<sub>2</sub>-reductie. Tevens zullen er argumenten gegeven worden voor energiebesparing en duurzame energie. Vervolgens worden er definities opgesteld voor de begrippen energiebesparing, duurzame energie en energie-efficiency.

Tenslotte wordt er aandacht besteed aan de kwaliteit van energie, waarbij het begrip exergie aan bod komt. Dit is van belang bij het identificeren van mogelijkheden voor energiebesparing.

### 2.1 Het broeikas effect

In deze paragraaf zal inzicht gegeven worden in de gevaren van het broeikas effect en de rol die CO<sub>2</sub>-emissie hierbij speelt.

Het broeikas effect is een natuurverschijnsel waarbij warmtevasthoudende stoffen invallende kortgolvlige zonnestraling doorlaten en langgolvlige infraroodstraling, teruggekaatst door het aardoppervlak, absorberen. Zonder dit effect zou de gemiddelde temperatuur op aarde -18 °C zijn in plaats van 15 °C (Koppen, 1997). Voorbeelden van warmtevasthoudende stoffen zijn: kooldioxide (CO<sub>2</sub>), methaan (CH<sub>4</sub>), lachgas (N<sub>2</sub>O), chloorfluorkoolwaterstoffen (Cfk) en ozon (O<sub>3</sub>).

In 1997 bedroeg de mondiaal gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie in de atmosfeer 363,1 ppm (RIVM, 1999). Dit is een stijging van meer dan 30% ten opzichte van het jaar 1850, voor de industrialisatie, waarin de concentratie nog maar 280 ppm bedroeg (Dams, 1997). Ook de andere broeikasgassen vertonen een stijging ten opzichte van 1850. Zo is de concentratie van methaan in 1997 met 220% toegenomen, de concentratie van lachgas met 6% en de concentratie van ozon met 300% (in de troposfeer). Deze stijgingen zijn voornamelijk toe te schrijven aan menselijke activiteiten zoals het gebruik van fossiele brandstoffen, ontbossing en landbouw (IPCC, 2001).

De gevolgen van de toename van broeikasgassen in de atmosfeer zijn volgens velen reeds merkbaar. Zo is 1998 het warmste jaar ooit gemeten. De 10 warmste jaren van de afgelopen 120 jaar vielen allemaal na 1981, waarvan de 6 warmste na 1990 vielen. De conclusie is daarom dat het steeds warmer wordt. Sinds 1860 is de gemiddelde temperatuur van de lucht op aarde dan ook toegenomen met 0,6 °C (Jones et al, 1999). Vellinga (2000) meent dat de verschuiving van de gemiddelde temperatuur leidt tot extremere weersomstandigheden. Dat wil zeggen: meer tropische stormen, overstromingen en grotere vloedgolven. Ook zal in warmer wordende gebieden meer neerslag vallen. Er zijn reeds stijgingen van de neerslag geconstateerd in het noorden van Noord-Amerika en Europa (Wereld Natuur Fonds, 2001). Niet alleen de toename van broeikasgassen in de atmosfeer hoeft een verklaring te zijn voor deze klimaatveranderingen, ook een afname van vulkanische activiteit en een variatie van de activiteit van de zon kunnen hieraan bijdragen. Stott et al (2000) hebben een onderzoek gedaan naar de invloed van natuurlijke en antropogene factoren op de klimaatverandering in de 20ste eeuw. De conclusie hiervan was dat natuurlijke factoren de klimaatverandering slechts voor een klein gedeelte konden verklaren, en dat antropogene factoren de voornaamste oorzaak van de verandering moeten zijn geweest.

De bijdrage van de verschillende broeikasgassen aan het 'extra' broeikas effect wordt door Dams (1997) geschat op kooldioxide 50%, ozon 8%, methaan 19%, lachgas 3% en cfk's 17%. Deze waarden zijn gebaseerd op de warmtevasthoudende werking van de stoffen (Global Warming Potential), de concentratie in lucht in 1992 en de retentietijd.

Om de risico's van de klimaatveranderingen te verminderen is het nodig de uitstoot van broeikasgassen te reduceren. Aangezien CO<sub>2</sub> in belangrijke mate bijdraagt tot het broeikas effect, is de reductie ervan

noodzakelijk. 77% van de uitstoot van CO<sub>2</sub> wordt veroorzaakt door de verbranding van fossiele brandstoffen (Houghton, 1997).

Dit onderzoek richt zich op het reduceren van CO<sub>2</sub>-emissie veroorzaakt door het gebruik van fossiele brandstoffen. Mogelijkheden om dit te realiseren zijn: energiebesparing, het intensiever gebruik van duurzame bronnen en het vergroten van het omzettingsrendement van fossiele brandstoffen in energie, of CO<sub>2</sub>-afvang hierbij.

### **2.1.1 Het belang van energiebesparing en duurzame energie**

Verreweg het grootste gedeelte van de Nederlandse energieopwekking wordt gerealiseerd met fossiele brandstoffen. Drie nadelen hiervan zijn: de beperkte voorraden, politieke risico's en schadelijke emissies.

#### *Vorraden fossiele brandstoffen*

De schattingen van de voorraden van fossiele brandstoffen lopen sterk uiteen. Waar iedereen het echter over eens is, is dat ze in een veel hoger tempo verbruikt worden dan dat ze gevormd zijn. De fossiele brandstoffen hebben naar schatting honderden miljoenen jaar nodig gehad om te ontstaan en worden nu opgemaakt in een paar honderd jaar. Bij het huidige energiegebruik zijn geschatte voorraden in jaren van kolen, olie en aardgas respectievelijk 230, 41 en 62 jaar (BP Amoco, 2000). Hierbij gaat het om bewezen voorraden, die economisch exploiteerbaar zijn. De voorraden fossiele brandstoffen hoeven namelijk niet binnen deze tijd op te raken, maar de exploitatie ervan zal technisch en economisch steeds moeilijker worden.

Wordt er uitgegaan van een toename van het energiegebruik, zoals aannemelijk is, dan zullen de voorraden aanzienlijk korter zijn. Er zijn verwachtingen dat het energiegebruik in 2050 met 70% zal zijn toegenomen (Biesiot, 1998).

Deze overwegingen leiden tot de conclusie dat er binnen de komende tientallen jaren alternatieve mogelijkheden voor grootschalige opwekking van energie gevonden moeten worden. Aangezien hier op dit moment nog geen haalbare opties voor zijn, is het minimaliseren van de totale energievraag, ook in dit opzicht, van groot belang.

#### *Politieke risico's fossiele brandstoffen*

Grootschalige import van fossiele brandstoffen kan politieke risico's met zich meebrengen. Met name olie is in het verleden als politiek wapen gebruikt (denk aan de oliecrisis in 1973). Door de export van olie naar bepaalde landen te beperken kunnen enorme prijsstijgingen ontstaan. Olie heeft in het verleden ook bijgedragen aan verschillende oorlogen, denk maar aan de Golfoorlog.

Ongeveer 80% van de oliereserves bevinden zich in de OPEC landen, terwijl West-Europa, de VS en Canada tezamen ongeveer de helft van het totale olieverbruik voor hun rekening nemen. Ook van gas bevinden de voorraden zich voor een belangrijk gedeelte in de OPEC landen (bijna 30%) en in de voormalige Oostbloklanden (ruim 40%). Met name als het Nederlandse gas op begint te raken, zal Nederland meer afhankelijk worden van gasimport uit landen als Rusland en Algerije. Een voordeel van steenkool op dit punt, is de grotere spreiding van voorraden: Australië, Canada, Colombia en de Verenigde Staten, Duitsland, Polen en Zuid-Afrika (BP Amoco, 2000).

#### *Emissies*

Een direct probleem dat ontstaat bij de verbranding van fossiele brandstoffen is atmosferische vervuiling door emissies. Hieronder wordt het broeikaseffect, urbane luchtvervuiling en de verzuring van het milieu verstaan (Lapperre, 1997).

Urbane luchtvervuiling ontstaat onder andere door de uitstoot van onvolledig verbrande koolwaterstoffen (vooral bij verbrandingsmotoren) die zorgen voor smogvorming en de uitstoot van stikstof- en zwaveloxiden. Deze laatste twee emissies leiden tevens tot de verzuring van het milieu omdat deze in de lucht met waterdamp reageren tot zwavel- en slapeterzuur (Koppen, 1997).

Met betrekking tot elektriciteitslevering kleven met name aan de conventionele verbranding van kolen grote nadelen op dit gebied. Zo ontstaan bij deze verbranding veel emissies waaronder, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, as met zware metalen, vliegias en CO<sub>2</sub>. Een conventionele (met stoomcyclus) kolencentrale stoot twee keer zoveel NO<sub>x</sub> en CO<sub>2</sub> en tweeduizend keer zoveel SO<sub>2</sub> uit als een gasgestookte centrale (DOE, 1996). Gezien de relatief grote voorraad van kolen is het belangrijk om nader onderzoek te doen naar 'clean coal

technology', zoals KV-STEG, waarbij kolen met een zeer hoog rendement vergast wordt. Hierbij worden zwavel- en stikstofoxiden emissies gereduceerd (Veefkind, 2000).

De uitstoot van schadelijke emissies is een derde motivatie voor energiebesparing en alternatieve vormen van energieopwekking, zoals duurzame energie. Door de vraag naar energie te verminderen en het gebruik van fossiele brandstoffen te reduceren daalt namelijk de uitstoot van schadelijke emissies naar lucht, water en grond. Ook het rendement van energieopwekking speelt hierbij een rol. Door fossiele brandstoffen op een efficiëntere manier om te zetten in energie daalt de uitstoot van schadelijke emissies.

### 2.1.2 Trias Energetica

Er kan nu geconcludeerd worden dat het, met het oog op CO<sub>2</sub>-reductie, van belang is om het gebruik van fossiele brandstoffen te verminderen. Om dit te bereiken kan het Trias Energetica concept gebruikt worden. De eerste stap hierbij is het beperken van de vraag naar energie (elektrische en thermische energie). De nieuwe energievraag moet vervolgens zoveel mogelijk ingevuld worden met duurzame energie (stap twee). Het resterende energiegebruik dient zo efficiënt mogelijk opgewekt te worden met fossiele brandstoffen (stap drie) [IVAM, 2000]. Bij het volgen van dit concept is het percentage van de energievraag dat ingevuld wordt met duurzame bronnen zo groot mogelijk. Door als eerste stap de energievraag te minimaliseren, kan de hoeveelheid duurzame energie en de energieopwekking met fossiele brandstoffen afgestemd worden op de nieuwe energievraag.

Dit concept is bruikbaar bij dit onderzoek omdat de besparing op fossiele brandstoffen (en daarmee ook de CO<sub>2</sub>-reductie) maximaal is.

## 2.2 Definities

Nu het belang van energiebesparing, duurzame energie en energie-efficiency aangetoond is, is het tijd om deze begrippen nauwkeurig te definiëren, daar aan deze termen verschillende betekenissen toegekend kunnen worden.

### 2.2.1 Energiebesparing

Met energiebesparing wordt meestal het reduceren van het directe energiegebruik (zoals aardgas- en elektriciteitsverbruik) bedoeld. In het kader van het reduceren van CO<sub>2</sub>-emissie is echter ook de reductie van het indirecte energiegebruik van belang. Het indirecte energiegebruik betreft de energie die gebruikt wordt bij de productie van water, papier en andere materialen. Dit kan uitgedrukt worden in MJ/kg product.

In dit onderzoek wordt de volgende definitie van energiebesparing gehanteerd:

*'Het op directe of indirecte wijze beperken van de vraag naar primaire energiedragers<sup>1</sup> per eenheid.'*

De eenheid die gebruik wordt is afhankelijk van de energievraag die beschouwd wordt. Bij de infrastructuur ligt de eenheid km weg voor de hand en bij gebouwen het vloeroppervlak (m<sup>2</sup>) of de inhoud (m<sup>3</sup>). Het energiegebruik per eenheid wordt ook wel het specifieke energiegebruik genoemd. Door een energievraag te bepalen per eenheid, wordt een zekere afhankelijkheid geëlimineerd. Het verbruik van papier is bijvoorbeeld afhankelijk van het aantal medewerkers. Door als eenheid het aantal medewerkers te kiezen, leidt een daling van het aantal medewerkers niet tot energiebesparing, indien dit een even grote daling van het energiegebruik tot gevolg heeft. Evenzo leidt een wegoeverdracht niet tot energiebesparing, indien het aantal km weg als eenheid wordt gekozen. Dit is ook terecht, omdat de energie voor de overgedragen weg toch opgewekt moet blijven worden, weliswaar door een andere organisatie.

Bovenstaande beweringen gaan alleen op, als het verband tussen de eenheid en het energiegebruik lineair is. Dit hoeft echter niet altijd het geval te zijn. Het energiegebruik per eenheid product kan bijvoorbeeld dalen, als de productie omhoog gaat, door schaalvergroting. Dit wordt hier echter niet beschouwd als energiebesparing.

<sup>1</sup> Er zijn twee typen primaire energiebronnen: voorraadtypen (fossiele brandstoffen en uranium) en stromingstypen (b.v. zonne-energie en windenergie). (PBMA, 1986)

Het reduceren van het gebruik van indirecte energie en secundaire energiedragers, zoals motorbrandstoffen en elektriciteit vallen onder de definitie van energiebesparing. De vraag naar primaire energiedragers wordt dan namelijk verkleind.

### 2.2.2 Duurzame energie

Duurzaamheid, duurzame ontwikkeling en duurzame energie zijn nauwverwante begrippen. Volgens Koppen (1997) moet duurzame energie bijdragen aan een duurzame ontwikkeling.

De World Commission on Environment and Development (WCED) definieerde in 1987 duurzame ontwikkeling als 'een ontwikkeling die voorziet in behoeften van de huidige generaties zonder dat daarmee de mogelijkheden van toekomstige generaties in gevaar worden gebracht ook in hun behoeften te voorzien'. Duurzame ontwikkeling heeft dan tot doel 'de harmonie in de samenleving te bevorderen, tussen mensen onderling maar ook tussen mens en natuur' (OCV, 1996).

Deze definitie is abstract en in de context van energiebesparing moeilijk bruikbaar. Concreter in deze context zijn economisch georiënteerde definities. Er valt hierbij onderscheid te maken tussen strikte definities zoals 'natuurlijke hulpbronnen mogen per saldo niet aangetast worden' en milde definities waarbij de uitruil van kapitaalgoederen en milieugoederen toegestaan wordt (Centraal Planbureau, 1996). Er moet dan tegenover het opmaken van bijvoorbeeld een gasvoorraad een equivalente hoeveelheid kapitaalgoederen staan voor de volgende generatie.

Ook deze definities kennen bezwaren. Bij het hanteren van de strikte definitie moet gestreefd worden naar economische krimp en een snelle vermindering van de bevolking (Centraal Planbureau, 1996). Bij de milde definitie kan men zich ze afvragen of de uitruil van goederen wel wenselijk is. Het gaat hier namelijk om een onomkeerbare ruil, een gat in de ozonlaag kan met behulp van kapitaalgoederen niet meer ongedaan gemaakt worden.

Wat duidelijk wordt uit bovengenoemde definities is wel dat duurzame ontwikkeling bij moet dragen aan het voorzien in behoeften van toekomstige generaties.

Duurzame energie moet bijdragen aan een duurzame ontwikkeling.

Voor duurzame energie wordt in dit onderzoek de volgende definitie gehanteerd:

*'Energie die op een schone manier wordt opgewekt zonder de uitputting van fossiele brandstoffen'.*

Deze definitie impliceert dat duurzame energiebronnen twee eigenschappen moeten hebben:

1. Er moet sprake zijn van een onbeperkte voorraad/hernieuwbare brandstof.
2. Het milieu moet niet of weinig belast worden. Dit betekent dat de uitstoot van schadelijke emissies laag moet zijn.

Deze definitie is bruikbaar bij dit onderzoek omdat per energiebron makkelijk bepaald kan worden of deze duurzaam is.

Voorbeelden van energiebronnen die als duurzame energie beschouwd worden zijn onder andere: zonne-energie, windenergie, energie uit biomassa, getijdenenergie, golfenergie en aardwarmte. Al deze voorbeelden voldoen aan de eerste eis, het zijn hernieuwbare bronnen. Met betrekking tot de tweede eis varieert de prestatie per bron. Zo heeft biomassa wel schadelijke emissies naar onder andere lucht (NO<sub>x</sub>, CO en CO<sub>2</sub>). In dit onderzoek wordt biomassa wel beschouwd als een duurzame energiebron, omdat de emissies aanzienlijk lager zijn dan die van fossiele brandstoffen. Met name de CO<sub>2</sub>- en SO<sub>x</sub>-emissies zijn een stuk lager (Mann en Spath, 1997).

### 2.2.3 Energie-efficiency

Het begrip energie-efficiency wordt vaak genoemd in beleidsdocumenten van de overheid en andere instellingen, zonder dat dit gedefinieerd wordt. Een voorbeeld hiervan is het rapport 'meerjarenafspraken over energie-efficiency, resultaten 1998' van het ministerie Economische Zaken, waarin over een energie-efficiency index wordt gesproken. Noch deze term noch energie-efficiency wordt echter gedefinieerd.

Needis (1996) definieert energie-efficiency als de verhouding van de hoeveelheid bruikbare output en de hoeveelheid energie-input van een proces. Ook Patterson (1996) hanteert deze definitie. Een nadeel van deze definitie is dat er geen rekening wordt gehouden met de totale energieconsumptie van een product. Een grote TV met veel special features kan dan een grotere energie-efficiency hebben dan een kleine TV, terwijl het energiegebruik groter is (Moezzi, 2000).

Swigchem et al (2000) hanteren de volgende definitie voor energie-efficiency: 'het energiegebruik per apparaat of per kilogram product'. Hierbij is bovengenoemd nadeel niet aanwezig, omdat het energiegebruik van een apparaat zelf als definitie is gekozen. Toch levert deze definitie een nietszeggende getal op. Het energiegebruik per apparaat zegt namelijk niks over de prestatie ervan op energiegebied. Dit terwijl de term energie-efficiency impliceert een oordeel te geven over de mate waarin efficiënt gebruik wordt gemaakt van energie. Er kan echter alleen een oordeel gevormd worden indien er een vergelijking wordt gemaakt tussen producten onderling.

Een andere benadering van efficiëntie kan gevonden worden door het beschouwen van een specifiek product als een productiesysteem, waarvoor offers worden gebracht en dat resultaten oplevert<sup>2</sup>. Deze offers kunnen gezien worden als de energie input van een proces of product. Er kan dan onderscheid gemaakt worden tussen een normatief offer en een werkelijk offer. Het werkelijke offer is de echte energie input, zoals het aantal kWh elektriciteit dat verbruikt wordt. Het normatief offer is gerelateerd aan een norm met betrekking tot het energiegebruik. Er kan bijvoorbeeld voor gekozen worden het normatief offer te definiëren als het theoretisch minimale energiegebruik. Door de energie-efficiency van een product of proces dan te definiëren als de verhouding van het normatief en het werkelijke offer, wordt meteen inzicht gegeven in de mate waarin zuinig gebruik wordt gemaakt van energie.

Een kanttekening die hierbij gemaakt kan worden, is dat niet elk theoretisch minimum even makkelijk bereikt kan worden. Dit impliceert dat de energie-efficiency van verschillende producten niet zomaar met elkaar vergeleken kan worden. Verder is het niet bij alle processen of producten mogelijk om een theoretisch minimaal energiegebruik te definiëren. Wat is bijvoorbeeld het minimale energiegebruik van een TV? Dit is afhankelijk van veel factoren. Een optie is om de norm vast te stellen op het praktisch minimale energiegebruik (de TV die het minste elektriciteit verbruikt, op een bepaald moment). Dit betekent wel dat de energie-efficiency in de loop van de tijd groter kan worden dan 1 en dat de norm vervolgens bijgesteld moet worden. Tevens geeft de energie-efficiency dan geen inzicht in de mate waarin een product energiezuinig is. Het is namelijk niet duidelijk of de TV die het minste energie gebruikt echt zuinig is, of dat er nog veel zuinigere TVs te maken zijn.

Een derde mogelijkheid is om voor de norm het technisch haalbare minimale energiegebruik te kiezen. Ook dit is geen vaststaand getal en kan veranderen door technologische ontwikkeling. Wel wordt er dan een goed inzicht gegeven in de prestatie van een product of proces met betrekking tot het zuinig omgaan met energie.

In dit onderzoek wordt gekozen voor de volgende definitie van energie-efficiency:

*'Het quotiënt van een normatieve energie-input en een werkelijk energie-input van een proces of product.'*

Dit wordt geoperationaliseerd met de verhouding van het technisch haalbare minimale energiegebruik ( $W$ ) en het werkelijke energiegebruik ( $W$ ).

Het voordeel van deze definitie is, dat duidelijk wordt in welke mate een product of proces zijn of haar functie met een laag energiegebruik vervult.

---

<sup>2</sup> Deze benadering is gebaseerd op het dictaat bij het college energie en productie (Lambert, 2000).



## 2.3 Kwaliteit van energie

Energie is een intermediair goed. Dit wil zeggen dat het gebruikt wordt om bepaalde gewenste veranderingen tot stand te brengen. Deze veranderingen kunnen gezien worden als de functie van energie. Het begrip energiefunctie kan gedefinieerd worden als de verandering die men tot stand wil brengen met behulp van energie. Voorbeelden van energiefuncties zijn: het verplaatsen van goederen of mensen met een bepaalde snelheid van a naar b, het verlichten of op een bepaalde temperatuur houden van een ruimte (PBMA, 1986).

De wijze waarop energie voldoet aan een energiefunctie, is door het verrichten van arbeid of het overdragen van warmte<sup>3</sup>. Verschillende soorten energie kunnen in dit opzicht niet over een kam geschoren worden. Zo kan met 50 Joule elektrische energie meer arbeid verricht worden dan met 50 Joule thermische energie. De hoeveelheid thermische energie die omgezet kan worden in arbeid is afhankelijk van de temperatuur. De tweede hoofdwet van de thermodynamica sluit hierbij aan: *'Een systeem dat een kringproces ondergaat, kan niet alle warmte die eraan toegevoerd wordt in arbeid omzetten; er moet altijd tevens warmte worden afgevoerd bij een lagere temperatuur dan waarbij de warmte is toegevoerd.'* (Veefkind, 2000).

Energie kan gedefinieerd worden als de som van exergie en anergie. Exergie is daarbij het theoretisch maximale gedeelte van de energie dat arbeid kan verrichten. Anergie is het gedeelte dat geen arbeid kan verrichten, maar bijvoorbeeld vrijkomt in de vorm van warmte. Door de exergie-inhoud van energie te berekenen kan dus bepaald worden hoeveel arbeid er maximaal verricht kan worden en kan de kwaliteit van energiestromen bepaald worden. Mechanische energie kan geheel omgezet worden naar arbeid en heeft een kwaliteit van 100%. Omdat elektrische energie theoretisch gezien geheel in mechanische energie om te zetten is, is de kwaliteit hiervan ook 100%. De kwaliteit van stralingsenergie is afhankelijk van de stralingstemperatuur. Deze kan bepaald worden met de stralingswet van Planck. De kwaliteit van thermische energie kan bepaald worden met het Carnotrendement<sup>4</sup>. Het Carnotrendement is namelijk gelijk aan de hoeveelheid exergie gedeeld door de hoeveelheid energie. [PBMA (1986), Koppen (1997), Lambert et al (2000), Veefkind (2000)]

Vanuit dit oogpunt kunnen er twee wegen bewandeld worden om energie te besparen (Koppen, 1997).

1. Het verminderen van de energievraag.
2. Het verminderen van de exergieverliezen bij energieomzetting.

Deze 2 mogelijkheden zijn ook aanwezig in het Trias Energetica concept. Mogelijkheid 2 komt namelijk overeen met het op de juiste wijze verbeteren van de energie-efficiency bij de omzetting van fossiele brandstoffen in thermische of elektrische energie (stap 3). Mogelijkheid 1 is gelijk aan stap 1 in het Trias Energetica concept.

Het begrip exergie is belangrijk bij energiebesparing, omdat niet alle soorten energie zonder meer met elkaar vergeleken kunnen worden. Het begrip bevat meer informatie dan energie, namelijk niet alleen de kwantiteit, maar ook de kwaliteit van een energiedrager. Het is daarom belangrijker om te besparen op een energiedrager met een hoge, dan met een lage, exergetische waarde.

Bij een productieproces kan in plaats van het exergetisch rendement ook het primaire energiegebruik berekend worden. Het exergetisch rendement is hierin impliciet weergegeven.

---

<sup>3</sup> Een thermodynamisch systeem kan energie overdragen naar de omgeving door het verrichten van arbeid en door het overdragen van warmte. In het eerste geval bestaat de energieoverdracht uit het verplaatsen van de wand. In het tweede geval wordt via botsingen kinetische energie overgedragen van moleculen van het systeem naar moleculen van de omgeving zonder verplaatsing van de wand (Veefkind, 2000).

<sup>4</sup> Carnotrendement =  $1 - T_o/T$   
T<sub>o</sub> is de omgevingstemperatuur  
T is de temperatuur van de energiedrager

## 2.4 Conclusie

Uit dit hoofdstuk blijkt dat het met betrekking tot CO<sub>2</sub>-reductie belangrijk is om het gebruik van fossiele brandstoffen te verminderen. Twee mogelijkheden hiervoor zijn energiebesparing en het gebruik maken van duurzame energie.

Energie-efficiency is een middel om te bepalen hoe efficiënt er om wordt gegaan met energie en geeft dus een indicatie van het besparingspotentieel weer.

Een ander begrip dat naar voren komt is exergie, waarmee de kwaliteit van een energiedrager kan worden weergegeven. Besparing op energie met een hoge kwaliteit is te prefereren boven besparing op energie met een lage kwaliteit.

### 3. Factoren die energiebesparing beïnvloeden

Het doel van dit hoofdstuk is het vinden van factoren die invloed hebben op de realisatie van energiebesparing en duurzame energie.

Eerst zullen een aantal factoren besproken worden die invloed hebben op het energiegebruik en duurzame energie in het algemeen. Vervolgens zal een model geïntroduceerd worden met factoren die specifiek een rol spelen bij energiebesparing in organisaties. De factoren uit dit model zullen afzonderlijk behandeld worden, waarbij tevens al opties aangegeven worden hoe energiebesparing gerealiseerd kan worden met deze factoren. Ook zullen er per factor mogelijke knelpunten besproken worden die kunnen optreden en zal de interactie tussen de factoren behandeld worden.

Tot slot zal besproken worden welke factoren bruikbaar zijn bij dit onderzoek.

#### 3.1 Algemene factoren

Bij de ontwikkelingen van het energiegebruik en de toepassing van duurzame energie spelen vele factoren een rol. Niet al deze factoren zijn beïnvloedbaar. Hieronder zal een korte uiteenzetting gegeven worden van een aantal factoren.

##### I Weersomstandigheden

Weersomstandigheden hebben onder andere betrekking op de temperatuur, het aantal zonne-uren en de neerslag in een gebied. Zo zijn de mogelijkheden voor zonne-energie afhankelijk van de stralingsintensiteit van de zon. Het gebruik van aardgas kan beïnvloed worden door een zeer strenge of juist zachte winter.

##### II Sociaal-culturele kenmerken bevolking

Onder sociaal-culturele kenmerken van de bevolking vallen demografische omstandigheden, cultuur en economie. Bij demografische omstandigheden gaat het om type huishoudens, geslacht en leeftijd. Cultuur betreft de waarden en normen van mensen, maar ook gebruiken, opleiding, politieke voorkeur, leefstijl en kennis (Hoevenagel et al, 1996). Cultuur heeft invloed op het energiegebruik door de wijze waarop individuen omgaan met energie en het belang dat gehecht wordt aan duurzame energie en energiebesparing. Dit uit zich in gedrag, zoals het nemen van de auto in plaats van de fiets. Als economische kenmerken van de bevolking kunnen beschouwd worden: werkgelegenheid, inkomen en beroep (Hoevenagel et al, 1996). De mate van werkgelegenheid en het beroep van mensen kan bijvoorbeeld invloed hebben op de mate waarin met de auto gereden wordt.

##### III Trends

Sociaal-culturele kenmerken worden deels beïnvloed door trends op nationaal niveau. Deze trends hebben op zichzelf ook invloed op het energiegebruik. Voorbeelden zijn:

###### *Economische groei*

Het energiegebruik kan beïnvloed worden door economische groei. Hierdoor neemt namelijk het volume van de productie en consumptie toe, en daarmee het energiegebruik (Swigchem et al, 2000). Een stijging van het reële inkomen leidt tot een groeiende vraag naar energiediensten, omdat meer geld beschikbaar is om uit te geven aan zaken die gepaard gaan met een energiegebruik. Een stijging van het inkomen zou echter ook een stimulans kunnen zijn voor duurzame energie. Huishoudens hebben dan meer geld beschikbaar voor bijvoorbeeld zonnecellen. Het is wel de vraag in welke mate huishoudens hier geld aan willen besteden.

Economische groei leidt dus in principe tot een toename van het energiegebruik, maar zou wel een positieve invloed kunnen hebben op het gebruik van duurzame energie.

### *Technologische ontwikkeling*

Een andere factor die een rol speelt is technologische ontwikkeling. Swigchem et al (2000) maken onderscheid tussen autonome technologische ontwikkeling en technologische ontwikkeling gestimuleerd door overheidsbeleid. Deze laatste vorm kan gestuurd worden en daarmee een positief effect uitoefenen op energiebesparing en duurzame energie. De nu bestaande systemen voor duurzame energie hebben vaak een laag rendement en hoge productiekosten. Door onderzoek te doen kunnen deze problemen verminderd worden.

Ook kunnen er nieuwe energiebesparende technologieën ontwikkeld worden. Technologische ontwikkeling (inclusief autonome) zorgt volgens Roos en Swigchem (2000) voor een toename van de energie-efficiency<sup>5</sup> van gemiddeld 1% per jaar.

Technologische ontwikkeling kan echter ook leiden tot het vergroten van het energiegebruik. Deze heeft er namelijk toe bijgedragen dat er nu veel meer energiegebruikende apparaten en goederen beschikbaar zijn dan vijftig jaar geleden (Steg, 1999). Denk bijvoorbeeld maar aan afwasmachines, mobiele telefoons en computers.

### *Bevolkingsgroei*

Er wordt verwacht dat de wereldbevolking in 2100 verdubbeld is (OCV, 1996). Dit leidt automatisch tot een stijging van de energievraag, om alleen al aan de basisbehoeften te voldoen. Bevolkingsgroei heeft ook invloed op duurzame energie. Indien steeds meer land volgebouwd wordt met woningen, blijft er minder ruimte over voor biomassa of windparken. In Nederland groeit de bevolking nauwelijks meer maar verandert wel de samenstelling ervan, door de groei van het aantal huishoudens (OCV, 1996). Er is namelijk een trend naar kleiner wordende gezinnen en een toename van het aantal scheidingen, waardoor het aantal woningen toeneemt en daarmee ook het energiegebruik.

### *Prijs energie*

Een derde trend die een rol speelt is de ontwikkeling van de energieprijzen (gas, olie en elektriciteit). Hogere energieprijzen stimuleren het nemen van energiebesparende maatregelen, omdat terugverdientijden verkleind worden. Ook op duurzame energie hebben hoge energieprijzen een gunstige invloed. Bij toenemende energieprijzen wordt duurzame energie financieel namelijk steeds aantrekkelijker.

Bij het streven naar energiebesparing en duurzame energie zal invloed uitgeoefend moeten worden op deze factoren. De overheid kan dit doen met (1) economische beleidsinstrumenten zoals subsidies en belastingen, (2) juridische beleidsinstrumenten (wet- en regelgeving), (3) initiërende beleidsinstrumenten zoals voorlichting en (4) coördinerende instrumenten zoals het sluiten van convenanten of joint-ventures (Douben en Stroeken, 1997).

Deze instrumenten zijn vaak gericht op een specifieke doelgroep, zoals huishoudens of de industrie. Er wordt invloed uitgeoefend op de factoren: cultuur, prijs van energie (en daarmee de financiële aantrekkelijkheid van duurzame energie en energiebesparing) en technologische ontwikkeling. De overige factoren; klimatologische omstandigheden, demografie en economische groei worden niet beïnvloed in het kader van energiebesparing en duurzame energie.

## **3.2 Factoren binnen organisaties**

Een veelgebruikt model om energiebesparing bij de industrie en utiliteitsbouw te onderzoeken is het Techniek-Organisatie-Gedrag model van Novem. Hierbij worden drie beïnvloedbare factoren onderscheiden; techniek, organisatie en gedrag.

Met technische factoren worden technische ingrepen bij gebouwen, energievoorziening, apparatuur en installaties bedoeld.

Organisatorische factoren hebben te maken met de bedrijfsvoering en organisatiestructuur. Aspecten hiervan zijn planning, monitoring, informatievoorziening en energiemanagement (Novem, 2000). Tot de gedragsfactoren behoren het gedrag van mensen, sociale en economische factoren van de bedrijfsvoering en de organisatiecultuur (Novem, 2000).

---

<sup>5</sup> De definitie van energie-efficiency hierbij is: het energiegebruik per apparaat of product.

Deze drie factoren worden beïnvloed door de algemene factoren. Technologische ontwikkeling kan bijdragen aan het aantal technische mogelijkheden dat beschikbaar is voor energiebesparing en duurzame energie. Cultuur en de prijs van energie hebben invloed op het gedrag van mensen en op de factor organisatie. De factoren techniek, organisatie en gedrag zijn niet volledig los van elkaar te zien, maar kunnen invloed uitoefenen op elkaar. Hier wordt in paragraaf 3.2.1 en 3.2.2 op teruggekomen.

In dit onderzoek zal dit model gebruikt worden om inzicht te krijgen in mogelijkheden voor energiebesparing en duurzame energie bij de Provincie Noord-Brabant. De drie factoren zullen nu eerst afzonderlijk behandeld worden.

### 3.2.1 Techniek

De factor techniek kan invloed uitoefenen op het energiegebruik door het tot stand brengen van veranderingen in technische systemen. Met een technisch systeem wordt in dit onderzoek een fysieke eenheid bedoeld, die door gebruik te maken van energie een bepaalde functie vervult<sup>6</sup>. Dit kan een apparaat zijn, maar ook een woonkamer of een CV-ketel. Een verandering in het systeem, kan dan tot gevolg hebben dat de energie die nodig is om de functie te vervullen daalt. Zo'n verandering wordt in dit onderzoek beschouwd als een technische ingreep. Onder het begrip technische ingreep word nu verstaan: een verandering in een technisch systeem, die leidt tot een daling van het directe en/of indirecte energiegebruik per eenheid energiefunctie (dit begrip is behandeld in paragraaf 2.3).

Ik wil hier onderscheid maken tussen zeven soorten technische ingrepen:

1. Bouwtechnische maatregelen (m.b.t. isolatie, lichtinval en verkaveling)
2. Verbeteren energie-efficiency apparatuur (energiezuinige verlichting en computers)
3. Reduceren indirect energiegebruik (waterbesparende douchekop, dubbelzijdig copieerapparaat)
4. Stimuleren energiebesparend gedrag
5. Regeltechnische ingrepen
6. Het toepassen van duurzame energie
7. Verbeteren energie-efficiency bij opwekking energie (rendement verhogen)

De eerste vijf soorten zijn vormen van energiebesparing (het verminderen van de energievraag). Ook de zevende mogelijkheid valt onder de definitie van energiebesparing. Deze moet, aan de hand van het eerdergenoemde Trias Energetica concept, als laatste toegepast worden. Voor CO<sub>2</sub>-reductie is het namelijk belangrijk dat er zoveel mogelijk duurzame energie gebruikt wordt. Wat dan nog opgewekt moet worden met fossiele bronnen dient zo efficiënt mogelijk te gebeuren.

Mogelijkheid 4 betreft de 'moralisering van apparatuur' (Achterhuis, 1998). Hierbij wordt tijdens het ontwerpproces al expliciet rekening houden met het gedrag van mensen. Hierdoor kan energiebesparend gedrag gestimuleerd of afgedwongen worden. Een voorbeeld hiervan is de klokthermostaat. Deze heeft volgens Steg (1999) meer effect dan mensen ervan te overtuigen 's nachts op tijd de thermostaat laag te zetten.

Knelpunten die kunnen optreden bij technische maatregelen zijn de technische haalbaarheid, betrouwbaarheid (storingen), veiligheid, comfort en gezondheid van mensen, de kosten en esthetiek. Indien een technische ingreep leidt tot een onveilige situatie, of de gezondheid van mensen in gevaar brengt, zal deze maatregel niet toegepast worden. Dit geldt in mindere mate voor de factoren comfort, esthetiek en kosten. Een grote milieuwinst kan een daling in comfort, of een stijging van kosten in bepaalde gevallen compenseren.

Een ander knelpunt, dat niet te maken heeft met een specifieke technische ingreep, maar dat een gevolg kan zijn van energiebesparende maatregelen in het algemeen, is het rebound effect door gedragsverandering. Voorbeelden van dit rebound effect zijn: het langer laten branden van een spaarlamp, of het aan laten staan van een laptop omdat deze energiezuinig zijn. De voorbeelden hebben gemeenschappelijk dat een beoogd resultaat (energiebesparing) slechts gedeeltelijk of niet gerealiseerd

---

<sup>6</sup> De fysieke eenheid kan meerdere functies vervullen, maar moet bij ten minste een functie gebruik maken van energie.

wordt, omdat er een gedragsverandering optreedt. Het is daarom van belang, om bij de invoering van technische energiebesparende ingrepen, dit soort gedragsveranderingen te voorkomen. Dit kan door voorlichting te geven over het doel van het product of de energiebesparende maatregel. Hierbij moet vooral duidelijk gemaakt worden dat gedrag hier ook aan bij zal moeten dragen. Ook de moralisering van apparatuur kan gebruikt worden voor het stimuleren van energiebesparend gedrag. Een voorbeeld hiervan is een laptop die automatisch uitgaat, na 5 min niet gebruikt te zijn. Hieruit wordt duidelijk dat de factor techniek gedrag kan beïnvloeden. Met dit interactie-effect moet rekening gehouden worden bij het invoeren en bedenken van technische ingrepen. Dit kan door het geven van voorlichting en de moralisering van apparatuur.

### 3.2.2 Organisatie

Met de factor organisatie worden alle aspecten bedoeld die te maken hebben met de bedrijfsvoering, strategie en structuur van een organisatie. Organisatorische ingrepen zijn wijzigingen in deze aspecten die ten goede komen aan energiebesparing en duurzame energie. Ze kunnen betrekking hebben op:

- *Het instellen van regelsystemen* (tijdstippen van aan- en uitschakelen verlichting, verwarming etc.). Hierbij gaat het om het al dan niet gebruik maken van technische mogelijkheden en het instellen ervan. Techniek heeft hierbij invloed op organisatie door het aantal instelbare mogelijkheden dat beschikbaar is en de gebruiksvriendelijkheid.
- *Het monitoren en analyseren van het energiegebruik*. Dit betreft het bijhouden van het verbruik en het analyseren van de data.
- *De organisatiestructuur*
- *Duurzame inkoop*  
Dit betreft de inkoop van energiezuinige en met een laag indirect energiegebruik geproduceerde artikelen/apparaten/bedrijfsauto's/papier.

Een veelvoorkomend knelpunt bij energie management is volgens Metha en Thumann (1989) dat energie managers te veel verantwoordelijkheid en te weinig autoriteit krijgen om hun werk te doen. Klachten die het gevolg zijn van energiebesparende maatregelen komen bij hen terecht. Dit leidt tot conflicten, omdat de energie managers medewerkers graag tevreden willen houden.

Een hiermee samenhangend knelpunt kan de weerstand van medewerkers zijn tegen het invoeren van energiebesparende maatregelen. Een goede steun en betrokkenheid van het topmanagement en voorlichting over de maatregelen aan de medewerkers kunnen deze twee problemen voorkomen.

Een ander knelpunt bij de factor organisatie is de inefficiëntie van besluitvormingsprocessen. Dit heeft betrekking op de traagheid en moeizaamheid van deze processen bij grote organisaties. De besluitvorming, met name bij grotere veranderingen in organisaties, neemt veel tijd in beslag. Verder kan de communicatie tussen verschillende partijen gering zijn. Hierdoor ontstaan later misverstanden die de besluitvorming nog meer kunnen vertragen.

Deze knelpunten kunnen nu vertaald worden in de volgende ingrepen:

- Het realiseren van steun en betrokkenheid van het topmanagement.
- Het versnellen van besluitvormingsprocessen.
- Het stimuleren van communicatie tussen verschillende partijen bij het bedenken en invoeren van maatregelen.
- Het geven van voorlichting aan de medewerkers over de maatregelen.

Er blijkt dat organisatie invloed kan hebben op gedrag door een sterke betrokkenheid en steun van het topmanagement te realiseren. Samen met een goede communicatie en voorlichting kan de weerstand tegen verandering door medewerkers verkleind worden. De bedoeling van de energiebesparende maatregelen is dan duidelijk en door de steun en betrokkenheid van het topmanagement is het duidelijk dat de maatregelen voor de hele organisatie gelden.

Het management van de organisatie moet zorgdragen voor de (succesvolle) implementatie van de verschillende ingrepen. Motivaties voor het management om over te gaan tot het invoeren van bepaalde ingrepen kunnen zijn:

- Kostenoverwegingen; bij ingrepen die leiden tot financiële voordelen.
- Milieuoverwegingen; bij ingrepen die significante voordelen bieden voor het milieu tegen geringe meerkosten.
- Het nakomen van een klimaatconvenant.
- Het verkrijgen van een 'groen' imago. Hierbij gaat het om zichtbare ingrepen die bijdragen aan het opbouwen van een groen imago.

### 3.2.3 Gedrag

Het gedrag van mensen kan op twee manieren invloed uitoefenen op het energiegebruik, (1) door het verrichten van handelingen (wasmachine aanzetten, de auto gebruiken en verlichting aanzetten), en (2) door het niet verrichten van handelingen (verlichting/PC aanlaten bij verlaten kamer, apparatuur stand-by laten staan en verwarming 's nachts aanlaten). Beide soorten gedrag zijn belangrijk om te beïnvloeden.

In dit onderzoek worden er drie mogelijkheden onderscheiden om energiebesparend gedrag te stimuleren:

1. Dwingende voorschriften
2. Financiële instrumenten
3. Overtuiging en informatie

De eerste mogelijkheid betreft het beïnvloeden van gedrag door middel van voorschriften. Hiermee wordt een zekere mate van dwang uitgeoefend, wat kan leiden tot een beperking van de gedragsmogelijkheden van het individu.

Bij financiële instrumenten kunnen twee opties onderscheiden worden om gedrag te beïnvloeden (1) mensen financieel belonen als ze energiebesparend gedrag vertonen, of (2) mensen laten betalen bij gedrag dat leidt tot energiegebruik.

De derde manier is het beïnvloeden van gedrag via de attitude, door middel van het geven van voorlichting. Het doel hiervan is, om door verbreiding van informatie, ideeën en argumentatie mensen te overreden hun gedrag te veranderen. Zowel informatie als kennis en overreding spelen hierbij een rol. De gedachte erachter is, dat de mens een rationeel handelend wezen is, dat bereid is zijn gedrag te veranderen als hij inziet dat dat om een of andere reden gewenst is (Midden, Weenig & Houwen, 1982). Deze manier heeft echter niet altijd het gewenste resultaat.

Steg (1999) identificeert milieubesef als een factor die invloed heeft op milieuvriendelijk gedrag. Milieubesef is te vergelijken met een houding ten aanzien van bijvoorbeeld energiebesparend gedrag. Er wordt gesteld dat milieubesef vooral een rol speelt bij de aankoop van milieuvriendelijke producten en voeding; gedragingen die nauwelijks extra moeite kosten en waar men niet echt iets voor op hoeft te geven (behalve soms geld). Milieubesef blijkt echter geen grote rol te spelen bij milieuvriendelijk gedrag dat meer moeite of tijd kost (zoals autogebruik beperken). Als men comfort moet inleveren, zoals minder vaak douchen, of als men beperkt wordt in de bewegingsvrijheid (minder vaak op vakantie), blijkt milieubesef geen bepalende factor meer te zijn. Verder blijkt het nemen van energiezuinige maatregelen, waarvoor weinig comfort ingeleverd hoeft te worden, nauwelijks samen te hangen met milieubesef, maar meer met het besparen op geld. Gent en Katus (1995) vullen dit aan met: 'het hoog waarderen van een goed milieu speelt slechts een geringe rol bij de keuze van gedragingen (van der Meer, 1981)'. Als redenen worden door hen genoemd:

1. Het gedrag is gewoonte-bepaald (en dus niet beredeneerd).
2. Er is onvoldoende kennis van de schadelijke milieugevolgen van het specifieke gedrag.
3. De milieugevolgen moeten concurreren met individuele gevolgen op het gebied van geld, tijd, moeite en comfort. Er is dan sprake van een dilemma; de keuze voor het algemeen belang is strijdig met het eigenbelang.
4. De schadelijke gevolgen voor het milieu zijn vaak niet onomstotelijk bewezen. Indien er onzekerheid is over de gevolgen van een bepaald gedrag, blijken mensen meer uit eigenbelang te handelen.

Andere factoren die een rol kunnen spelen zijn: de sociale omgeving die het gedrag kan afkeuren en bepaalde beperkingen van mensen.

Vlek (1990) definieert gelegenheid als factor die energiegebruikend gedrag beïnvloedt. Hiermee wordt de gelegenheid bedoeld die mensen gegeven wordt om energiebesparend gedrag te vertonen, zoals het gemak waarmee de verlichting aan en uit te zetten is.

Alleen reden 2 en 4, om energiebesparend gedrag niet te vertonen, kunnen door voorlichting en overtuiging weggenomen worden.

Uit bovenstaande blijkt dat indien overtuiging en voorlichting gebruikt worden voor het succesvol stimuleren van energiebesparend gedrag, aan een aantal voorwaarden voldaan zal moeten worden:

- Er moet gelegenheid worden gegeven voor dit energiebesparend gedrag.
- Het gedrag moet geen extra moeite, tijd of geld kosten.
- Er moet niet ingeleverd hoeven te worden op comfort.

Bij het stimuleren van energiebesparend gedrag dat niet aan deze voorwaarden voldoet of kan voldoen, kunnen wel financiële instrumenten of dwingende voorschriften ingezet worden.

#### *Invloed organisatiecultuur op gedrag*

Een factor die invloed heeft op het gedrag van mensen in organisaties is de organisatiecultuur.

Reenen en Waisfisz (1995) definiëren organisatiecultuur als de wijze waarop medewerkers zich in een organisatie tot elkaar, tot het werk en tot de buitenwereld verhouden. Een kenmerk van organisatiecultuur is sociale controle. Hierbij gaat om de mate waarin en de wijze waarop de sociale omgeving gedrag beïnvloedt. Volgens Kor en Burger (1998) dicteert een krachtige organisatiecultuur als het ware het gedrag van de medewerkers, terwijl een zwakke cultuur slechts een licht suggestieve werking heeft. Een organisatiecultuur kan energiebesparend gedrag dus stimuleren of juist remmen. Het veranderen van een organisatiecultuur is volgens Reenen en Waisfisz zeer moeilijk en neemt veel tijd in beslag. Zo'n cultuurverandering richt zich op het beïnvloeden van gedrag, attitudes, en het geloof van medewerkers. Belangrijk bij een succesvolle verandering is de houding en betrokkenheid van het topmanagement.

Er kan geconcludeerd worden dat het veranderen van de organisatiecultuur om gedrag te veranderen erg moeilijk is en veel tijd kost. Bovendien is succes niet gegarandeerd omdat alleen een krachtige organisatiecultuur een aanzienlijke invloed heeft op gedrag. Eerst zal daarom onderzocht moeten worden of de organisatiecultuur een grote invloed heeft op gedrag.

### **3.3 Conclusie**

Uit dit hoofdstuk blijken verschillende factoren invloed te hebben op energiebesparing en duurzame energie. Niet al deze factoren zijn beïnvloedbaar. Beïnvloedbare factoren zijn onder andere: cultuur, prijs van energie en technologische ontwikkeling. Voor de industrie en utiliteitsbouw is een model ontwikkeld, met drie beïnvloedbare factoren; techniek, organisatie en gedrag. Er blijken een aantal knelpunten te kunnen optreden bij de beïnvloeding van deze factoren.

Bij technische ingrepen is het belangrijk dat de betrouwbaarheid en de veiligheid en gezondheid van mensen gegarandeerd is. Verder kunnen comfort, de kosten en esthetiek knelpunten vormen.

Bij de factor organisatie is de steun van het topmanagement essentieel, evenals de communicatie tussen partijen en de voorlichting naar medewerkers toe.

Er blijken veel factoren te zijn die energiebesparend gedrag negatief beïnvloeden. Dit geldt met name bij het gebruik maken van voorlichting en overtuiging als stimuleringsinstrument. Deze zijn: gewoontes, kennis, comfort, tijd, geld, gelegenheid en de sociale omgeving. Verder blijkt de organisatiecultuur moeilijk te beïnvloeden te zijn. Dit heeft bovendien alleen zin als er sprake is van een krachtige organisatiecultuur. Dit maakt het beïnvloeden van gedrag ten behoeve van energiebesparing een moeilijke opgave. De factoren organisatie en techniek lijken daarentegen makkelijker te beïnvloeden, omdat de organisatie deze zelf in de hand heeft. Duurzaam inkopen en de monitoring van het energiegebruik zijn bijvoorbeeld zeer makkelijk in te voeren, evenals de meeste technische ingrepen.

Alle drie de factoren zullen echter meegenomen worden bij het zoeken naar mogelijkheden voor energiebesparing in hoofdstuk 6. De mate waarin gedragsbeïnvloeding loont hangt namelijk ook af van de invloed die gedrag heeft op het energiegebruik.



Zoals is gezien, zijn techniek, organisatie en gedrag niet volledig los van elkaar te beschouwen. Zo oefenen techniek en organisatie invloed uit op gedrag. De weerstand van medewerkers om bij te dragen aan energiebesparing kan verminderd worden door steun en betrokkenheid van het topmanagement, voorlichting en de moralisering van apparatuur. Bovendien zijn medewerkers gunstiger gestemd om energiebesparend gedrag te vertonen indien er geen energievervalsingen elders in het gebouw te zien zijn. Gedragsbeïnvloeding moet daarom als laatste toegepast worden.

Verder oefent techniek invloed uit op de factor organisatie. Denk bijvoorbeeld maar aan een makkelijk te bedienen regelsysteem met veel mogelijkheden voor energiebesparing. Organisatie en gedrag hebben andersom veel minder invloed op de factor techniek. Daarom moeten technische ingrepen als eerste ingevoerd worden. Organisatorische ingrepen kunnen hier dan op afgestemd worden. Als alles technisch en organisatorisch goed in orde is, dient ten slotte gedragsbeïnvloeding plaats te vinden.

Een knelpunt dat op kan treden bij de invoering van alle energiebesparende maatregelen is het zogenaamde rebound effect door kostenbesparing. In dit geval stijgt het directe of indirecte energiegebruik, doordat uitgaven aan energie dalen. Het geld dat niet meer besteed hoeft te worden aan energie, wordt dan namelijk uitgegeven aan activiteiten, producten of diensten, waarin een bepaald energiegebruik 'verborgen' zit. Dit geldt alleen voor maatregelen die leiden tot financiële voordelen. Een voorbeeld hiervan is het nemen van de fiets in plaats van de auto.

Bij maatregelen die leiden tot een kostenstijging is er zelfs een positief effect omdat er minder geld overblijft voor activiteiten die tot een energiegebruik leiden.

Het rebound effect kan opgelost worden door het geld dat vrijkomt te besteden aan producten of diensten met een laag direct en indirect energiegebruik. Nog beter, voor CO<sub>2</sub>-reductie, is het echter om dit geld te besteden aan de opwekking van duurzame energie met bijvoorbeeld zonnecellen of zonnecollectoren of het besteden van dit geld aan andere energiebesparende maatregelen waarop geld ingeleverd moet worden. In elk geval dient er sprake te zijn van een gesloten beurs; energiebesparende maatregelen mogen netto geen geld opleveren.

## 4. Inventarisatie en analyse van de huidige situatie

### 4.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk is besproken welke factoren invloed hebben op energiebesparing en duurzame energie. Het doel van dit hoofdstuk is het inzicht geven in en analyseren van de huidige situatie met betrekking tot het energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant. Hierbij gaat het om het identificeren van direct en indirect energiegebruik en de bijbehorende CO<sub>2</sub>-emissie.

Er zal gekeken worden naar gebouwen en infrastructuur waar de Provincie Noord-Brabant eigenaar en gebruiker of beheerder van is. Dit is van toepassing op het Provinciehuis, de provinciale infrastructuur en de districtskantoren (3 stuks) en steunpunten (12 stuks). Deze zullen behandeld worden in paragraaf 4.2, 4.3 en 4.4. Per onderdeel zal een energiebalans opgesteld worden, waaruit duidelijk wordt hoeveel energie er gebruikt wordt en waarvoor. Hierbij zullen tevens de betrokken installaties en apparatuur kort beschreven worden. Verder zal bekeken worden of het energiegebruik hoog of laag is in vergelijking met een referentiewaarde. Deze waarde zal gebruikt worden voor het bepalen van de energie-efficiency. De toepassing van duurzame energie zal geïnventariseerd worden door na te gaan welke vormen van duurzame energie al toegepast worden.

Tot slot zal een historische context behandeld worden, waarin duidelijk wordt hoe energiebesparing in het verleden is aangepakt en hoe de huidige situatie ontstaan is.

In paragraaf 2.2.1 is aangegeven dat energiebesparing moet leiden tot een daling van het specifieke energiegebruik (energiegebruik per eenheid). Het specifieke energiegebruik zal vergeleken worden met een minimale en een gemiddelde waarde (indien deze voorhanden zijn). De energie-efficiency zal bepaald worden met de minimale waarde als norm. Er wordt zo inzicht gegeven in het besparingspotentieel. De CO<sub>2</sub>-emissie die ontstaat bij energiegebruik zal bepaald worden met de getallen uit bijlage 1.

Het direct en indirect energiegebruik van alle onderdelen zal weergegeven worden in een energiebalans. Hierbij zullen in een aantal gevallen schattingen gedaan worden. Het is niet de bedoeling dat deze getallen gezien worden als een absoluut energiegebruik, maar meer als een indicatie van hoe groot dit zou kunnen zijn. Er zullen dan ook geen onzekerheden aangegeven worden bij de getallen. De schattingen worden, indien niet nader aangegeven, gebaseerd op het energiegebruik van een apparaat en de tijdsduur dat dit in werking is. Details met betrekking tot de schattingen zijn te vinden in bijlage 2.

#### 4.1.1 Eenheden

In dit onderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen het specifieke elektriciteitsverbruik ( $e_{el}$ ), gasverbruik ( $e_{gas}$ ), indirect energiegebruik ( $e_{ind}$ ) en het specifieke transportbrandstofverbruik ( $e_{brand}$ ), per jaar.

De eenheden die hiervoor gebruikt worden zijn:

$e_{el}$	[kWh/km weg]	bij de infrastructuur
	[kWh/m <sup>2</sup> vloeroppervlak]	bij de gebouwen.
$e_{gas}$	[m <sup>3</sup> aardgas/m <sup>3</sup> gebouwinhoud]	
$e_{ind}$	[m <sup>3</sup> a.e./medewerker]	
$e_{brand}$	[m <sup>3</sup> a.e./km weg]	bij de infrastructuur
	[m <sup>3</sup> a.e./medewerker]	bij woonwerkverkeer.

Bij de infrastructuur zal het specifieke energiegebruik bepaald worden per kilometer weg. Het energiegebruik hierbij is namelijk voor een groot deel recht evenredig met de weglengte. Denk maar aan straatverlichting.

De eenheid die gekozen wordt bij het indirecte energiegebruik is het aantal medewerkers. Het verbruik van bijvoorbeeld papier en andere kantoorartikelen is afhankelijk van het aantal medewerkers. Het elektriciteitsverbruik zal bepaald worden per m<sup>2</sup> vloeroppervlak.

Aangezien het gasverbruik in het Provinciehuis voornamelijk gebruikt wordt voor verwarming en luchtbehandeling zal dit bepaald worden per m<sup>3</sup> gebouwinhoud.

De eenheid die gebruikt zal worden om het primaire energiegebruik te bepalen is m<sup>3</sup> aardgas equivalent (a.e.). Hiervoor zal de onderste verbrandingswaarde van aardgas, 31,67 MJ/m<sup>3</sup> (Gasunie, 1980), gebruikt worden. Om het aantal m<sup>3</sup> a.e. te bepalen van een kWh elektriciteit, wordt het energetisch rendement gebruikt van elektriciteitsopwekking. Dit is in Nederland gemiddeld 43,3% (SEP, 1997). Voor het verkrijgen van één kWh elektriciteit is dan 0,26 m<sup>3</sup> a.e. primaire energie nodig.

## 4.2 Provinciehuis

Het Provinciehuis dateert uit 1970 en bestaat uit drie onderlagen, de zogenaamde laagbouw, en 22 kantoorverdiepingen, het zogenaamde torengedeelte (hoogbouw). In 1994 is 'de nieuwbouw' bijgebouwd die via een loopbrug verbonden is met het oorspronkelijke gedeelte. Het vloeroppervlak van het Provinciehuis is 37.500 m<sup>2</sup>, en van de nieuwbouw 5.880 m<sup>2</sup>. In totaal zijn er 1270 medewerkers (in full time equivalents (fte)). Op basis van het aantal vrije dagen betekent dit, dat er gemiddeld in het Provinciehuis ca.1030 medewerkers aanwezig zijn.

In onderstaande tabel is het directe energiegebruik van het Provinciehuis (inclusief nieuwbouw) over de afgelopen vijf jaar weergegeven.

Tabel 4.1: Elektriciteit- en gasverbruik Provinciehuis

	Elektriciteit- verbruik (kWh)	Kosten elektriciteit (f)	Gasverbruik (m <sup>3</sup> )	Gewogen Graaddagen [Energiened]	Verbruik per graaddag	Kosten gas (f)
1996	2.992.574	458.559	712.708	3563	200.0	246.995
1997	2.904.827	697.658	644.068	3018	213.4	250.674
1998	3.114.320	670.518	609.784	2937	207.6	239.962
1999	3.518.416	744.287	627.371	2795	224.5	246.366
2000	3.535.917	875.092	533.052	2718	196.1	273.588

Aangezien er vanaf augustus 1999 tot en met december 2000 verbouwingen hebben plaatsgevonden in het Provinciehuis, kan het zijn dat de cijfers uit deze twee jaren hoger zijn dan het huidige energiegebruik. Om dit na te gaan is in onderstaande tabel het verbruik over de maanden januari tot en met maart van het jaar 2000 en 2001 weergegeven.

Tabel 4.2: Elektriciteit- en gasverbruik per maand

	Elektriciteit 2000 (kWh)	Elektriciteit 2001 (kWh)	Gas 2000 (m <sup>3</sup> /graaddag)	Gas 2001 (m <sup>3</sup> /graaddag)
Januari	351.094	334.284	184	187
Februari	282.912	311.328	209	144
Maart	306.506	367.526	188	203
<b>Totaal</b>	<b>940.512</b>	<b>1.013.138</b>	<b>Gemiddeld: 194</b>	<b>Gemiddeld: 178</b>

Uit de tabel blijkt dat er geen reden is om aan te nemen dat het energiegebruik in 2001 lager zal zijn dan in 2000. Het elektriciteitsverbruik is in deze maanden iets groter en het gasverbruik is iets lager. Het gasverbruik in februari is dan ook uitzonderlijk laag. Ik neem hier aan dat het elektriciteit- en gasverbruik in 2000 representatief zijn voor het huidige energiegebruik.

Het specifieke elektriciteitsverbruik van het Provinciehuis in 2000 is 81.5 kWh/m<sup>2</sup>. Dit is vergelijkbaar met het gemiddelde verbruik van een kantoor met een vloeroppervlak groter dan 10.000 m<sup>2</sup>; 82 kWh/m<sup>2</sup>

(Novem, 1998). 20% van dit soort kantoren heeft echter een verbruik van minder dan 36 kWh/m<sup>2</sup> (Novem, 1998). Dit betekent dat er ook gebouwen zijn met een veel lager elektriciteitsverbruik.

Het specifieke gasverbruik is 3,55 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Dit is 18% meer dan het gemiddelde gasverbruik, wat 3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> bedraagt (Novem, 1998). Ter vergelijking heeft 20% van dit soort kantoorgebouwen een verbruik dat kleiner is dan 1 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

Uit deze gegevens blijkt dat zowel het elektriciteit- als het gasverbruik vergelijkbaar zijn met het gemiddeld verbruik van een kantoor. Dit betekent tegelijk dat dit verbruik in principe nog flink gereduceerd zou kunnen worden. Als norm voor de energie-efficiency van het elektriciteit- en gasverbruik van het Provinciehuis, wordt in dit onderzoek gekozen voor de onderste 20%-grens. Dit betekent dat de energie-efficiency in 2000 respectievelijk 0,44 en 0,28 is.

Het gasverbruik is t.o.v. 1998 (voor de verbouwing) met 70.000 m<sup>3</sup> gedaald (inclusief correctie voor graaddagen). Dit heeft waarschijnlijk te maken met de installatie van elektrische boilers voor warm tapwater, verbeterde isolatie (low-in-energy glass), het gebruik maken van warmte-koudeopslag en het installeren van HR-ketels tijdens de verbouwing.

Het elektriciteitsverbruik is t.o.v. 1998 juist toegenomen met ca. 420.000 kWh (110.000 m<sup>3</sup> a.e.). Dit kan verklaard worden met het gebruik van elektrische boilers, een toename van evenementen in het weekend en een nieuwe luchtbehandelinginstallatie

Het energieverbruik is dus netto gestegen met ca. 40.000 m<sup>3</sup> a.e. na de verbouwing.

Het elektriciteitsverbruik is onder te verdelen in verlichting, kantoorapparatuur, catering, koeling, cv/lb-installatie en overig (bijvoorbeeld liften, elektrische boilers en servers). In de volgende paragraaf zal nader op deze onderdelen ingegaan worden. Ook zal het gasverbruik, het indirecte energiegebruik en het vervoer behandeld worden.

#### 4.2.1 Verlichting

Het totale elektriciteitsverbruik van de verlichting wordt in dit onderzoek geschat op 950.000 kWh per jaar. De toegepaste lampen zijn voornamelijk: PL-lampen (32%), halogeenlampen (12%) en TL-lampen (50%).

Het verlichtingsniveau in de gangen is hoog. Het geïnstalleerde vermogen is daar 23 W/m<sup>2</sup>. Volgens Energygroup limited (2001) zou dit getal voor een energiezuinig verlichtingssysteem kleiner moeten zijn dan 15 W/m<sup>2</sup>.

De kantoorverlichting (ongeveer 30% van totaal) bestaat uit vier TL-lampen (met spiegeloptiek armaturen en hoogfrequent voorschakelapparaat), met een vermogen van overwegend 58 W per werkkamer. De twee lampen aan de raamkant zijn apart te schakelen van de twee lampen aan de binnenzijde van de kamer. De twee lampen aan de raamkant zijn voorzien van een lichtsensor, waardoor deze gedimd worden afhankelijk van de lichtinval (daglichtregeling). Om energie te besparen worden zogenaamde veegpulsus toegepast om 12.30, 18.00 en 20.00. Dit betekent dat de kantoorverlichting op die tijdstippen centraal uitgeschakeld wordt.

Opvallend is dat de verlichting op alle toiletten de hele dag aanstaat, en niet handmatig uitgeschakeld kan worden. Op de benedenverdieping is een overdaad aan verlichting bij alle tentoonstellingen, schilderijen, kunstwerken, d.m.v. schijnwerpers en spotjes.

Het elektriciteitsverbruik van de verlichting bedraagt ca. 27% van het totale verbruik. In vergelijking met andere kantoorgebouwen is dit laag. In Amerika is het gemiddelde verbruik van verlichting voor kantoorgebouwen 44% van het totale verbruik (DOE, 1995). Uit een onderzoek van ECN (1997) blijkt dat dit percentage 35 is voor kantoorgebouwen in Nederland. Het verbruik bij de Provincie is waarschijnlijk lager omdat er veel PL-lampen gebruikt worden, die een groot lichtrendement hebben. Desondanks geven bovenstaande waarnemingen aan, dat dit verbruik nog verder omlaag kan.

#### 4.2.2 Kantoorapparatuur

Het totale verbruik van de kantoorapparatuur wordt geschat op 405.000 kWh per jaar. Met energiegebruikende kantoorapparatuur wordt bedoeld: alle copieerapparaten/printers, scanners, plotters, faxen, telefoons en computers. Het geschatte elektriciteitsverbruik van deze apparatuur is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.3: elektriciteitsverbruik kantoorapparatuur per jaar

Copieerapparaten/printers	155.000 kWh
Scanner, plotters en faxen	20.000 kWh
Telefoons	57 kWh
Computers	230.000 kWh

Het verbruik van de bovengenoemde kantoorapparatuur is 11.5 % van het totale elektriciteitsverbruik van het Provinciehuis.

#### 4.2.3 Catering

De catering is in het Provinciehuis uitbesteed. Het elektriciteitsverbruik van de catering is berekend op basis van het opgenomen vermogen van de apparatuur en de opgegeven bedrijfstijd door de catering<sup>7</sup>. Het elektriciteitsverbruik wordt op basis hiervan geschat op 250.000 kWh per jaar (zie onderstaande tabel).

Tabel 4.4: elektriciteitsverbruik catering

	(kWh/jaar)
Koeling	45.000
Afwasmachines	20.000
Oven	10.000
Kookplaten en frituur	40.000
Koffieautomaten en -containers	100.000
Waterchillers	15.000
Overig	30.000
<b>Totaal</b>	<b>250.000</b>

De kolom overige in de tabel bestaat uit onder anderen de magnetron, snijmachines en warmhoudende bakken, vitrines en lampen in het restaurant.

De catering gebruikt overwegend kopjes, en geen plastic bekertjes voor dranken. Bij de meeste koffieautomaten worden de kopjes in het rek voorverwarmd. Ook worden de borden in de kantine voorverwarmd.

#### 4.2.4 Overig elektriciteitsverbruik

Het overige elektriciteitsverbruik bestaat uit luchtbehandeling, koeling, liften, automatisering en elektrische boilers. Het geschatte verbruik van deze onderdelen is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.5: elektriciteitsverbruik netwerkapparatuur

	kWh/jaar
Netwerkapparatuur (incl. koeling)	195.000
Elektrische boilers	85.000
Liften	50.000
Luchtbevochtiging	460.000
Ventilatie en koeling	1130.000

<sup>7</sup> Met dank aan Eugene Zon, catering manager.

Sinds de renovatie wordt er geen warm tapwater meer omhoog gepompt in de toren. Dit omdat er een groot warmteverlies in de leidingen was. Overal zijn nu (ook in de laagbouw en nieuwbouw) elektrische boilers geïnstalleerd.

In het gebouw vindt mechanische ventilatie plaats. Per kamer wordt de lucht afgezogen bij de armaturen van de verlichting. Zowel bij de nieuwbouw als bij de hoogbouw wordt warmte-koude opslag toegepast. Hiermee wordt de inblaaslucht in de winter voorverwarmd en in de zomer gekoeld (top koeling). In de winter kan ook de naverwarmer in actie komen. Bij het inschakelen van de luchtbehandelinginstallatie (lbh-installatie) wordt volledige recirculatie van de inblaaslucht toegepast. Er zijn dan nog geen medewerkers aanwezig. Overdag vindt er geen recirculatie plaats, omdat er volgens de Technische Dienst anders niet voldoende verse lucht is.

In de nieuwbouw is een luchtbevochtiginginstallatie geïnstalleerd, die werkt op stoom. Deze installatie gebruikt veel energie. De technische dienst schat het energiegebruik op 460.000 kWh per jaar. Er wordt bekeken of deze installatie wellicht vervangen kan worden.

Zowel de PC-ruimte, het restaurant als de patio (waar een kantoortuin in gevestigd is) worden gekoeld met drie koelmachines. Het geïnstalleerde koelvermogen is ca. 85 kW.

Zowel de drukkerij als het archief hebben een separate lbh-installatie. Het archief wordt tevens door deze installatie bevochtigd tot 45% en continu (24 uur per dag) op een temperatuur van 18°C gehouden.

Voor het elektriciteitsverbruik van de koeling en ventilatie rest een som van 1.130.000 kWh. Dit bedrag komt overeen met de schatting van DOE (1995) dat 35% het elektriciteitsverbruik in een kantoorgebouw gemiddeld gebruikt wordt voor koeling en ventilatie. Dit verbruik is dan verdeeld over koeling, ventilatie en de pompen van de cv/lbh-installatie. Volgens DOE (1995) verbruiken de pompen 6% van het totale elektriciteitsverbruik. Dit zou hier 70.000 kWh zijn.

#### **4.2.5 Gasverbruik**

Voor de verwarming worden twee HR-ketels en een VR-ketel (voor de pieklast) gebruikt. Deze drie ketels zijn geïnstalleerd bij de renovatie. Voor het regelen van de verwarming wordt gebruik gemaakt van OSS (Optimal Start Stop). Dit betekent dat het systeem zelf bepaalt wanneer de ketel ingeschakeld moet worden om het gebouw op tijd op temperatuur te brengen. Het geïnstalleerde thermisch vermogen is 5500 kW. Er is gekozen voor een VR-ketel omdat deze ook olie als brandstof kan verbruiken. In noodgevallen kan zo toch warmte geleverd worden. Voor dit doel is 5000 liter olie opgeslagen, wat voldoende is voor één dag.

's Nachts wordt de thermostaat ingesteld op 13 °C. Het gebouw koelt echter weinig af gedurende de nacht.

De ramen van de hoogbouw zijn tijdens de renovatie vervangen door Low-Energy-glas (vergelijkbaar met HR++glas). In de laagbouw is echter nog steeds enkel glas aanwezig.

In de grote ontvangstzaal is vloerverwarming geïnstalleerd (temperatuur is maximaal 28 °C). Deze is de gehele winter in werking, om de hal te verwarmen.

Op de verwarmingspanelen in de kantoorvertrekken zijn thermostatische radiatorcransen geplaatst, twee per kamer. Zo kan de temperatuur per vertrek door de medewerkers zelf geregeld worden. Opvallend is dat veel medewerkers de convectorverwarming vol hebben liggen met allerlei papieren en mappen. In veel gevallen is de hele verwarming bedekt en kan er geen lucht meer bij de verwarming komen. Dit heeft waarschijnlijk te maken met een gebrek aan opbergruimte, of een slechte voorlichting over de werking van de verwarming.

De temperatuur in de gangen en werkkamers is hoog te noemen. Deze varieert van 22 tot 23 °C.

#### **4.2.6 Indirect energiegebruik**

Het indirecte energiegebruik in het Provinciehuis betreft o.a. de energie die nodig is om verschillende kantoorartikelen (papier, pennen, computers) te produceren. Er is bijvoorbeeld tussen de 120 en 300 kWh nodig om een computer te maken (NEC, 1999). Als de levensduur van een computer vier jaar is, betekent

dit dat het indirecte energiegebruik per jaar tussen de 40.000 en 100.000 kWh ligt (bij 1335 computers in het Provinciehuis). Er wordt aangenomen dat het indirecte energiegebruik van de consumptie van computers 70.000 kWh per jaar is.

#### *Papier*

Het totale papierverbruik op print/kopieerapparaten in het jaar 2000 is vergelijkbaar met 35.000.000<sup>8</sup> vel papier op A4 formaat. Per medewerker is dit gemiddeld 27.560 vel papier per jaar. Dit getal is erg hoog. Het gemiddeld papierverbruik in kantoren bedraagt namelijk 12.000 vel per medewerker (PMA, 2001b). Ook in vergelijking met het jaar 1996 is dit getal hoog. Het totale papierverbruik was toen 16.000.000 vel in totaal en per medewerker 14.500 vel. Dit betekent dat het papierverbruik in vier jaar tijd is verdubbeld. 35.000.000 vel papier komt overeen met 163 ton papier. Het indirecte energiegebruik dat ontstaat bij de productie hiervan is ca. 100.000 kWh elektriciteit en 80.000 m<sup>3</sup> aardgas (Crown van Gelder, 1998). Indien deze energie opgewekt wordt met een warmtekrachtkoppeling is de CO<sub>2</sub>-uitstoot 140 ton per jaar. De productie van papier leidt daarnaast tot een aanzienlijk gebruik van water, dat op kan lopen van 1.500 tot 2.500 m<sup>3</sup> per jaar.

#### *Plastic bekertjes*

Een ander indirect energiegebruik ontstaat bij het gebruik van plastic bekertjes. Er worden echter alleen plastic bekertjes gebruikt voor de waterchiller, op de afdelingen, en in de kantine. Bij alle koffieautomaten worden kopjes en ijzeren lepeltjes gebruikt. Omdat het verbruik van plastic bekertjes hierdoor beperkt is, zal dit verder niet in beschouwing genomen worden.

#### *Water*

Verder leidt het verbruik van water tot een indirect energiegebruik. Het waterverbruik was in het jaar 2000 11.365 m<sup>3</sup>. Per medewerker komt dit overeen met 24 liter per dag. Dit is onder de referentiewaarde van 48 liter per dag die Linden en Broek (2000) hanteren. Dit komt waarschijnlijk doordat de toiletten sinds de renovatie gespoeld worden met vijfverwater.

Het indirecte energiegebruik dat bij het waterverbruik ontstaat is 5.000 kWh elektriciteit (NVWOB, 2001). Dit is een stuk lager dan het indirecte energiegebruik van papier.

#### *Internet*

Misschien minder voor de hand liggend, maar ook het gebruik maken van internet leidt tot een indirect energiegebruik (Mills, 1999). Er wordt namelijk niet alleen elektriciteit verbruikt door de eigen computer maar ook door de server waarop de webpagina staat die bekeken wordt, de server die een gestuurde e-mail ontvangt en de tussenliggende netwerkapparatuur (routers, switches, hubs etc.). Het indirecte elektriciteitsverbruik hierbij is echter zeer moeilijk in te schatten en wordt hier daarom niet berekend. Wel is het goed om de ontwikkelingen op dit vlak in de gaten te houden.

Het geschatte indirecte energiegebruik is dan in totaal 175.000 kWh elektriciteit en 80.000 m<sup>3</sup> gas (in totaal 125.000 m<sup>3</sup> a.e.). Dit is alleen het indirecte energiegebruik dat hier berekend is en niet het werkelijke indirecte energiegebruik.

### **4.2.7 Vervoer**

Vervoer bij het Provinciehuis betreft het woon-werkverkeer en de dienstreizen die gemaakt worden.

Voor het berekenen van het aantal gereden kilometers bij woon-werkverkeer wordt de tabel in bijlage 2 (b2.6) gebruikt. Er blijkt dat 29% van de medewerkers met de fiets naar het werk komt, 12% met het openbaar vervoer, 15% gebruik maakt van carpoolen en 44% alleen met de auto komt. Deze cijfers zijn afkomstig uit 1999, en worden in combinatie met het huidige aantal medewerkers (1270 fte, waarvan 1030 gemiddeld per dag naar het Provinciehuis komen) gebruikt om een schatting te maken van het aantal gereden kilometers in 2000.

Op basis van deze gegevens is het totaal aantal gereden kilometer woon-werkverkeer met de auto 3,6 miljoen per jaar en met het openbaar vervoer 0,7 miljoen per jaar.

---

<sup>8</sup> Volgens Johan Blatter, afdeling Facilitaire Voorzieningen.

Het totaal aantal gereden kilometer met de auto voor dienstreizen was in 1999 2,6 miljoen per jaar (Provincie Noord-Brabant, 2000b). Het vervoer door dienstreizen en woon-werkverkeer samen leidt tot een brandstofverbruik van ca. 500.000 liter per jaar (voor gebruikte getallen, zie bijlage 2). De totale CO<sub>2</sub>-uitstoot die hierbij ontstaat is 1176 ton per jaar.

Op 1 februari 2001 is een nieuw vervoersplan in werking getreden. Dit plan stimuleert carpoolen en het gebruik maken van een huurauto bij dienstreizen. Om het gebruik van de fiets te stimuleren is er een fietsenmaker aanwezig, die fietsen tegen kostprijs repareert.

#### 4.2.8 Duurzame energie

Op dit moment wordt er voor het Provinciehuis groene stroom ingekocht. Er wordt niet zelf duurzame energie opgewekt.

#### 4.2.9 Conclusie

De energie-efficiency van het Provinciehuis is 0,44 bij het elektriciteitsverbruik en 0,28 bij het gasverbruik. Het elektriciteitsverbruik is sinds de verbouwing toegenomen met 13%, terwijl het gasverbruik afgenomen is met iets minder dan 13%. Dit betekent een toename van het energiegebruik van 40.000 m<sup>3</sup> a.e. ten opzichte van 1998.

In onderstaande tabel is de energiebalans van het Provinciehuis weergegeven.

Tabel 4.6: energiebalans Provinciehuis.

		X 1000 m <sup>3</sup> a.e.	%
Elektriciteit	Verlichting	247	12
	Kantoorapparatuur	105	5
	Catering	65	3
	Automatisering	51	2
	Ventilatie en koeling	294	14
	Luchtbevochtiging	120	6
	Overig	38	2
<b>Gas</b>	Gasverbruik	533	26
<b>Indirect energiegebruik</b>	Computers	18	1
	Papier	106	5
	Water	5	<1
<b>Vervoer</b>	Dienstreizen	203	10
	Woon-werkverkeer	290	14
<b>Totaal</b>		<b>2075</b>	<b>100</b>

Uit de tabel blijkt, dat verlichting, ventilatie, koeling, het gasverbruik en vervoer een groot energiegebruik hebben. Samen zijn zij verantwoordelijk voor 74% van het energiegebruik. Daarnaast gebruikt de kantoorapparatuur, luchtbevochtiging en het indirecte energiegebruik nog een aanzienlijke hoeveelheid energie (in totaal 17%).

De CO<sub>2</sub>-emissie die vrijkomt bij het directe energiegebruik is 4.152 ton. 2.212 hiervan komt vrij bij elektriciteitsproductie, 880 bij het vervoer en 1.050 bij het gasverbruik. Het indirecte energiegebruik zorgt daarnaast voor een CO<sub>2</sub>-emissie van 270 ton.



## 4.3 Infrastructuur

De infrastructuur van de Provincie bestaat uit een uitgestrekt wegennet met een lengte van ongeveer 650 kilometer. Dagelijks werken er bijna honderd medewerkers aan het beheer en onderhoud van de wegeninfrastructuur. Deze bestaat uit rijbanen, fietspaden, bruggen, viaducten, en verkeersvoorzieningen zoals verkeersregelinstallaties, verlichting, groenvoorzieningen en parkeer- en carpoolplaatsen. De vervangingswaarde van deze wegeninfrastructuur is ruim 2,6 miljard gulden. De omzet van het beheer, onderhoud en exploitatie bedraagt ongeveer 60 miljoen gulden per jaar.

De volgende onderdelen van de infrastructuur van de Provincie Noord-Brabant verbruiken elektriciteit:

- Verlichting
- Verkeersregelinstallaties (VRI's)
- Elektronische Snelheidsbeheersingsystemen (ESB-apparatuur)
- Pompinstallaties
- Bruggen

In onderstaande tabel is het geschatte elektriciteitsverbruik in 2000 en 1999 per onderdeel weergegeven.

Tabel 4.7: elektriciteitsverbruik infrastructuur

	Elektriciteit (kWh) 2000	Elektriciteit (kWh) 1999
<b>VRI</b>	1.400.000	1.370.000
<b>Verlichting</b>	2.850.000	2.770.000
<b>ESB</b>	10.000	10.000
<b>Pompen</b>	20.000	20.000
<b>Bascule brug</b>	2.513	2.053
<b>Totaal</b>	<b>4.294.017</b>	<b>4.170601</b>

De totale uitgave aan elektriciteit waren in 1999: f804.500 en in 2000: f954.685.

Het energiegebruik dat ontstaat bij de renovatie en nieuwbouw van wegen wordt niet meegenomen. Deze activiteiten worden namelijk aanbesteed, waardoor er beperkt invloed op het energiegebruik uit te oefenen is. Er kunnen wel eisen gesteld worden aan de aannemer op dit gebied. Hier wordt in dit onderzoek geen aandacht aan besteed, maar het is wellicht wel interessant om hier rekening mee te houden bij de aanbestedingsprocedure.

De gegevens in de paragrafen 4.3.1 t/m 4.3.3 zijn zowel gebaseerd op energierekeningen als op berekeningen<sup>9</sup>.

### 4.3.1 Verkeersregelinstallaties (VRI's)

Op de provinciale wegen zijn in totaal 82 verkeersregelinstallaties werkzaam. In de afgelopen jaren zijn een aantal van deze installaties vervangen door rotondes uit verkeersveiligheidsoverwegingen. Desondanks is het aantal VRI's met 4 uitgebreid. De technische levensduur van een VRI bedraagt 12 tot 15 jaar. Dit betekent dat er per jaar gemiddeld vijf vervangen moeten worden. Voor de jaren 2000 tot en met 2002 is in de vervanging van totaal 18 VRI's voorzien (GS van Noord-Brabant, 2000b).

Het elektriciteitsverbruik van een VRI loopt uiteen van 800 W tot meer dan 3000 W. Het gemiddelde verbruik is ongeveer 2000 W en het aantal branduren van alle VRI's samen is 1926 uur per dag. De toegepaste lampen zijn voornamelijk halogeenlampen (80%) en gloeilampen (iets minder dan 20%). Verder worden er nog enige kryptonlampen gebruikt. De meest voorkomende vermogens van de lampen zijn 35, 50, 75 en 100 W. Een VRI verbruikt gemiddeld 17.000 kWh per jaar.

<sup>9</sup> Berekeningen op basis van getallen van Rob de Jong en Peter Maas, afdeling Infrastructuur.

### 4.3.2 Openbare verlichting

Langs de provinciale wegen staan in totaal bijna 5000 lichtmasten opgesteld. De levensduur van een lichtmast bedraagt ongeveer 30 jaar. Omdat sinds eind jaren zestig grootschalige verlichtingsprojecten zijn aangelegd, zullen vanaf volgend jaar de lichtmasten een voor een vervangen moeten worden. Er wordt vanuit gegaan dat er jaarlijks acht verlichtingsprojecten moeten worden gerenoveerd. Een project betreft gemiddeld 20 masten (GS Noord-Brabant, 2000b).

De lampen die gebruikt worden bij de verlichting van de provinciale wegen zijn voornamelijk lagedruk natriumlampen type SOX (80%) en hogedruk natriumlampen type SON (20%). Het laatste type wordt onder andere gebruikt bij rotondes, vanwege de betere kleurweergave van deze lampen. Het totaal aantal branduren van een lamp per mast bedraagt 4200 uur per jaar en het verbruik is gemiddeld 118 W per lamp (inclusief voorschakelapparaat). In totaal worden er bij de verlichting 5757 lampen gebruikt.

### 4.3.3 Pompen, elektronische snelheidsbeheersingsystemen (ESB) en brug

De overige energiegebruikers bij de infrastructuur zijn pompinstallaties (in totaal 7 stuks), elektronische snelheidsbeheersingsystemen (10 stuks) en een beweegbare brug (bascule brug). Het geschatte energiegebruik van deze onderdelen is weergegeven in tabel 3.2. De schattingen zijn gebaseerd op energierekeningen. Het energiegebruik van de pompinstallaties loopt sterk uiteen. Het vermogen van de pompen varieert van 1,3 tot 3,1 kW en het verbruik van ongeveer 150 kWh tot meer dan 5000 kWh per jaar.

### 4.3.4 Duurzame energie

Er wordt op dit moment geen groene stroom ingekocht voor de infrastructuur. Ook worden er weinig andere mogelijkheden voor duurzame energie benut. Er zou bijvoorbeeld gedacht kunnen worden aan:

- De toepassing van zonnecellen bij openbare verlichting of op geluidsschermen
- Energie uit asfalt
- Windmolens
- Energie uit biomassa

Wel worden er bij sommige telmachines zonnecellen gebruikt voor de stroomlevering. Hierbij gaat het echter om zeer kleine vermogens.

### 4.3.5 Conclusie

Het totale elektriciteitsverbruik van de infrastructuur bedraagt bijna 4,3 miljoen kWh. De CO<sub>2</sub>-uitstoot die ontstaat bij de opwekking ervan is 2.686 ton. De openbare verlichting is in 2000 verantwoordelijk voor 66% van het elektriciteitsverbruik, en de VRI's voor 33%. Slechts 1% wordt verbruikt door de pompen, elektronische snelheidsbeheersingsystemen en de brug. Mogelijkheden voor energiebesparing zijn dus met name te vinden bij de typen gebruikte lampen (en armaturen en voorschakelapparatuur) van de verlichting en VRI's. Hierbij kan niet gesleuteld worden aan het lichtintensiteitsniveau, omdat dit wettelijk bepaald is. Er zal dan gezocht moeten worden naar een type lamp met een groter lichtrendement (aantal lumen (lm) per Watt). In bijlage 3 is het lichtrendement voor verschillende typen lampen weergegeven. Het gemiddelde lichtrendement bij de openbare verlichting is nu 136 lm/W en bij de VRI's 13 lm/W. Het theoretisch maximale lichtrendement ligt tussen de 809 en 1.205 lm/W (Lugt, 2000). Deze waarden zijn afgeleid van de stralingswet van Planck en zijn afhankelijk van de luminantie (cd/m<sup>2</sup>). Als norm voor de energie-efficiency wordt hier gekozen voor 809 lm/W. Het minimale energiegebruik van de openbare verlichting en de VRI's is op basis van deze waarde respectievelijk 479.000 en 22.500 kWh per jaar. Alle factoren die hierbij een rol spelen, zoals het aantal branduren en het aantal lm, worden hierbij als constant verondersteld, zodat alleen het gevraagde elektrische vermogen verandert. De energie-efficiency is respectievelijk 0,17 en 0,02.

De energie-efficiency van de openbare verlichting is veel hoger dan die van de VRI's. Dit komt doordat bij de verkeerslichten voornamelijk halogeenlampen en gloeilampen gebruikt worden, die een laag lichtrendement hebben.

Het specifieke elektriciteitsverbruik is op dit moment bij de infrastructuur 6.600 kWh/km weg. Het theoretisch minimale specifieke elektriciteitsverbruik is 820 kWh/km weg. Dit betekent dat de energie-efficiency van de infrastructuur in zijn geheel 0,12 is.

#### 4.4 Districtskantoren en steunpunten

Het beheer, onderhoud en de exploitatie van de provinciale wegen wordt verzorgd door drie districten: Noord-Oost, Zuid-Oost en West. Elk district is onderverdeeld in vier rayons. In elk rayon bevindt zich een steunpunt. De hoofdfunctie van een steunpunt is de opslag van gladheidbestrijdingsmaterieel, zout en ander wegebouwkundig materieel. Daarnaast beschikt elk steunpunt over een kantoorruimte, waar administratieve handelingen verricht worden (GS Noord-Brabant, 2000b).

De medewerkers van de steunpunten (in totaal 51 fte) worden kantonniers genoemd. De taken van hen zijn onder andere: het toezicht houden op en inspecteren van wegen, gladheidbestrijding en het verrichten van onderhoud.

De taken die uitgevoerd worden op de districtskantoren zijn (18 fte): het aansturen van werkzaamheden betreffende het beheer en onderhoud van de provinciale wegen en het afhandelen van de administratieve werkzaamheden van het district.

De lokale wegen, die op dit moment in beheer van de Provincie zijn, zullen in de komende 30 jaar overgedragen worden naar gemeenten. Dit betreft ca. 300 kilometer weg.

Binnen de Provincie loopt het project districten 2000+. Hierbij vindt een brede heroriëntatie plaats van de werkwijze van de districten en de toedeling van taken aan de verschillende bureaus van de afdeling infrastructuur (GS Noord-Brabant, 2000b). Bij de reorganisatie zal het aantal medewerkers bij de steunpunten afnemen van 12 naar 8 per district. Het aantal medewerkers bij de districtkantoren zal toenemen.

Het elektriciteit-, gas-en waterverbruik van de districtskantoren en steunpunten is weergegeven in bijlage 4. Het totale energiegebruik is 155.904 kWh elektriciteit, 54.783 m<sup>3</sup> aardgas en 77.300 m<sup>3</sup> a.e. transportbrandstof in 2000.

Een korte beschrijving van de drie districtskantoren is te vinden in bijlage 4.

##### 4.4.1 Districtskantoren

Het specifieke elektriciteitsverbruik van het districtskantoor Noord-Oost is 35.4 kWh/m<sup>2</sup>. Dit is 50% minder dan het gemiddelde verbruik van een kantoor met een vloeroppervlak kleiner dan 1.000 m<sup>2</sup>; 72 kWh/m<sup>2</sup> (Novem, 1998). Dit komt waarschijnlijk omdat het oppervlak relatief groot is voor zeven werknemers. Het specifieke gasverbruik is 3,6 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Dit is 28% minder dan het gemiddelde gasverbruik, wat 5 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> bedraagt (Novem, 1998). 20% van de kantoorgebouwen heeft een verbruik dat kleiner is dan 3 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Voor het bepalen van de energie-efficiency wordt weer de onderste 20% grens gebruikt. Hierdoor wordt de energie-efficiency van het elektriciteit- en gasverbruik respectievelijk 1 en 0.83.

Het specifieke elektriciteitsverbruik van het districtskantoor Zuid-Oost is 64.3 kWh/m<sup>2</sup>. Dit is 12% minder dan het gemiddelde verbruik van een kantoor. 20% van dit soort kantoren heeft echter een verbruik van minder dan 46 kWh/m (Novem, 1998). Het specifieke gasverbruik is 2,8 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>. Dit is 45% minder dan het gemiddelde gasverbruik, wat betekent dat het aardgasverbruik waarschijnlijk weinig gereduceerd kan worden. Voor het bepalen van de energie-efficiency wordt weer de onderste 20% grens gebruikt. Hierdoor wordt de energie-efficiency van het elektriciteit-en gasverbruik respectievelijk 0.72 en 1.

Districtskantoor West en rayon 1 maken gebruik van dezelfde elektriciteitsaansluiting. Hierdoor is het niet duidelijk wat het verbruik is van het districtskantoor en het steunpunt en kan de energie-efficiency van het districtskantoor en het steunpunt niet bepaald worden.

#### 4.4.2 Steunpunten

Het energiegebruik van de steunpunten varieert sterk, namelijk van 2800 tot 8500 m<sup>3</sup> a.e. per jaar. Dit is opmerkelijk, omdat de steunpunten vrijwel allemaal vergelijkbaar zijn qua oppervlakte (ca. 270 m<sup>2</sup>) en inrichting. Rayon 2 van district West (steunpunt Zundert) vormt hierop een uitzondering. Dit steunpunt is na een wegoverdracht van het Rijk overgenomen en is sterk verouderd. Het voldoet niet aan de huidige eisen, waardoor het zal moeten worden herbouwd of komen te vervallen.

De verschillen tussen de steunpunten kunnen verklaard worden door:

- Verschillende apparatuur voor zoutopslag en – verplaatsing. Dit heeft invloed op het elektriciteitsverbruik.
- Het type CV-ketel. Het gasverbruik wordt bepaald door het type verwarmingsketel(s) en het stookgedrag.

Ook andere redenen kunnen aan de verschillen ten grondslag liggen. Zo strooien sommigen steunpunten in de winter niet alleen de eigen wegen maar ook wegen van de gemeenten waarin het steunpunt ligt.

Het energiegebruik van de steunpunten kan niet vergeleken worden met een kantoor, omdat slechts een klein gedeelte ervan een kantoorfunctie heeft. De rest wordt gebruikt als ruimte voor opslag en magazijn. Als norm voor de energie-efficiency wordt gekozen voor het laagste energiegebruik van een steunpunt in 2000. De gedachte hierachter is dat deze waarden in principe voor elk steunpunt haalbaar zouden moeten zijn. Voor elektriciteit is het laagste verbruik 2695 kWh en voor gas 1729 m<sup>3</sup>. Het gemiddelde verbruik was in 2000 respectievelijk 8900 kWh en 4092 m<sup>3</sup> gas. Dit betekent dat energie-efficiency van de steunpunten voor elektriciteit 0.30 en voor gas 0.42 is. Uitgedrukt in m<sup>3</sup> a.e. is de energie-efficiency 0.38.

#### 4.4.3 Vervoer

Voor het onderhoud aan de wegen staan 36 bedrijfsauto's ter beschikking. Deze auto's worden intensief gebruikt bij de toezicht- en inspectietaken, waaronder de visuele inspectie van alle provinciale wegen die driemaal per week plaatsvindt. Het wagenpark bestaat voor een groot deel (26 stuks) uit Volkswagen Transporters met dubbele cabine een open laadbak. In 1999 is een omschakeling van het wagenpark ingezet. Door het wegvallen van bepaalde taken is een laadbak bij de bedrijfsauto's overbodig geworden. Er komt namelijk in toenemende mate een accent te liggen op activiteiten in het kader van toezicht, inspectie en monitoring. Hierdoor is er gekozen voor nieuwe bedrijfsauto's, de Galloper 2.5 TCI. In 1999 zijn 10 Gallopers aangeschaft (GS van Noord-Brabant, 2000b).

De energie-efficiency van de Galloper is ongunstig te noemen. Volgens HNR (2001) verbruikt de auto ruim 30% meer benzine dan auto's van vergelijkbare grootte. De vervanging van Volkswagens door Gallopers, zorgt voor een toename van het brandstofverbruik met 25%.

Het totaal aantal gereden kilometers in het jaar 2000 is 934.613 en in 1999 923.820. Dit komt overeen met ongeveer 83.000 liter dieselolie en 222 ton CO<sub>2</sub>-emissie per jaar (HNR, 2001).

Bij het maken van een schatting van het woon-werkverkeer, wordt ervan uitgegaan dat het aantal liter per medewerker hetzelfde is als bij het Provinciehuis. Dit betekent dat er bij het woon-werkverkeer 7.000 m<sup>3</sup> a.e. verbruikt wordt.

#### 4.4.4 Conclusie

Het totale energiegebruik van de districtskantoren en steunpunten is in vergelijking met het Provinciehuis en de infrastructuur laag. De CO<sub>2</sub>-emissie die ermee gepaard gaat is in totaal 445 ton. Hiervan komt 240 ton vrij bij het vervoer, 108 ton bij het gasverbruik en 98 ton bij het elektriciteitsverbruik. Met name het onderhoud aan de wegen leidt tot een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-emissie, van 222 ton. Het energiegebruik van het districtskantoor Zuid-Oost en Noord-Oost is in vergelijking met gemiddelde kantoren laag. De energie-efficiency is daardoor vrij hoog (0.72 tot 1). De energie-efficiency van de steunpunten is lager (0.38). Dit komt omdat er grote verschillen in het energiegebruik van de steunpunten zijn.

## 4.5 Historische context

Er is bij de Provincie Noord-Brabant in het verleden niet structureel aandacht besteed aan energiebesparing. Wel zijn er losse acties ondernomen om besparingen te realiseren.

Een voorbeeld hiervan is de actie: blad voor blad, is die bedoeld was om het papierverbruik met 10% te reduceren. Deze actie liep van 1997 tot 1998. Het papierverbruik is echter tussen 1996 en 2000 fors gestegen.

Een ander voorbeeld is het vervoersplan dat in januari 2001 is ingevoerd. Het doel hiervan is om het reizen met het openbaar vervoer of de fiets en carpoolen te stimuleren.

Verder worden er energiebesparingsmaatregelen genomen bij nieuwbouw en renovatie. In 1994 is de nieuwbouw opgeleverd. Deze maakt gebruik van warmte-koudeopslag in de bodem. In 1999 en 2000 is het Provinciehuis gerenoveerd. Hierbij zijn de gevels beter geïsoleerd, is eveneens warmte-koudeopslag in de bodem toegepast en sindsdien worden toiletten gespeld met vijverwater.

Bij de districtskantoren en steunpunten is energiebesparing slechts beperkt gestimuleerd in het verleden. Zo is enkele jaren geleden een milieulogboek ingevoerd bij de steunpunten. Deze gegevens worden echter nog niet gebruikt voor het reduceren van het energiegebruik.

## 4.6 Conclusie

Het totale energiegebruik en de bijbehorende CO<sub>2</sub>-emissie is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4.8: het energiegebruik in 2000 van de Provincie Noord-Brabant.

		Direct en indirect Energiegebruik	Primair energiegebruik (m <sup>3</sup> a.e.)	Specifiek energiegebruik (m <sup>3</sup> a.e.)	Energie-efficiency (%)	CO <sub>2</sub> -emissie (ton)	CO <sub>2</sub> -emissie (%)
Infrastructuur	Elektriciteit	4.294.017 kWh	1.116.444	1718	12	2686	34,3
<i>Subtotaal Infrastructuur</i>			1.116.444		12	2686	34,3
Provinciehuis	Elektriciteit	3.535.917 kWh	919.338	21	44	2212	28,2
	Gas	533.052 m <sup>3</sup>	533.052	3,55	31	1050	13,4
	Indirect	175.000 kWh 80.000 m <sup>3</sup> gas	125.500	98		272	3,5
	Vervoer	500.000 Liter brandstof 90.000 kWh openbaar vervoer	493.000	388		1176	15,0
<i>Subtotaal Provinciehuis</i>			2.070.890			4710	60,0
Districtskantoren en steunpunten	Elektriciteit	155.904 kWh	40.535	37,6	30	98	1,2
	Gas	54.783 m <sup>3</sup>	54.783	3,7	42	108	1,4
	Vervoer	83.000 liter dieselolie 8.800 liter brandstof	77.300	119 128		239	3,0
<i>Subtotaal DK + SP</i>			172.618			445	5,6
<b>Totaal</b>			<b>3.359.952</b>			<b>7841</b>	<b>100</b>

Het energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant is in 2000 3,36 miljoen m<sup>3</sup> a.e.. Dit komt overeen met een CO<sub>2</sub>-emissie van 7840 ton per jaar. Hieraan draagt het Provinciehuis voor 60% bij, de infrastructuur voor 35% en de districtskantoren en steunpunten voor 6%.

Het energiegebruik van het Provinciehuis is vergelijkbaar met dat van een gemiddeld kantoor. Hieruit blijkt dat er bij het Provinciehuis geen sprake is van een voorbeeldfunctie. Ook met betrekking tot duurzame energie wordt, behalve door de aankoop van groene stroom, geen voorbeeldfunctie uitgeoefend. Mogelijkheden voor energiebesparing blijken vooral te bestaan bij het papierverbruik, de verlichting, het gasverbruik en het vervoer. Zo is het papierverbruik de afgelopen jaren flink gestegen en in vergelijking met andere kantoren zeer hoog. Ook is gebleken dat het verlichtingssysteem niet optimaal is. Het gasverbruik van het Provinciehuis is vrij hoog. Namelijk 18% groter dan het verbruik van een gemiddeld kantoor. Dit kan mede te maken hebben met de vorm van het gebouw. Doordat het gebouw lang en rechthoekig is, is de verhouding van het verliesoppervlak ten opzichte van de inhoud groot. Bovendien is de temperatuur in de winter hoog en is de laagbouw nog voorzien van enkel glas. Een belangrijke besparingsmogelijkheid is verder het vervoer bij het Provinciehuis. Dit draagt in totaal bij aan 17% van het energiegebruik.

Op het energiegebruik van de catering is beperkt invloed uit te oefenen, omdat de catering uitbesteed is. Wel kunnen er dan eisen gesteld worden aan de catering met betrekking tot het energiegebruik. De luchtbehandelingsinstallatie is bij de renovatie vernieuwd. Dit betekent dat deze de komende 30 jaar waarschijnlijk niet vervangen zal worden. Hetzelfde geldt voor de drie verwarmingsketels. Voor de luchtbevochtiging in de nieuwbouw moet een alternatief gevonden worden. Het energiegebruik van deze installatie is erg hoog. Het indirecte energiegebruik dat ontstaat bij het waterverbruik is relatief laag, namelijk minder dan 1% van het totale energiegebruik.

Bij de infrastructuur blijkt het energiegebruik vooral te bestaan uit elektriciteitslevering aan openbare verlichting en VRI's. Verder blijkt dat VRI's een lagere energie-efficiency hebben dan de openbare verlichting. Dit komt omdat bij de VRI's veel lampen met een laag lichtrendement toegepast worden, zoals gloeilampen en halogeenlampen. Er wordt daarom verwacht dat er vooral bij de VRI's veel energie bespaard kan worden.

In vergelijking met de infrastructuur en het Provinciehuis is het energiegebruik van de districtskantoren en steunpunten laag. De grootste post bedraagt hierbij het onderhoud aan de wegen. Een mogelijkheid voor energiebesparing is daarom het aanschaffen van auto's met een grotere energie-efficiency. Opvallend is dat het energiegebruik van de steunpunten sterk varieert. Dit betekent dat bij een aantal steunpunten het energiegebruik wellicht nog flink gereduceerd zal kunnen worden. Het energiegebruik van de drie districtskantoren is ongeveer even groot en in vergelijking met andere kantoren laag. Ook is de schatting van het energiegebruik door woon-werkverkeer laag. Sommige districtskantoren en steunpunten zijn daarnaast moeilijk bereikbaar met het openbaar vervoer. Dit betekent dat de stimulering hiervan weinig zin heeft.

## 5. Confrontatie huidige situatie met doelstellingen energiebeleid

Het doel van dit hoofdstuk is het vertalen van de doelstellingen van het provinciale energiebeleid naar de huidige situatie. Hierbij zal een 0-situatie en een 1-situatie behandeld worden. De 0-situatie is het jaar 2000 en de 1-situatie is het jaar 2010. Er zal besproken worden welke restricties de doelstellingen opleggen aan het toekomstige energiegebruik van de gebouwen en de infrastructuur van de Provincie Noord-Brabant.

### 5.1 De huidige situatie (0-situatie)

Het totale primaire energiegebruik van de Provincie is 3.360.000 m<sup>3</sup> a.e. in het jaar 2000. Dit leidt tot een CO<sub>2</sub>-emissie van 7.840 ton per jaar.

Het specifieke energiegebruik staat weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 5.1: Specifiek energiegebruik 0-situatie

	Specifiek energiegebruik in 2000 (m <sup>3</sup> a.e./eenheid <sup>10</sup> )
Elektriciteit infrastructuur en onderhoud (per km)	1824
Elektriciteit gebouwen (per m <sup>2</sup> )	20
Gasverbruik gebouwen (per m <sup>3</sup> )	3.5
Vervoer en indirect energiegebruik (per medewerker)	490

Er wordt op dit moment vrijwel geen duurzame energie opgewekt. Wel wordt er 930.000 m<sup>3</sup> a.e. aan groene stroom ingekocht voor het Provinciehuis. Omdat de inkoop van groene stroom niet per definitie leidt tot een toename van het productievermogen van duurzame energie, wordt dit hierbij niet meegerekend. Er wordt daarom vanuit gegaan, dat op dit moment 0% duurzame energie wordt opgewekt.

### 5.2 1-met-situatie

De 1-met-situatie is de situatie bij het realiseren van de doelstellingen van het provinciaal energiebeleid met behulp van energiebesparende maatregelen en duurzame energie. De doelstellingen zijn ca. 7% duurzame energie en een energie-efficiency verbetering van 22% (2% per jaar ten opzichte van 2000) in het jaar 2010.

Bij een energie-efficiency stijging van 22% in het jaar 2010, zal het specifieke energiegebruik met 22% moeten dalen. Bij gelijkblijvende variabelen (vloeroppervlak, gebouwinhoud, aantal medewerkers en aantal km weg) betekent dit een daling van het totale energiegebruik van 740.000 m<sup>3</sup> a.e.. De totale CO<sub>2</sub>-emissie wordt dan 6.120 ton per jaar.

Indien de variabelen niet gelijk blijven kan de volgende formule gebruikt worden om het energiegebruik in 2010 te bepalen.

Het energiegebruik in 2010 bij een energie-efficiency stijging van 22% =  
 $0.78 (1824\Delta\text{km weg} + 20\Delta\text{m}^2 + 3.5\Delta\text{m}^3 + 490\Delta\text{medewerkers} + 3.360.000)$

De coëfficiënten in de formule komen overeen met het specifiek energiegebruik uit tabel 5.1.

Door gebruik te maken van deze formule zal een daling van het aantal medewerkers of het overdragen van een weg niet leiden tot energiebesparing en daarmee tot het realiseren van de doelstellingen. Tevens leidt een toename van een van de variabelen niet tot een daling van de energie-efficiency.

<sup>10</sup> 650 km weg, 49.000 m<sup>2</sup> vloeroppervlak, 170.000 m<sup>3</sup> gebouwinhoud en 1270 medewerkers.

Op basis van het energiegebruik in 2000 zal de opgewekte duurzame energie 235.000 m<sup>3</sup> a.e. moeten bedragen in 2010.

### **5.3 1-zonder-situatie**

De 1-zonder-situatie is de situatie die te verwachten is zonder energiebesparende maatregelen. De Gasunie (1999) voorspelt dat het gasverbruik in kantoorgebouwen met 5% zal zijn toegenomen in 2010. Voor het elektriciteitsverbruik wordt een toename van 25% in de dienstensector verwacht (SEP, 1997). Dit betekent dat het energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant volgens deze trends zal stijgen naar 3.630.000 m<sup>3</sup> a.e. in 2010. Indien de oorzaak hiervan volledig ligt bij een stijging van het specifieke energiegebruik (en dus een daling van de energie-efficiency), zal er in 2010 28% energie bespaard moeten zijn t.o.v. de 1-zonder-situatie. De te verwachten stijging van het energiegebruik zorgt er daarom voor dat er extra inspanningen geleverd moeten worden om de doelstellingen te bereiken. Ook voor de infrastructuur wordt een toename van het energiegebruik verwacht. In verband met Europese regelgeving zullen de normen met betrekking tot de openbare verlichting en de VRI's aangescherpt worden. Verder is er een landelijke trend naar het vervangen van de lagedruk natriumlampen door hogedruk natriumlampen, vanwege de betere kleurherkenning (Bremmers, Veltman en Fernhout, 2000). Deze lampen gebruiken echter 90% meer energie (Philips, 2000). Over de precieze toename van het energiegebruik heb ik geen cijfers kunnen achterhalen en dit is daarom niet meegenomen in de berekening van het te verwachten energiegebruik. Wel zorgen deze ontwikkelingen voor een extra stijging van het energiegebruik.

### **5.4 Conclusie**

Volgens de doelstellingen van het provinciaal energiebeleid moet er t.o.v. 2000 een energie-efficiency verbetering van 22% gerealiseerd worden in 2010. Trends en verwachtingen voorspellen echter een toename van het energiegebruik met minimaal 8%. Dit betekent dat er veel grotere inspanningen geleverd moeten worden om de doelstellingen te bereiken. Rekening houdend met een toename van het energiegebruik bij de infrastructuur wordt hier aangenomen dat er een energie-efficiencyverbetering van minimaal 30% nodig is.

De op te wekken duurzame energie moet op basis van het energiegebruik in 2000 gelijk zijn aan 235.000 m<sup>3</sup> a.e..



## 6. Energiebesparing met Techniek-Organisatie-Gedrag model

In dit hoofdstuk zal aan de hand van het Techniek-Organisatie-Gedrag model besproken worden welke mogelijkheden er zijn voor energiebesparing en duurzame energie bij de Provincie Noord-Brabant. Door de potentie van de energiebesparende maatregelen te bepalen, zal bekeken worden of deze voldoende zijn om de doelstellingen te realiseren.

### 6.1 Techniek

Technische maatregelen zullen nu behandeld worden aan de hand van de indeling uit paragraaf 3.2.1.

#### *Bouwtechnische maatregelen*

Bij bestaande gebouwen is een beperkter aantal mogelijkheden voor energiebesparing beschikbaar dan bij nieuwbouw. Wat nog beïnvloed kan worden bij bestaande bouw is isolatie. Er kan nog iets aan de bouwconstructie toegevoegd of vervangen worden om te zorgen dat het energiegebruik voor verwarming beperkt wordt. In het Provinciehuis is tijdens de verbouwing, zoals reeds genoemd, HR++glas toegepast. Tevens zijn de muren aan de raamzijde beter geïsoleerd. Op dit vlak is in principe weinig meer te verbeteren. Wel kunnen de ramen in de laagbouw, die nu nog enkel glas zijn, vervangen worden door HR++glas.

De isolatie bij de districtskantoren en steunpunten laat soms wel te wensen over. Zo zijn bij het districtskantoor Noord-Oost veel ramen nog van enkel glas en is het dak niet geïsoleerd.

Het energiegebruik bij verlichting in de gebouwen kan gereduceerd worden door het geïnstalleerd lichtvermogen te verkleinen ( $W/m^2$ ). Uit hoofdstuk 4 bleek dat het verlichtingsniveau in de gangen erg hoog is.

#### *Energie-efficiency apparatuur*

Op de energie-efficiency van apparatuur heeft de Provincie alleen invloed bij de inkoop van producten. Dit wordt hier verder beschouwd als een organisatorische maatregel en zal in paragraaf 6.3 behandeld worden.

#### *Energie-efficiency energieopwekking*

Hierbij gaat het om het rendement waarmee thermische en elektrische energie opgewekt worden. Bij de gebouwen wordt momenteel alleen thermische energie opgewekt. Bij de infrastructuur wordt geen energie opgewekt.

De energie-efficiency van energieopwekking kan vergroot worden door het exergetisch rendement van de eigen opwekking te vergroten. Ook kan besloten worden om in plaats van de inkoop van energie zelf energie op te wekken met een groter rendement, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een warmtekrachtkoppeling in plaats van het inkopen van elektriciteit.

Op dit moment wordt een groot deel van de thermische energie opgewekt met HR-ketels. Er zijn systemen met een groter exergetisch rendement, zoals een warmtepomp. De Coefficient Of Performance (COP) van een warmtepomp kan momenteel 5 bedragen. Aangezien de ketels in het Provinciehuis bij de renovatie geïnstalleerd zijn, zal het echter nog tientallen jaren duren voordat deze aan vervanging toe zijn.

#### *Toepassen duurzame energie*

Er zijn twee mogelijkheden om duurzame energie toe te passen. De eerste is het inkopen van groene stroom, en de tweede is het zelf opwekken van duurzame energie. Dit leidt tot CO<sub>2</sub>-reductie omdat er in beide gevallen theoretisch gezien minder fossiele brandstoffen gebruikt worden. In praktijk hoeft de inkoop van groene stroom niet per se te leiden tot een vermindering van het gebruik van fossiele brandstoffen. Duurzame energie wordt verhandeld op een aanbod-gestuurde markt, wat betekent dat bij een bepaald aanbod van groene stroom een vraag gezocht en in mindere mate andersom.

Voor het Provinciehuis is een contract afgesloten voor de inkoop van groene stroom met Essent. Dit zou ook gedaan kunnen worden voor de infrastructuur en de districtskantoren en steunpunten. Hiermee wordt de opwekking van groene stroom gestimuleerd.

Er is momenteel geen sprake van eigen opwekking van duurzame energie. Mogelijkheden hiervoor zijn bij de infrastructuur: berm-en slootmaaisel voor energie uit biomassa, zonnecellen langs wegen en windmolens.

Op de geluidsschermen langs de provinciale wegen worden vooralsnog geen zonnecellen toegepast. Hiervoor zijn twee redenen te noemen: ten eerste zijn er weinig geluidsschermen en ten tweede is bij een aantal schermen geen openbare verlichting of VRI in de buurt. Hierdoor zijn lange kabels nodig om het vermogen te verplaatsen, wat leidt tot lager rendement.

Er wordt momenteel een haalbaarheidsstudie uitgevoerd naar de toepassing van 'energie uit asfalt' bij een wegomlegging. Het is de bedoeling dat de energie die hierbij vrijkomt wordt gebruikt voor gebouwen en woningen in de directe omgeving.

Knelpunten die kunnen optreden bij de toepassing van duurzame energie bij de wegen zijn met name de kosten en de mogelijkheden om de opgewekte energie ter plekke te benutten.

Langs de provinciale wegen staan globaal 70.000 bomen, 350.000 m<sup>2</sup> bosplantsoen, 800.000 m<sup>2</sup> houtwal, meer dan 100 km hagen, 80 ha berm en ca. 500 km sloot (GS Noord-Brabant, 2000b). Het berm-en slootmaaisel, snoeihout en dergelijke, dat vrijkomt in het voor-en naseizoen wordt volledig gebruikt voor het maken van compost. Er zijn geen plannen om het knipselhout voor andere doeleinden, zoals energie uit biomassa, te gebruiken. Dit omdat knipselhout essentieel is voor het composteringsproces. Wel zou berm-en slootmaaisel voor andere doeleinden kunnen worden gebruikt. De kwaliteit ervan is de afgelopen jaren toegenomen, waardoor dit voor veevoer geschikt zou kunnen zijn. Daarnaast voert de gemeente Zundert een haalbaarheidsonderzoek uit naar het gebruik van dit maaisel voor energie uit biomassa.

Bij het Provinciehuis, de districtskantoren en de steunpunten kan bij het opwekken van duurzame energie gedacht worden aan de plaatsing van: zonnecellen, zonnecollectoren en windmolens.

#### *Regelsystemen*

Met het huidige gebouwenbeheersysteem kunnen alle systemen in-en uitgeschakeld worden. Het systeem kent veel mogelijkheden en lijkt zeer geschikt voor het implementeren van energiebesparende maatregelen. Het is daarom niet nodig om een aanvullend of nieuw regelsysteem aan te schaffen. De wijze waarop het systeem gebruikt wordt, valt onder de factor organisatie.

Een mogelijkheid voor energiebesparing bij verlichting is het installeren van aanwezigheidsdetectie bij toiletten.

Een andere mogelijkheid is het toepassen van power management bij de computers. Hiermee worden de computers automatisch op een stand-by mode gezet na een bepaalde tijd niet gebruikt te zijn. Er moeten dan wel enige aanpassingen aan het NT-netwerk worden gedaan.

Een mogelijkheid voor energiebesparing bij de openbare verlichting is het dimmen van lampen afhankelijk van het daglicht en de verkeersintensiteit. Volgens ECN (1997) kan hiermee ongeveer 20% energie bespaard worden per lamp (zie ook Bremmers, Veltman en Fernhout (2000)). Het dimmen van lampen kan echter alleen bij de hogedruk natriumlamp. Dit is een nadeel omdat deze lamp bijna 90% meer energie gebruikt dan de lagedruk natriumlamp (Philips, 2001). Vanwege de betere kleurweergave, wordt bij de openbare verlichting in 20% van de gevallen hogedruk lampen ingezet, bij onder andere kruisingen. Hierdoor kan deze besparingsoptie slechts bij 20% van de lampen toegepast worden. Het vervangen van de lagedruk natriumlamp door een dimbare hogedruk natriumlamp levert geen energiebesparing op.

#### *Indirecte energiegebruik*

Het geïdentificeerde indirecte energiegebruik ontstaat voornamelijk bij de productie van papier. Voor het reduceren van het papierverbruik zijn weinig technische mogelijkheden beschikbaar. Alle kopieerapparaten staan reeds standaard op dubbelzijdig kopiëren.

## **6.2 Organisatie**

#### *Instellen regelsystemen*

Momenteel zijn de verlichting en de facilitaire units overal in het gebouw 70 uur per week ingeschakeld. Er zou voor gekozen kunnen worden om deze tijd te verkorten.

De bekerwarmhouders kunnen helemaal uitgeschakeld worden. Er wordt namelijk door de medewerkers aangegeven, dat de voorverwarming van kopjes overbodig is.

De temperatuur in het Provinciehuis kan gereduceerd worden van 22-23 °C naar 20 °C. Hiermee wordt 6% bespaard op het aardgasverbruik (Novem, 1992).

#### *Het monitoren en analyseren van het energiegebruik*

Het energiegebruik van het Provinciehuis wordt met behulp van het gebouwenbeheersysteem bijgehouden. Het verbruik van de steunpunten wordt genoteerd in een milieulogboek. Van de infrastructuur en de districtskantoren wordt het energiegebruik niet bijgehouden. Er kan een centraal monitoringssysteem opgezet worden waarmee het verbruik van alle objecten wordt bijgehouden. De gegevens worden hiermee gestructureerd en zijn gemakkelijk te analyseren. Opvallende zaken met betrekking tot het energiegebruik komen dan snel aan het licht.

#### *De organisatiestructuur*

Er is een milieuzorgcoördinator aanwezig in het Provinciehuis. Aan milieuzorg is de afgelopen jaren echter weinig aandacht besteed, dit wordt nu weer opgepakt.

#### *Inkoop*

De inkoop van producten gebeurt op verschillende plaatsen. Het meeste kantoor materiaal in het Provinciehuis wordt aangeschaft door bureau Huisvesting. Computers en telefoons worden ingekocht door de afdeling Informatie en Automatisering. Verder worden ook per afdeling producten en apparatuur ingekocht. De afdeling Infrastructuur regelt alle inkoop die nodig is voor de wegen.

Met duurzaam inkopen kan invloed uitgeoefend worden op de energie-efficiency van apparatuur en het indirecte energiegebruik.

Er kan bijvoorbeeld gekozen worden om recycle papier te gebruiken. Het indirecte energiegebruik is hierbij minimaal 60 kWh per ton, in tegenstelling tot 700 kWh per ton voor nieuw papier.

Een andere optie is om voor de computers TFT-schermen te kopen. Het energiegebruik van deze schermen is 50% minder dan van de schermen, die nu ingekocht worden.

Het energiegebruik bij verlichting kan gereduceerd worden door de inkoop van lampen met een groter lichtrendement. Een optie bij de infrastructuur is het gebruiken van LED-lampen in VRI's. Dit kan zorgen voor een besparing van meer dan 50% (Veltman en Fernhout, 2000). Tevens is de levensduur van LEDs veel groter dan die van de huidige lampen, namelijk 25 jaar in plaats van 1 jaar.

De lampen bij de openbare verlichting worden momenteel elke twee jaar vervangen. Voor een aantal typen lampen zou dit omlaag kunnen naar 3 of 4 jaar. Dit geldt voor veel hogedruk en lagedruk natriumlampen die een levensduur hebben van 12.000 tot 16.000 uur.

Een andere optie voor energiebesparing bij de openbare verlichting is het vervangen van de oude generatie lagedruk natriumlampen door de energiebesparende generatie. Dit is echter niet in alle gevallen mogelijk omdat dit laatste type een kleinere lichtopbrengst heeft. Deze lampen kunnen alleen gebruikt worden indien er ondanks de lagere lichtopbrengst aan de richtlijnen voldaan kan worden. Anders zullen de masten dichter op elkaar geplaatst moeten worden en lager bij de grond. Dit is een optie indien een lichtmastproject vernieuwd wordt. Het is dan de vraag of dit energiebesparing oplevert, omdat er meer lampen gebruikt worden dan in de oude situatie. Dit zal per situatie berekend moeten worden. Indien 25% van alle lagedruk natriumlampen vervangen worden door de nieuwe generatie (zonder aanpassingen aan de masten) is de energiebesparing bij de openbare verlichting in totaal 6%. Per lamp wordt dan ongeveer 30% bespaard. Een grotere energiebesparing is onwaarschijnlijk zeker met de aankomende strengere regelgeving.

Een andere optie is het aanschaffen van zuinige auto's voor het eigen wagenpark. Hiermee kan circa 50% bespaard worden (HNR, 2001).

## 6.3 Gedrag

Met de factor gedrag wordt in dit onderzoek het gedrag van de medewerkers van de Provincie Noord-Brabant met betrekking tot het directe en indirecte energiegebruik bedoeld. De factor gedrag is alleen van belang bij de gebouwen van de Provincie en bij vervoer. Bij de infrastructuur wordt deze factor buiten beschouwing gelaten, omdat er bijvoorbeeld niet gekozen kan worden door de medewerkers om de straatverlichting aan of uit te zetten. Dit wordt organisatorisch bepaald.

Het gedrag van de medewerkers bij de gebouwen (Provinciehuis, districtskantoren en steunpunten) heeft invloed op het directe energiegebruik van de verlichting in de werkkamers, vervoer, computers, copieerapparaten, liften en verwarming. Daarnaast heeft het gedrag invloed op het indirecte energiegebruik door het verbruik van papier en water. Uit hoofdstuk 4 blijkt dat het indirecte energiegebruik van water relatief laag is. Daarom wordt dit hier verder niet behandeld.

Het gedrag van de medewerkers heeft momenteel alleen invloed op de verlichting in de werkkamers. Bij de gangen en toiletten is namelijk geen lichtsakelaar aanwezig. Op het energiegebruik van de ventilatie, catering, de netwerkapparatuur en de luchtbevochtiging heeft gedrag ook geen invloed, omdat dit centraal geregeld wordt.

In de onderstaande tabel staat het energiegebruik weergegeven waar de medewerkers invloed op uit kunnen oefenen. Deze cijfers zijn gebaseerd op het jaar 2000.

Tabel 6.1: het energiegebruik dat met gedrag te beïnvloeden is (op basis van getallen uit 2000)

	x 1000 m <sup>3</sup> a.e.	CO <sub>2</sub> -emissie (ton)
Verwarming	533	1050
Liften	16	38
Papier	106	220
Vervoer	440	1119
Verlichting	58	140
Computers	60	144
Copieerapparaten	12	29
<b>Totaal</b>	<b>1225</b>	<b>2740</b>

Uit de tabel blijkt dat het grootste energiegebruik, dat met gedrag te beïnvloeden is, de verwarming betreft gevolgd door vervoer en papier.

In totaal heeft gedrag invloed op 35% van het totale energiegebruik.

Op het energiegebruik van de verwarming hebben medewerkers op drie manieren invloed:

1. Via de thermostaatknoppen in de werkkamers
2. Door het raam open te zetten
3. Door papieren en mappen op de convectiverwarming te leggen

Omdat er in het Provinciehuis voldoende geventileerd wordt is het openzetten van ramen een vorm van energieverspilling.

Op het energiegebruik van de liften zal niet veel bespaard kunnen worden. Er kan namelijk niet verwacht worden dat medewerkers meer dan vier of vijf trappen te voet zullen afleggen. Aangezien het aantal verdiepingen in het Provinciehuis 22 bedraagt, betekent dit dat er maximaal 20% bespaard zal kunnen worden. In de praktijk zal de besparing echter lager uitvallen. Het nemen van de lift in plaats van de trap kan namelijk moeilijk gecontroleerd worden.

In hoofdstuk 4 is aangetoond dat het papierverbruik de afgelopen vier jaar per medewerker is verdubbeld. Dit kan mede een gevolg zijn van het feit dat het copieer/printsysteem verbeterd is. Printer en kopiëren is nu heel gemakkelijk. Het wederom invoeren van printpasjes kan daarom een optie zijn voor

energiebesparing. Om het papierverbruik weer op het oude niveau te krijgen en vergelijkbaar te maken met een gemiddeld kantoor moet een besparing gerealiseerd worden van 50%.

Op het energiegebruik door vervoer heeft een medewerker onder andere invloed door (a) het type vervoermiddel dat gekozen wordt (zoals auto, fiets of openbaar vervoer) en indien voor de auto gekozen wordt: (b) het gebruik maken van mogelijkheden tot carpoolen en (c) de manier van rijden (wel of niet energiezuinig rijden).

Het gebruik maken van het openbaar vervoer is de belangrijkste optie voor energiebesparing. Hiermee wordt maximaal 65% bespaard op het energiegebruik bij het woon-werkverkeer, indien er in plaats van de auto het openbaar vervoer gekozen wordt (zie bijlage 2). Met het inzetten van de fiets kan nog meer bespaard worden, maar de fiets is bij afstanden boven de 10 km nauwelijks meer een optie.

Indien iedereen, die minder dan 10 km van het Provinciehuis woont (is 50% van de medewerkers), met de fiets naar het werk komt, levert dit een energiebesparing van 14% bij het woon-werkverkeer op. Dit betekent dat het inzetten van de fiets maar een beperkt middel is om CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren. De besparing bij de dienstreizen, door gebruik te maken van het openbaar vervoer, is maximaal 64%.

Mogelijkheden om woon-werkverkeer met het openbaar vervoer te stimuleren zijn: betaald parkeren en het uitkeren van een beloning bij gebruik van het openbaar vervoer. Momenteel wordt het woon-werkverkeer met het openbaar vervoer gestimuleerd door dit te vergoeden en de gemaakte kosten bij woon-werkverkeer met de auto niet. Deze mogelijkheden zijn van financiële aard. Dwingende maatregelen kunnen bij woon-werkverkeer niet ingezet worden. De auto wordt namelijk niet alleen gebruikt voor woon-werkverkeer. Verder zullen voorlichting en overtuiging weinig succes hebben omdat er bij de overgang naar openbaar vervoer zowel comfort als vaak ook tijd ingeleverd moet worden. In hoofdstuk 2 is aangetoond dat dit instrument dan weinig kans van slagen heeft. Bij de dienstreizen kunnen in principe wel dwingende maatregelen ingezet worden.

Bij carpoolen is de maximale besparing 30%, indien iedereen die niet met het openbaar vervoer of met de fiets komt carpoold. Zuinig rijden levert tot slot gemiddeld een besparing van 5 tot 10% op (HNR, 2001).

Bij het gedrag met betrekking tot verlichting, computers en verwarming gaat het om het onnodig aanzetten ervan en het aan laten staan indien men de kamer verlaat. In hoofdstuk 3 zijn drie mogelijkheden aangegeven voor het beïnvloeden van gedrag; financiële instrumenten, dwingende voorschriften en voorlichting en overtuiging. Het boven beschreven gedrag is gewoonte-bepaald, waardoor voorlichting en overtuiging maar beperkt succes zullen hebben. Tevens werkt dit instrument vooral bij mensen met een hoge waardering voor een goed milieu; niet iedereen dus. Om iedereen erbij te betrekken kan gewerkt worden met dwingende en/of financiële maatregelen.

## 6.4 Conclusie

In onderstaande tabel zijn alle opties weergegeven die genoemd zijn voor energiebesparing. Hierbij is de invloed ervan op het primaire energiegebruik weergegeven, de maximale besparing die mogelijk is en de potentie voor energiebesparing op het totale energiegebruik.

Tabel 6.2: energiebesparende maatregelen

Energiebesparende maatregel	x 1000 m <sup>3</sup> a.e.	Maximale besparing	Energiebesparing (in %)
Openbaar vervoer bij woon-werkverkeer en dienstreizen	493	0,65	9,5
Toepassen LED bij VRI	364	0,50	5,4
Geïnstalleerd lichtvermogen op de gangen verkleinen	145	0,75	3,2
Papierverbruik verminderen door gedrag	106	0,75	2,4
Dimmen openbare verlichting. Gebruiken energiebesparende generatie lagedruknatriumlampen.	650	0,04 0,06	1,9
Isolatie laagbouw verbeteren. Temperatuur Provinciehuis verlagen.	533	0,05 0,06	1,7
Verbruik verlichting en computers verminderen door gedrag en/of Power Management computers	107	0,50	1,6
Aanschaffen zuinige auto's voor eigen wagenpark	70	0,50	1,0
TFT-schermen	36	0,50	0,5
Totaal	2504		27,2

Bij het papierverbruik is aangenomen dat er maximaal 75% bespaard kan worden. Het papierverbruik is dan vergelijkbaar met de helft van het verbruik van een gemiddeld kantoor.

Voor het elektriciteitsverbruik van de verlichting en computers, dat te beïnvloeden is met gedrag, wordt als maximale besparing 50% genomen. De medewerkers zijn dan gedurende de helft van de werktijd op hun kamers aanwezig.

De besparing op het verlichtingssysteem in de gangen is 75% indien driekwart van de lampen uitgeschakeld wordt. Het geïnstalleerd vermogen bedraagt dan 6 W/ m<sup>2</sup>. Dit komt overeen met ongeveer 200 lux<sup>11</sup>, wat voldoende is voor de verlichting van gangen (Leijendeckers, 1995).

De optie aanwezigheidsdetectie bij verlichting op de toiletten is niet meegenomen, omdat de besparing die hiermee te realiseren valt beduidend kleiner is dan 1%.

Er wordt aangenomen dat de besparing die het verbeteren van de isolatie in de laagbouw oplevert, 5% op het aardgasverbruik bedraagt.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat het vervoer de belangrijkste bijdrage kan leveren aan energiebesparing, gevolgd door het toepassen van LEDs en het verkleinen van het geïnstalleerd lichtvermogen. De totale energiebesparing die met bovenstaande maatregelen gerealiseerd wordt bedraagt 27%. Dit is de maximale besparing met deze maatregelen en zal in praktijk waarschijnlijk lager zijn. Niet iedereen zal namelijk met het openbaar vervoer reizen en wellicht zullen niet alle VRI's met LEDs voorzien zijn voor 2010. Verder is de besparing bij het papierverbruik hoog ingeschat (75%). Dit zal in de praktijk moeilijk te realiseren zijn. Als aangenomen wordt dat de helft van de dienstreizen en het woon-werkverkeer met het openbaar vervoer plaatsvindt (momenteel 25%) en de helft van alle VRI's zijn voorzien van LEDs bedraagt de totale besparing 20%. Dit is niet voldoende om de doelstelling met betrekking tot energie-efficiency te realiseren. Zeker als het energiegebruik, zoals de trends aangeven, stijgt, waardoor er ten opzichte van de 1-zonder-situatie zelfs een besparing van minimaal 30% gerealiseerd zal moeten worden.

<sup>11</sup> het aantal lux komt overeen met de hoeveelheid lm/m<sup>2</sup>.

In het volgende hoofdstuk zal daarom een scenario behandeld worden, waarin de energieprijzen met een factor vijf toenemen. Dit leidt ertoe dat energiebesparende maatregelen noodzakelijk worden. Het is de bedoeling dat hieruit extremere maatregelen tevoorschijn komen waarmee grotere besparingen te realiseren zijn.

## **7. Scenario: energieprijzen stijgen met 500%**

### **7.1 Inleiding**

In dit hoofdstuk zal een scenario besproken worden waarin de energieprijzen met een factor vijf toenemen. Hierdoor zal de huidige situatie geheel veranderen, omdat op verschillende plaatsen forse kostenstijgingen zullen ontstaan. Energiebesparing zal dan veel interessanter en zo niet noodzakelijk worden. Er zal bekeken worden welke maatregelen nodig zijn om de kosten beheersbaar te houden. Deze zullen van ingrijpender aard zijn dan de in het vorige hoofdstuk genoemde maatregelen.

In tegenstelling tot een prognose maakt een scenario geen aanspraak op een zekere mate van waarschijnlijkheid (Hordijk en Jansen, 1997). Dit betekent dat een uitspraak omtrent de waarschijnlijkheid of onzekerheid van realisatie ontbreekt. Ook hier is het scenario niet bedoeld om de toekomst mee te voorspellen, maar meer als een gedachte-experiment om tot ingrijpende mogelijkheden voor energiebesparing te komen. Wel wordt het scenario onderbouwd en in dit onderzoek beschouwd als een mogelijke toekomst.

#### **7.1.1 Energiecrisis: onmogelijk of realistisch?**

Tijdens de oliecrisis van 1973 tot 1985 stegen de energieprijzen met 750% voor olie, 700% voor gas en 350% voor kolen (Scheepers en Batjes, 2000). Na 1985 kwamen de prijzen weer terug op het oude niveau van voor de crisis. Simmons (2000) redeneert dat er de komende jaren makkelijk weer een oliecrisis kan ontstaan. Hij ziet namelijk veel overeenkomsten tussen het jaar 1973 en nu. Er is net als in 1973 zeer weinig overcapaciteit ('excess capacity') voor olie en gas. Hierdoor kan een afname van de olieproductie, om welke reden dan ook, voor enorme prijsstijgingen zorgen. Deze stijgingen kunnen nog eens versterkt worden als er, net als in 1979, paniek koopgedrag wordt vertoond.

Een afname van de olieproductie kan politieke redenen hebben, maar ook de eindigheid van de fossiele voorraden kan een rol spelen. Campbell en Laherrere (1998) tonen aan dat binnen de komende tien jaar de levering van olie te klein zal worden om de vraag te dekken. Dit komt omdat olieproductie uit een bron een maximum vertoont. Als de helft van de olie uit de bron gewonnen is, zal de productie geleidelijk terugzakken naar nul. De snelheid waarmee dit gebeurt hangt onder andere af van technologische ontwikkeling. Volgens Campbell en Laherrere (1998) wordt rond 2002 het maximum van de wereldwijde olieproductie bereikt. Hierna zal de productie geleidelijk afnemen en zullen de prijzen stijgen tenzij de vraag evenredig daalt. De Energy Information Administration verwacht echter een toename van de vraag naar olie met 60% wereldwijd in 2020.

De energiecrisis in Californië laat zien hoe een daling van de elektriciteitsproductie kan leiden tot prijsstijgingen. Wood (2001) zegt, dat bij een situatie als in Californië, elektriciteitsbedrijven makkelijk een crisis kunnen veroorzaken door slechts een gedeelte van de capaciteit stil te leggen. Dit komt omdat op vele zomerdagen de opwekkingscapaciteit een marge van hoogstens 5% heeft. Aangezien er maar vijf opwekkingsbedrijven zijn, die ieder een marktaandeel van 15 tot 25% hebben, kan hierdoor elke individuele partij de markt manipuleren. Ook in Nederland kan deze situatie zich bij de liberalisering van de elektriciteits- of gasmarkt voordoen, als enkele grote spelers de markt gaan domineren. Volgens de huidige plannen is de energiemarkt in 2004 volledig geliberaliseerd.

Kortom, de liberalisering van de energiemarkten, de uitputting van fossiele voorraden en politieke ontwikkelingen kunnen in de toekomst zorgen voor een nieuwe energiecrisis. Dit maakt het gekozen scenario niet alleen een gedachte-experiment, maar ook een mogelijke (nabije) toekomst.

### **7.2 Inkomsten en uitgaven**

In deze paragraaf zal besproken worden hoe de begroting van de Provincie er globaal uitziet. Dit is van belang bij het bepalen van de impact die een stijging van de energieprijzen zal hebben op de uitgaven en inkomsten van de Provincie.



De inkomsten van de Provincie Noord-Brabant bestaan uit eigen inkomsten en bijdragen van de rijksoverheid. De eigen inkomsten bestaan uit opcenten op motorrijtuigenbelasting, leges, dividenden en rente opbrengsten. In totaal levert dit ongeveer 350 miljoen gulden per jaar op. De bijdragen van de rijksoverheid bestaan uit het Provinciefonds en specifieke uitkeringen van het Rijk. Over de beschikking van het geld uit het Provinciefonds kan de Provincie zelf beslissen, terwijl de specifieke uitkeringen een vaste bestemming hebben. In totaal bedragen de bijdragen van de rijksoverheid ca. 575 miljoen gulden. Voor een specificatie van de inkomsten zie onderstaande tabel.

Tabel 7.1 inkomsten in 2001 (x 1 miljoen)

<b>Inkomsten</b>	
Opcnten motorrijtuigenbelasting	262
Leges	31
Dividenden	39
Rente opbrengsten	21
Provinciefonds	211
Specifieke uitkeringen van het Rijk	290
Overig	74
<b>Totale inkomsten</b>	<b>929</b>

Bron: Provincie Noord Brabant (2000a)

In het scenario wordt aangenomen dat de inkomsten constant zullen blijven. Dit hoeft in werkelijkheid niet het geval te zijn. De inkomsten uit de opcenten van motorrijtuigenbelasting zullen waarschijnlijk dalen, omdat er minder kilometers gereden worden vanwege de hoge brandstofprijzen. De inkomsten van het Rijk zullen daarentegen wellicht stijgen, om zo in de toename van de uitgaven van de Provincies tegemoet te komen.

De uitgaven van de Provincie in 2001 staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 7.2: Uitgaven Provincie in 2001 (x 1 miljoen)

<b>Uitgaven</b>	
Apparaatskosten	180
Kapitaallasten	126
Subsidies	464
Overige goederen en diensten	70
Diverse	89
<b>Totaal</b>	<b>929</b>

Bron: Provincie Noord-Brabant, 2000a.

De totale uitgaven van de Provincie in 2001 zijn beraamd op 929 miljoen gulden. Ongeveer de helft hiervan wordt besteed aan subsidieverlening. De apparaatskosten bedragen ca. 180 miljoen. Deze bestaan uit salarissen, kosten voor materieel, huisvesting en automatisering. In het scenario worden de uitgaven aan subsidies en kapitaallasten constant verondersteld.

De apparaatskosten zullen in elk geval toenemen. Met name de uitgaven aan huisvesting, materiaal en automatisering ondervinden hiervan consequenties. Tevens kunnen de lonen stijgen.

### 7.2.1 Energie-uitgaven

In tabel b5.2 in bijlage 5 zijn de uitgaven aan het geïdentificeerde energiegebruik in hoofdstuk 4 weergegeven zowel in de 0-situatie als in het scenario. De totale uitgave aan energie waren in 2000 ongeveer 3,2 miljoen gulden. In het scenario groeien deze tot 16,2 miljoen gulden.

Niet alleen de directe energie-uitgaven en de geïdentificeerde indirecte energie-uitgaven zullen echter toenemen, maar ook de prijs van verschillende producten zoals bureaustoelen, tafels, lampen, etenswaren (catering), auto's en netwerkkapappatuur.

In dit onderzoek wordt hier verder geen aandacht aan geschonken. Het gaat immers alleen om het terugdringen van de geïdentificeerde energie-uitgaven door energiebesparing. Wel kan geconcludeerd

worden dat de hele begroting van de Provincie Noord-Brabant zal veranderen. Een stijging van de energieprijzen zal in alle posten een doorwerking hebben. Dit betekent dat bezuinigingen en wijzigingen van het inkoopbeleid onvermijdelijk zullen zijn, om kosten beheersbaar te houden.

De uitgaven aan energie kunnen globaal ingedeeld worden in klimaat (verwarming, ventilatie, koeling en luchtbevochtiging in gebouwen), verlichting van de gebouwen, openbare verlichting en VRI 's bij wegen, vervoer (dienstreizen, woon-werkverkeer en onderhoud aan wegen) en overig (onder andere papier, computers en automatisering en catering). In onderstaande tabel is weergegeven hoeveel de vijf onderdelen bijdragen aan de energie-uitgaven.

*Tabel 7.3: procentuele verdeling energie-uitgaven*

Klimaat	22%
Verlichting	7%
Openbare verlichting en VRI	29%
Vervoer	29%
Overig	12%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat het vervoer en de infrastructuur de grootste kosten met zich meebrengen, gevolgd door het klimaat. Van de post overig dragen het papier en de computers het meest bij aan de kosten.

### 7.3 Randvoorwaarden voor energiebesparing

Energiebesparende maatregelen zullen aan een aantal randvoorwaarden moeten voldoen. Hierbij is het belangrijk om te kijken naar de functie die een bepaald energiegebruik vervult. Waarvoor wordt de energie gebruikt? En is het wel noodzakelijk? Belangrijk hierbij zijn normen en richtlijnen waaraan voldaan moet worden. Maar ook de doelstellingen van de Provincie Noord-Brabant die gerealiseerd moeten worden. Indirect spelen hierbij het comfort, de werkprestatie, de gezondheid en de veiligheid van de medewerkers een rol. Door de randvoorwaarden te bekijken, kan bepaald worden hoeveel er te besparen valt.

#### 7.3.1 Klimaat

Met betrekking tot het binnenklimaat in kantoorgebouwen zijn een aantal normen en richtlijnen opgesteld in onder andere de Arbo-wet en het Bouwbesluit. Deze zijn bedoeld om de behaaglijkheid en de gezondheid van medewerkers te waarborgen. In onderstaande tabel staan de vereisten, de aanbevelingen en de situatie bij de Provincie Noord-Brabant met betrekking tot binnentemperatuur, luchtvochtigheid en luchtverversing weergegeven.

*Tabel 7.4: eisen aan het binnenklimaat*

	<b>Minimum vereisten</b> (Arbo-wet/Bouwbesluit/ Rgd-richtlijn)	<b>Aanbevelingen</b> (Cox en Rolloos, 1995)	<b>Situatie in Provinciehuis</b>
<b>Ruimtetemperatuur</b>	20 tot 24 °C in de winter en minder dan 26 °C in de zomer	20 tot 24 °C in de winter en 23 tot 26 °C in de zomer	22 tot 23 °C in de winter en 25 tot 26 °C in de zomer
<b>Relatieve luchtvochtigheid</b>	30 tot 70% of de luchtvochtigheid van de buitenlucht	40 tot 70%	De luchtvochtigheid van de buitenlucht. In nieuwbouw > 40%
<b>Luchtverversing</b>	30 m <sup>3</sup> per uur per persoon	60 m <sup>3</sup> per uur per persoon en 80 m <sup>3</sup> bij roken	64 m <sup>3</sup> per uur per persoon bij een bezetting van drie man per kamer

Uit de tabel blijkt dat de temperatuur in de zomer goed is. Deze voldoet net aan de maximum temperatuur. De temperatuur in de winter kan twee tot drie graden omlaag. Voor een optimale behaaglijkheid bij 20 °C is wel een luchtvochtigheid van minimaal 38% nodig (Leijendeckers, 1995). Bij het ventileren is in principe een luchtverversing van 30 m<sup>3</sup> per uur per persoon voldoende. Dit is minder dan de helft van de huidige luchtverversing van 64 m<sup>3</sup> per uur per persoon. Bovendien zijn er niet op alle tijdstippen drie mensen aanwezig per kamer, wat de luchtverversing verhoudingsgewijs nog groter maakt. Wel wordt door Cox en Rolloos (1995) aangegeven dat 60 m<sup>3</sup> per uur leidt tot de minste klachten onder werknemers.

### 7.3.2 Verlichting

Verlichting in een kantoorvertrek heeft twee functies: het zichtbaar maken van de werктаak en het bijdragen aan het visueel comfort (Cox en Rolloos, 1995). De werктаak betreft voornamelijk lezen, schrijven, vergaderen en beeldschermwerk. Het visueel comfort wordt onder andere bepaald door het lichtniveau, de lichtverdeling, de lichtrichting en de kleurweergave. Volgens Leijendeckers (1995) neemt de leesprestatie boven de 200 lux nauwelijks toe.

Volgens Cox en Rolloos (1995) moet voor een optimaal resultaat de verlichtingssterkte 400 lux bedragen. Een grotere verlichtingssterkte heeft weinig zin en kan zelfs leiden tot hinder en concentratieverlies. Deze 400 lux moet wel gedurende de hele levensduur van de lampen gerealiseerd worden. Hieraan wordt voldaan door een geïnstalleerd vermogen van 8 tot 12 W/m<sup>2</sup> te kiezen. In de kantoorvertrekken in het Provinciehuis is 11 W/m<sup>2</sup> geïnstalleerd. Hiermee wordt dus aan de eis voldaan.

In de gangen is een nog lagere verlichtingssterkte nodig van minder dan 200 lux (Leijendeckers (1995)). Dit betekent een geïnstalleerd vermogen van minder dan 6 W/m<sup>2</sup>. Het geïnstalleerd vermogen in de gangen van het provinciehuis bedraagt nu 23 W/m<sup>2</sup>. Dit is dus veel te veel. Zeker aangezien de toegepaste lampen een hoog lichtrendement hebben (zie hoofdstuk 4).

### 7.3.3 Openbare verlichting en VRI

Voor VRI's geldt in Nederland nu nog de huidige norm NEN 3322. In de toekomst zal deze vervangen worden door een Europese norm. Volgens de huidige norm moet de minimale lichtsterkte in het hart van de bundel van verkeerslichten minimaal 250 tot 300 candela (cd) bedragen. Aan deze waarden moet gedurende de hele levensduur van de verlichtingsinstallatie voldaan worden. In de praktijk betekent dit dat de nieuwwaarde van de lampen 400 cd of meer moet bedragen. Deze waarde komt overeen met het ontwerp voor de Europese norm. Een belangrijke eis bij verkeerslichten is dat de lichten waargenomen kunnen worden. Ten tweede moeten lichten begrepen worden. Een derde belangrijk aspect is de afstand van waar een verkeerslicht gezien dient te worden. Bepalend hierbij zijn de lichtsterkte en de kleur. [Schreuder, 1999]

Met betrekking tot de openbare verlichting zijn er geen bindende bepalingen omtrent de verlichtingskwaliteit. Wel heeft de Nederlandse stichting voor verlichtingskunde (NSVV) aanbevelingen opgesteld. Deze aanbevelingen worden in veel gevallen als richtlijn gehanteerd. De functies die de openbare verlichting vervult zijn verkeersveiligheid, sociale veiligheid en rijcomfort. Hierbij spelen de verlichtingssterkte, de kleurweergave en eventuele verblinding een rol. Aanbevelingen met betrekking tot de verlichtingssterkte variëren van 0,5 cd/m<sup>2</sup> bij een enkelbaansweg met een lage moeilijkheidsgraad tot 2,0 cd/m<sup>2</sup> bij een dubbelbaansweg met een hoge moeilijkheidsgraad inclusief kruisingen. De meest voorkomende aanbevolen verlichtingssterktes liggen tussen de 0,7 en 1,5 cd/m<sup>2</sup>. [NSVV, 1990]

## 7.4 Mogelijkheden voor energiebesparing

Er zullen nu mogelijkheden voor energiebesparing behandeld worden. Hierbij zal gelet worden op de randvoorwaarden die in de vorige paragraaf behandeld zijn.

### 7.4.1 Gebouwen

Met betrekking tot het klimaat kunnen de volgende opties voor energiebesparing onderscheiden worden:

1. Minder ventileren. Dit levert in de winter tevens een besparing op het gasverbruik op. Uit de vorige paragraaf blijkt dat de luchtverversing gehalveerd kan worden.
2. De temperatuur in de winter kan teruggebracht worden naar 20 °C. Dit dient wel geleidelijk te gebeuren. Een temperatuurfuctuatie van meer dan 1 °C leidt namelijk tot klachten (Leijendeckers, 1995).
3. Volgens de Arbo-wet moet de luchtvochtigheid in gebouwen minstens 30% bedragen of tenminste de luchtvochtigheid van de buitenlucht bedragen. Dit betekent dat de luchtbevochtiger in de nieuwbouw uit kan.

Met betrekking tot het verlichtingssysteem is aangetoond dat het geïnstalleerd vermogen omlaag kan. Dit betekent dat er lampen uitgeschakeld dienen te worden. Tweederde van de lampen in de gangen kunnen uitgeschakeld worden om tot het juiste geïnstalleerde vermogen te komen. Hiervoor komen de TL-buizen in aanmerking die aan de zijkanten van de muren afgeschermd zijn geplaatst en een hoog verbruik van 58W hebben.

Een maatregel die zowel invloed heeft op het energiegebruik van de verlichting, ventilatie, kopieerapparaten als verwarming is het verkorten van de openingstijden van het Provinciehuis. De openingstijden van 7.00 tot 21.00 kunnen verkort worden naar 8.00 tot 18.00. Een verdere verkorting van de werktijden is niet mogelijk. Iedereen zou dan namelijk tegelijk binnenkomen en vertrekken, waardoor er filevorming bij de liften ontstaat. Deze maatregel leidt tot een energiebesparing van bijna 30% bij de verlichting op de gangen, wc's, op kopieerapparaten, koffieautomaten en ventilatie. De invloed van de maatregel op het energiegebruik van verwarming is moeilijker in te schatten. Volgens Kruis (1981) leidt een verkorting van ca. 30% van de uren dat een gebouw verwarmd wordt tot een besparing van 5% op het aardgasverbruik.

Het reduceren van de kosten voor dienstreizen kan gerealiseerd worden door reizen naar een plaats met een NS-station met de trein te laten maken. In het scenario zal de trein namelijk relatief minder duur worden dan de auto. Dit omdat het energiegebruik per km bij de trein lager is. Hierdoor zullen de kosten van reizen met de trein minder stijgen dan die van de auto. In 1999 werd 96% van de dienstreizen met de auto gemaakt (Provincie Noord-Brabant, 2000b), terwijl wellicht meer dan de helft hiervan met de trein gemaakt had kunnen worden. De minimale vergoeding voor de dienstreizen met de auto is nu gelijk aan de brandstofkosten. De maximale vergoeding is drie keer zo groot. In het scenario wordt de minimale vergoeding voor de dienstreizen 95 cent per km en voor de trein 35 cent (zie bijlage 5). Door dienstreizen met de trein te laten maken kunnen dus kosten bespaard worden. Indien 75% van de dienstreizen met de trein gemaakt worden bedraagt de kostenbesparing 47% en de energiebesparing 45%. Woon-werkverkeer met de auto wordt niet door de Provincie vergoed. Door de hoge kosten hiervan zullen waarschijnlijk meer medewerkers met het openbaar vervoer gaan reizen. Dit wordt namelijk wel betaald door de Provincie.

Het gedrag van de medewerkers heeft invloed op 35% van het energiegebruik en 33% van de energieprijzen. Het beïnvloeden van het gedrag is dus een belangrijke mogelijkheid om energie te besparen. In het vorige hoofdstuk is aangetoond dat gedrag invloed heeft op het energiegebruik van verlichting, computers, verwarming, papier, dienstreizen en woon-werkverkeer. De dienstreizen dragen in totaal 16% bij aan de totale energie-uitgaven.

Er kan als regel ingesteld worden dat, indien er niemand aanwezig is in het kantoorvertrek, de verwarming, de verlichting en de computers uitgeschakeld moeten zijn. Hierop zal dan ook gecontroleerd moeten worden.

Voor het aanvragen van dienstreizen kan een procedure opgesteld worden, waarin bekeken wordt of de dienstreis echt noodzakelijk is. Tevens kan dan bekeken worden of deze met het openbaar vervoer gemaakt kan worden.

Er wordt aangenomen dat op het gasverbruik 5% bespaard zal kunnen worden met de maatregelen met betrekking tot gedrag en verkorting van de openingstijden.

Een mogelijkheid voor het reduceren van het papierverbruik is het invoeren van printpasjes. Hieraan kan een maximum aantal kopieën verbonden worden dat bij een bepaalde functie redelijk wordt geacht. De rest zal dan door de medewerkers bijgekocht moeten worden, tenzij er aangetoond wordt dat dit voor het werk onvermijdelijk is. Hiermee kan voorkomen worden dat er onnodig documenten of e-mail's uitgeprint worden en kan het verbruik voor privé doeleinden geschrapt worden. Deze maatregel leidt tevens tot een vermindering van het elektriciteitsverbruik van de kopieer/printmachines.

#### **7.4.2 Infrastructuur**

Een optie voor energiebesparing bij de VRI's is het toepassen van LED-lampen. De reductie van het energiegebruik is volgens schattingen 50%. De terugverdientijd bedraagt tussen de 3 en de 11 jaar (Veltman en Fernhout, 2000). In het scenario wordt deze tijd verkort naar 1 of 2 jaar. Dit betekent dat de LED-lamp een goede optie is om in vrij korte tijd kostenbesparingen te realiseren. Een voordeel van de LED is dat deze maar een keer in de tien jaar vervangen hoeft te worden, in tegenstelling tot de huidige lampen die elk jaar vervangen moeten worden. Hiertegenover staat dat de LED-lamp minstens 2 keer zo duur is.

Een andere optie is om de gloeilampen (momenteel 20% van totaal) te vervangen door halogeenlampen. Dit levert een energiebesparing op van 15%. De halogeenlampen gebruiken 50% minder energie. Tevens is de levensduur meer dan twee keer zo groot. Hiertegenover staat wel een dubbele kostprijs.

Bij de openbare verlichting kan het dimmen van hogedruk natriumlampen toegepast worden.

De terugverdientijd van het systeem is echter erg groot. Deze bedraagt ongeveer 38 jaar (TUE, 2000). Dit betekent dat het in dit scenario zeker geen optie is voor forse kostenbesparingen, ook niet als de terugverdientijd daarmee verkort wordt naar 8 jaar.

Het vervangen van de oude generatie lagedruk natriumlampen door de energiebesparende generatie levert een kostenbesparing op van circa 6% (zie hoofdstuk 6).

#### **7.5 Conclusie**

In dit hoofdstuk is een scenario uitgewerkt, waarin de energieprijzen met een factor vijf toenemen. In tabel b5.2 in bijlage 5 is weergegeven welke kostenbesparing er gerealiseerd wordt met de maatregelen die uit dit hoofdstuk naar voren komen om energiebesparing te verkrijgen. De totale kostenbesparing bedraagt 31%. Hierbij is nog niet de energiebesparing die een reductie van de luchtverversing met zich meebrengt meegeteld. Met het huidige ventilatiesysteem is dit namelijk niet mogelijk. Verder wordt recirculatie van de buitenlucht door Cox en Rolloos (1995) afgeraden. Menselijke huidschilfers en andere verontreinigingen blijven dan in het gebouw aanwezig.

De kostenbesparing die met de maatregelen bereikt wordt is op zich vrij fors. Toch is het de vraag of deze voldoende is om de kosten beheersbaar te houden. De stijging van de energie-uitgaven is dan namelijk nog steeds 300%.

In tabel 7.5 is de energiebesparing die de maatregelen opleveren weergegeven.

Tabel 7.5 energiebesparing

	%
LEDs in VRI	6
Verkorten openingstijden Provinciehuis	4
Dienstreizen	3
Uitschakelen luchtbevochtiging	3
Verlichtingssysteem Provinciehuis aanpassen	2
Verwarming	2
Papier	1
Computers	1
Onderhoud aan wegen	1
Overig	2
<b>Totaal</b>	<b>27</b>

Er is evenveel energie bespaard als met de maatregelen uit hoofdstuk 6, namelijk 27%. De verschillen zitten met name in het verkorten van de openingstijden van het Provinciehuis en het uitschakelen van de luchtbevochtiging. Samen leveren deze twee maatregelen 7% extra energiebesparing op. Hiertegenover staat dat bepaalde maatregelen uit hoofdstuk 6 niet gerealiseerd kunnen worden in het scenario. Zo is het dimmen van de openbare verlichting te duur. Ook is in het scenario geen energiebesparing gerealiseerd bij het woon-werkverkeer.

Dit scenario heeft dus geen nieuwe maatregelen opgeleverd, waarmee de energie-efficiency doelstelling overtuigend bereikt kan worden. In het volgende hoofdstuk zal daarom een derde aanpak gebruikt worden om energiebesparende maatregelen te vinden, namelijk backcasting.

## 8. Backcasting

### 8.1 Inleiding

In de vorige twee hoofdstukken zijn maatregelen voor energiebesparing gezocht door aan de hand van de huidige situatie te bepalen welke verbeteringen er mogelijk zijn.

Uit hoofdstuk 6 en 7 blijkt dat met de resultaten van deze methode de doelstellingen niet gehaald kunnen worden. De maximale besparing met de maatregelen bedraagt 27%. Dit is met het oog op toekomstige ontwikkelingen van het energiegebruik niet voldoende, zeker omdat de maatregelen in praktijk niet maximaal gerealiseerd zullen worden.

In dit hoofdstuk zal daarom een andere aanpak gebruikt worden, namelijk backcasting. Hierbij wordt niet geredeneerd vanuit de huidige situatie, maar vanuit een duurzame toekomstige situatie. De bedoeling van backcasting is om na te gaan welke stappen achtereenvolgens gevolgd moeten worden om dit duurzame toekomstbeeld te realiseren (DTO, 2000).

Bij backcasting gaat het er dus niet om welke toekomst waarschijnlijk is, maar hoe een gewenste toekomst bereikt kan worden. Volgens Robinson (1982) is de term afkomstig van Amory Lovins. Het idee achter backcasting is dat ontwikkeling afhankelijk is van keuzes en plannen die nu gemaakt worden, met andere woorden; dat toekomstige ontwikkelingen te beïnvloeden zijn.

Een voordeel van deze benadering is dat het zoeken naar nieuwe ontwikkelpaden gestimuleerd wordt, als conventionele paden geen oplossing bieden voor een probleem (Höjer & Mattson, 1999). Backcasting is afhankelijk van forecasts. Indien de meeste forecasts een ongewenste toekomst in beeld brengen, of geen oplossing voor een probleem voorspellen, kan met backcasting bepaald worden hoe het gat tussen het ongewenste toekomstbeeld en een gewenste toekomst gedicht kan worden (Tuinstra et al, 1999).

Volgens Dreborg (1996) is de backcasting benadering met name geschikt bij complexe problemen die grote veranderingen vereisen en niet geïnternaliseerd zijn in bestaande markten. Bovendien is er een lange tijdshorizon beschikbaar. Dit geldt voor vrijwel alle duurzaamheidsproblemen zoals het broeikaseffect en het opraken van fossiele brandstoffen.

#### 8.1.1 De methode

De eerste stap bij backcasting is een probleemoriëntatie. Hierbij wordt het probleem gedefinieerd en eisen aan de oplossing gesteld (bijvoorbeeld 80% CO<sub>2</sub>-reductie in 2050). Verder worden huidige trends besproken (Tuinstra et al, 1999). In de tweede stap wordt een schets van een duurzame toekomst gemaakt die voldoet aan de eisen. Het toekomstbeeld is bij voorkeur ver weg, bijvoorbeeld over 50 jaar, omdat men dan los kan komen van actuele beperkingen (DTO, 1997). Vervolgens kan het duurzame toekomstbeeld vergeleken worden met forecasts. Als het duurzame toekomstbeeld niet gerealiseerd wordt volgens de meeste forecasts zijn ingrepen nodig om een pad naar de duurzame toekomst te volgen (Höjer & Mattson, 1999). De derde stap (ook wel backcasting genoemd) betreft het bepalen van de ontwikkelingslijn tot het toekomstbeeld. Dit kan bijvoorbeeld door het maken van scenario's (Mulder en Biesiot, 1998). Hierbij gaat het om het identificeren van innovaties en veranderingsprocessen (opties om duurzame toekomstbeeld mee te realiseren) die in gang gezet kunnen worden. Door de looptijd van deze processen te bepalen kan inzicht gekregen worden in het tijdstip waarop deze moeten starten (Tuinstra et al, 1999 en DTO, 1997). Vervolgens worden de opties onderzocht en de meest kansrijke geselecteerd. Dit resulteert uiteindelijk in een stappenplan voor acties op lange en korte termijn om het duurzame toekomstbeeld te realiseren.

Een voorbeeld van een backcasting benadering is gebruikt bij het programma duurzame technologische ontwikkeling (DTO). Dit is een interdepartementaal programma dat liep van 1993 tot 1997 en in 1998 een vervolg kreeg tot 2001. Het uitgangspunt van DTO is een reductie van de milieubelasting per eenheid welvaart met een factor 20 in 2040. Deze factor is gebaseerd op een verdubbeling van de wereldbevolking en een vervijfvoudiging van de welvaart<sup>12</sup> in 2040 (van Kasteren, 2000). Bovendien moet de milieubelasting ten opzichte van 1990 met een factor twee zijn teruggedrongen. Dit kan volgens Jansen en Vergragt (1993) alleen gerealiseerd worden met 'veranderingen tot in de wortels van

<sup>12</sup> Dit komt overeen met een matige welvaartsstijging in het noordelijk halfmond met 1,5% per jaar en een inhaalgroei in het zuidelijk halfmond met 5% per jaar (Jansen en Vergragt, 1993).

ontwikkeling en trendbreuken'. Technologie speelt in een duurzame ontwikkeling volgens hen een noodzakelijke rol, maar kan alleen succesvol zijn indien aan culturele en structurele voorwaarden<sup>13</sup> voldaan is.

Technologische ontwikkeling is bij deze benadering van backcasting dus gekozen als invalshoek. Het is echter de vraag in welke mate technologische ontwikkeling alléén een oplossing kan aanreiken voor de duurzaamheidsproblematiek. Een andere opmerking die geplaatst kan worden bij de DTO-aanpak is of de welvaartsstijging wel gewenst is (met name in ontwikkelde landen) en niet in strijd is met een duurzame toekomst. In dit onderzoek wordt daarom afgeweken van de DTO-aanpak door niet alleen techniek als ingang te beschouwen, maar ook structuur en cultuur. Hiermee kan het welvaartsniveau beïnvloed worden.

## 8.2 Probleemoriëntatie

De volgende problemen doen zich voor bij het huidige energiegebruik: milieubelasting, de voorzieningszekerheid van energie en de verdeling van het energiegebruik over de wereldbevolking.

In hoofdstuk 2 is besproken welke gevolgen een toename van de CO<sub>2</sub>-concentratie in lucht heeft voor het klimaat. In de meeste studies wordt ervan uitgegaan dat de negatieve gevolgen van de klimaatverandering te beperken en te voorkomen zijn door de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2050 te reduceren met 50 tot 80% ten opzichte van 1990 (DTO, 1997; Tuinstra et al, 1999; Trainer, 1995). De kortetermijndoelstellingen van het Kyoto-verdrag zijn 6% CO<sub>2</sub>-reductie ten opzichte van 1990 in 2010. Mulder (1995) en Biesiot (1998) gebruiken de CO<sub>2</sub>-uitstoot als een maat voor de milieubelasting door energiegebruik. Gepaard met een lagere CO<sub>2</sub>-emissie gaat namelijk vaak een kleinere uitstoot van andere schadelijke emissies zoals NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub>.

De emissie van schadelijke stoffen is niet het enige probleem bij het huidige energiegebruik. Zo neemt het gebruik van energie steeds meer toe, terwijl de voorraden fossiele brandstoffen slinken. Dit is ook al aan bod gekomen in hoofdstuk 2.

Er zijn verwachtingen dat de wereldbevolking omstreeks 2060 verdubbeld zal zijn (Trainer (1995) en DTO (1997)). Bovendien is de productie en consumptie (welvaart) volgens huidige trends vervijfvoudigd in 2050. Hiertegenover staat dat de voorraden olie en gas volgens BP Amoco (2000) tussen 2040 en 2060 niet meer economisch exploiteerbaar zullen zijn bij de huidige omvang van het energiegebruik. Kolen zijn volgens deze voorspellingen langer te winnen, tot 2230. Bij een toename van het energiegebruik zullen deze tijden verkorten.

Bovenstaande ontwikkelingen zorgen ervoor dat aanpassingen aan de huidige energievoorziening nodig zullen zijn.

In verband met de benodigde CO<sub>2</sub>-reductie zal wellicht:

- Duurzame energie en energiebesparing zeer belangrijk worden in de energievoorziening.
- Clean coal technology nodig zijn in 2050. Dit omdat de voorraden kolen nog aanzienlijk zijn en kolen belangrijke voordelen bieden boven duurzame energiebronnen (grootschalige elektriciteitsopwekking is mogelijk en er is geen dag-nacht verschil bij opwekking energie). Bovendien is energie uit kolen in 2050 wellicht nog steeds goedkoper dan duurzame energie.

Een derde probleem is de ongelijke verdeling van het energiegebruik. Zo is 18% van de wereldbevolking verantwoordelijk voor 50% van het energiegebruik (Mulder, 1995).

Hoe kunnen de gesignaleerde problemen nu opgelost worden? Het antwoord kan liggen in een ontwikkeling naar een duurzame samenleving. Mulder (1995) definieert een duurzame samenleving als volgt:

*'In a sustainable (steady state) society an equal right to the benefits of natural resources per capita exists, irrespective of place or time of living. In a sustainable society at least the basic human needs are satisfied, within a decent environmental quality.'*

<sup>13</sup> Cultuur bepaalt de omvang en de aard van behoeften waarvan de vervulling legitiem is en de condities waaraan technologie en structuur bij het vervullen van die behoeften moeten voldoen. Structuur is de wijze waarop het vervullen van die behoeften door middel van productie en consumptie is georganiseerd in de economie en in de bestuurlijke organisatie (Jansen en Vergragt, 1993).



Deze definitie impliceert dat in een duurzame samenleving sprake is van een gelijk (recht op) energiegebruik per hoofd van de bevolking zowel in de Eerste als de Derde Wereld ('equity'). Er is een goede kwaliteit van de leefomgeving, en daarmee een lage milieubelasting. De basisbehoeften van de wereldbevolking worden vervuld, zowel nu als in de toekomst.

In een duurzame samenleving volgens Mulder zijn de hierboven geschetste problemen opgelost.

De WCED (1987) noemt als kenmerken van duurzaamheid:

*Gelijke toegang tot hulpbronnen over de hele wereld en het beperken van de vervuiling, zodat toekomstige generaties in hun behoefte kunnen voldoen.*

Deze kenmerken komen overeen met de definitie van Mulder.

Opvallend is dat bij beide definities geen welvaartsgroei hoeft te bestaan, maar alleen voldaan hoeft te worden aan de basisbehoeften van de wereldbevolking.

In dit onderzoek worden de volgende kenmerken van een duurzame toekomst gedefinieerd:

- De milieubelasting is beperkt en niet groter dan de veerkracht<sup>14</sup> van het milieu.
- De levering van energie is zeker en voldoende, zowel voor huidige als toekomstige generaties.

Concreet kunnen deze kenmerken vertaald worden in de volgende eisen aan een duurzaam toekomstbeeld:

- 80% CO<sub>2</sub>-reductie in 2050 (t.o.v. 2000).
- De basisbehoeften van de wereldbevolking worden gedekt, inclusief die van toekomstige generaties.
- Op korte termijn zijn de doelstellingen van het provinciale energiebeleid 22% energie-efficiency stijging en 7% duurzame energie in 2010.

### 8.3 Duurzaam Toekomstbeeld

Voordat een duurzaam toekomstbeeld voor de Provincie Noord-Brabant besproken wordt, zullen eerst een aantal visies op een duurzame samenleving gegeven worden. Vervolgens zullen de eisen die gesteld kunnen worden aan een duurzame toekomst bepaald worden.

Mulder (1995) toont aan dat een duurzame samenleving<sup>15</sup> met de huidige materiële welvaartstijging en energie-efficiency stijging niet gerealiseerd zal kunnen worden. Met name een ontwikkeling naar 'equity', levert problemen. Hij stelt dat een duurzame samenleving alleen mogelijk is, als de kloof tussen arm en rijk gehandhaafd blijft, of als er trendbreuken plaatsvinden bij de bevolkingstoename, de groei van consumptie of energie-efficiency (dit kunnen ook structurele trendbreuken zijn zoals substitutie van energie-intensieve naar arbeidsintensieve producten).

Volgens Trainer (2000) zijn de oorzaken van de onduurzaamheden in de huidige samenleving toe te schrijven aan het winstmotief, economische groei en marktkrachten. Het huidige economische systeem is volgens hem te zeer gericht op industrialisatie en groei. Een duurzame toekomst ziet hij dan ook in een overgang naar een 'conservator society'. Deze bestaat uit kleine lokale economieën die zelfvoorzienend zijn. Er worden alleen hulpbronnen uit de eigen regio gebruikt, zodat deze niet vervoerd hoeven te worden vanuit andere delen van de wereld.

De consumptie is veel geringer dan nu. Zo wordt er alleen geproduceerd en geconsumeerd wat nodig is voor een comfortabel leven. De economische groei is nul en de lokale economieën zijn onafhankelijk van nationale en internationale economische systemen.

Producten worden ontworpen om lang mee te gaan en gerecycled te worden.

<sup>14</sup> Er wordt verondersteld dat de natuur en het milieu zich in beperkte mate kunnen herstellen.

<sup>15</sup> Mulder (1995) hanteert de volgende randvoorwaarden aan een duurzame samenleving:

- De voorraden van fossiele brandstoffen
- Totale CO<sub>2</sub>-emissie van maximaal 1232 Gton van 1990 tot 2100.
- Verdubbeling wereldbevolking in 2100 ten opzichte van 1990.

Deze samenleving vereist een verandering van het waarden- en normenpatroon van mensen; met name in ontwikkelde landen. Verder zijn er structurele veranderingen nodig, met betrekking tot het economische systeem.

Een duurzame visie bij het Climate OptiOns for the Long term (COOL)-project van het Centre for European Policy Studies (CEPS) vertoont overeenkomsten met de samenleving van Trainer. Een decentrale energievoorziening en zelfvoorzienendheid in een regio staan er centraal. Een zelfvoorzienend systeem biedt voordelen omdat het equity probleem wordt opgelost en er een maximale recycling van materialen mogelijk is. Bovendien hoeft er minder transport plaats te vinden van producten en goederen. Belangrijk is verder dat mensen het milieu hoog waarderen en bereid zijn hun gedrag aan te passen om CO<sub>2</sub>-emissie te reduceren. Woningen zijn bij deze visie gesitueerd in compacte steden en er wordt veelvuldig gebruik gemaakt van het openbaar vervoer. Auto's rijden op bio-ethanol met brandstofcellen. De elektriciteitsproductie is gebaseerd op zon, wind en kolen (Tuinstra et al, 1999).

Bovenstaande visies tonen aan dat behalve technologie ook structurele en culturele ontwikkelingen een bijdrage kunnen (en ook moeten?) leveren aan de realisatie van een duurzame toekomst. Hierbij gaat het met name om het verminderen van de consumptie en de bereidheid tot het aanpassen van gedrag voor CO<sub>2</sub>-reductie (of een duurzame samenleving). Bij structurele ontwikkelingen gaat het om het verminderen van de economische groei en het internaliseren van duurzaamheid in het economische systeem.

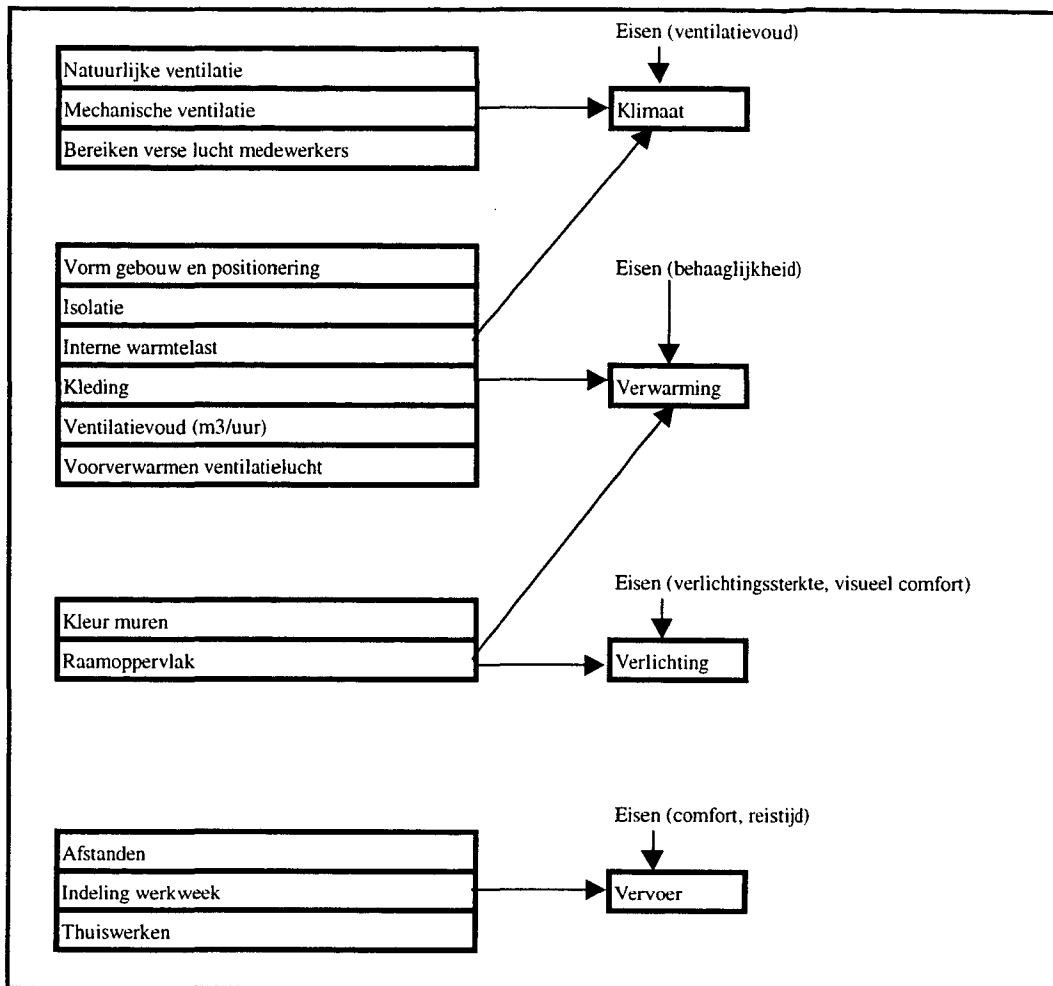
### **8.3.1 Eisen aan duurzame toekomst**

Er kunnen nu een aantal eisen gesteld worden, waaraan een duurzame toekomst moet voldoen.

In het kader van CO<sub>2</sub>-reductie is het belangrijk dat gebouwen een minimale energievraag hebben en zoveel mogelijk zelf duurzame energie opwekken.

In onderstaand model zijn een aantal factoren weergegeven die invloed hebben op de energievraag van gebouwen. In het model wordt onderscheid gemaakt tussen het energiegebruik van verwarming, verlichting, klimaatbeheersing en vervoer (energiefuncties). In de eerste kolom staan factoren waar invloed op uit te oefenen is. Deze factoren bepalen samen met de eisen die gesteld worden aan een energiefunctie de vraag naar energie. De invulling van deze energievraag kan, door zoveel mogelijk gebruik te maken van duurzame energie en een hoog rendement energieopwekking, leiden tot een laag primair fossiel energiegebruik.

Dit model wordt gebruikt om te bepalen hoe het energiegebruik van een gebouw geminimaliseerd kan worden.



Figuur 8.1: Model energiegebruik kantoorgebouw.

Het energiegebruik bij de verwarming wordt onder andere bepaald door de vorm en positionering van het gebouw, de mate van isolatie, de interne warmtelast, de ventilatievoud en de voorverwarming van ventilatielucht. Verder zijn de eisen die gesteld worden aan de verwarming van belang, zoals (fluctuaties in) de binnentemperatuur. Deze eisen zijn afhankelijk van de mate van behaaglijkheid die gewenst wordt. Van invloed op de behaaglijkheid van mensen zijn (met betrekking tot het energiegebruik): luchttemperatuur, straling van oppervlakken, relatieve luchtvochtigheid, snelheid omgevingslucht en kleding (Leijendeckers, 1995).

Bij de vorm van het gebouw gaat het om de verhouding van de inhoud en het verliesoppervlak. Een bolvorm is in dit opzicht de beste keus, gevolgd door een kubus.

De interne warmtelast wordt bepaald door de interne warmteproductie van apparaten, verlichting en mensen. Deze heeft een negatief verband met het energiegebruik bij verwarming (Everw) maar leidt in de zomer tot meer vraag naar koelvermogen.

De mate van ventilatie (de ventilatievoud) heeft een positieve invloed op het energiegebruik bij zowel verwarming als ventilatie (indien dit mechanisch gebeurt). Everw kan verminderd worden door de ventilatielucht voor te verwarmen.

Een groot raamoppervlak vermindert het energiegebruik dat nodig is voor verlichting. Tevens heeft dit zowel een positieve als negatieve uitwerking op Everw. Een groot raamoppervlak op het zuiden, mits goed geïsoleerd, vermindert Everw. Een zelfde raamoppervlak op het noorden heeft het tegenovergestelde effect.

Uit het model blijkt dat een gebouw met een minimaal energiegebruik aan de volgende eisen voldoet: De vorm en positionering van het gebouw is goed gekozen. De isolatie is optimaal en er is een groot raamoppervlak op het zuiden en een kleiner oppervlak op het noorden. Het raamoppervlak op het oosten

en westen zit tussen deze twee groottes in. De interne warmtelast wordt beperkt om de vraag naar koeling in de zomer te reduceren. In het optimale geval hoeft er door de constructie van het gebouw en het ventilatiesysteem geen koelinstallatie gebruikt te worden. De ventilatievoud is beperkt om het energiegebruik bij verwarming en klimaatbeheersing te reduceren. Tevens bereikt de verse lucht in hoge mate de medewerkers. Er wordt indien mogelijk gekozen voor natuurlijke ventilatie (met voorverwarming van ventilatielucht).

De afstanden die gemaakt moeten worden bij woon-werkverkeer en dienstreizen zijn minimaal.

Ook kan er invloed uitgeoefend worden op de eisen die gesteld worden aan de energiefuncties. Deze hebben bijvoorbeeld betrekking op de behaaglijkheid, verlichtingssterkte, visueel comfort, luchtverversing, relatieve luchtvochtigheid en reistijd. Samenhangend hiermee is de bereidheid van mensen om hun gedrag aan te passen en/of comfort in te leveren voor energiebesparing.

Verder is het belangrijk om, bij het beperken van het fossiele energiegebruik, zoveel mogelijk duurzame energie te gebruiken en installaties te nemen met een grote energie-efficiency.

Een energiezuinig gebouw kan dus verkregen worden door op de eerste plaats (1) de factoren in de linker kolom optimaal te beïnvloeden, vervolgens (2) de eisen aan energiefuncties aan te passen ten gunste van energiebesparing, (3) zoveel mogelijk duurzame energie te gebruiken en tot slot (4) de energie-efficiency van apparaten en energieopwekking te maximaliseren.

Eisen die, in verband met CO<sub>2</sub>-reductie, gesteld kunnen worden aan transport zijn een grote energie-efficiency en een groot aandeel duurzame energie. Omdat de bevolking toeneemt zal het steeds drukker worden op de wegen. Het is daarom belangrijk om de afstanden die gereden moeten worden te verkorten. Dit kan door voorzieningen en woningen te concentreren in gebieden die goed met het openbaar vervoer te bereiken zijn.

Samenvattend kunnen de volgende eisen gesteld worden aan een duurzame toekomst:

1. Gebouwen hebben een minimale energievraag.
2. Mensen zijn bereid hun gedrag aan te passen ten voordele van CO<sub>2</sub>-reductie.
3. Er wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van duurzame energie.
4. De energie-efficiency van de opwekking van energie en apparatuur is maximaal
5. Openbaar vervoer vervangt zoveel mogelijk het autogebruik.

De eisen 1, 3 en 4 zijn afhankelijk van technologische ontwikkelingen op het gebied van energiebesparing en energie-efficiency.

### **8.3.2 Provincie Noord-Brabant**

Een duurzaam toekomstbeeld bij de Provincie Noord-Brabant dient te bestaan uit een Provinciehuis met een minimale energievraag en een maximale opwekking van duurzame energie. Dit betekent dat de energie die nodig is voor verwarming van het gebouw minimaal is. In het meest extreme geval houdt dit in dat de afkoeling van het gebouw gelijk is aan de interne warmtelast, en er daarom alléén maar 'energieverlies' ontstaat door ventilatie. De lucht die gebruikt wordt voor te ventileren wordt dan voorverwarmd door warmteterugwinning uit uitgaande ventilatielucht, of door lucht aan te zuigen uit een atrium. Aan de resterende energiebehoefte voor verwarming wordt zo efficiënt mogelijk voldaan, bijvoorbeeld met een warmtepomp.

Het ventileren kan op natuurlijke wijze gebeuren, zonder mechanische toe- of afvoer. Hiermee wordt bespaard op het elektriciteitsverbruik. Ook voor grote gebouwen is deze vorm van ventileren (inclusief voorverwarming ventilatielucht) mogelijk, bijvoorbeeld met behulp van een zonneshoorsteen en zelfregelende ventilatieroosters.

Door optimaal gebruik te maken van daglicht, kan het benodigd lichtvermogen geminimaliseerd worden. Behalve een minimale energievraag dient er maximaal gebruik te worden gemaakt van duurzame energie, zoals zonnecellen, zonnecollectoren, windenergie en andere vormen.

De oppervlakte van het gebouw kan beperkt blijven indien er gebruik wordt gemaakt van flexwerken, thuiswerken en een verkorte werkweek (bijvoorbeeld vier dagen in de week 9.00 uur per dag).

Thuiswerken is uit oogpunt van energiebesparing echter alleen interessant als medewerkers wonen in energiezuinige woningen. Een kleiner gebouw leidt dan tot een lager energiegebruik. Het meest

energiezuinige kantoorgebouw in Nederland is op dit moment de Thermo-Staete van DWA (15 m<sup>3</sup> a.e./m<sup>2</sup>). In combinatie met een reductie van het vloeroppervlak met 50% is de besparing bij het Provinciehuis minimaal 75%, afhankelijk van verdere technologische ontwikkelingen op het gebied van energiebesparing.

Het energiegebruik bij woon-werkverkeer is onder andere afhankelijk van de afstand van de woningen van de medewerkers tot het Provinciehuis en het type vervoermiddel dat gebruikt wordt. Medewerkers dicht bij hun werk laten wonen is dus een mogelijkheid om transport te beperken. Een duurzaam toekomstbeeld kan bestaan uit het huisvesten van medewerkers in energieautarkische woningen (of appartementen) in de buurt van het Provinciehuis. Deze woningen hebben door een optimaal gebruik van duurzame energie en een minimale energievraag een primair energiegebruik van nul. Ze zijn dus volledig zelfvoorzienend in hun energiebehoefte. Door deze woningen in clusters te bouwen met daarin voorzieningen zoals een supermarkt, een bibliotheek en kinderopvang kan het vervoer nog verder gereduceerd worden. Binnen deze woonclusters worden geen auto's toegelaten, maar is er beschikking over openbaar vervoer en wordt er gefietst. Tussen woonclusters in wordt gereisd met openbaar vervoer. Door deze reductie van het autogebruik zijn er minder wegen nodig en is het aandeel openbaar vervoer vergroot. De auto's die nog gebruikt worden rijden op duurzame brandstoffen. Dit kan waterstof zijn, geproduceerd met zon- en windenergie, of biobrandstof.

Het energiegebruik van de woningen van alle medewerkers bedraagt 4 miljoen m<sup>3</sup> a.e. per jaar op basis van het gemiddelde energiegebruik van huishoudens (2820 m<sup>3</sup> a.e. (ECN, 2001)). Dit is 20% meer dan het totale energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant. De woningen van de medewerkers zijn dus op energiegebied minstens zo interessant om te beïnvloeden als het Provinciehuis en de infrastructuur.

Een duurzaam toekomstbeeld voor de Provincie Noord-Brabant bestaat kortom uit:

- Energieautarkisch Provinciehuis.
- Energieautarkische woonclusters met voorzieningen, in de buurt van het Provinciehuis.
- Een gewijzigde infrastructuur, met (duurzaam) openbaar vervoer tussen woonclusters, en binnen woonclusters alleen openbaar vervoer en fietspaden (geen auto's).
- Resterende autogebruik gebeurt met duurzame bronnen.

Door de energieautarkische gebouwen met een fossiele energiegebruik van nul en duurzaam vervoer is de CO<sub>2</sub>-emissie nihil en wordt aan de 80%-reductie-eis voldaan.

## **8.4 Backcasting**

Er zal nu bekeken worden hoe aan het duurzame toekomstbeeld voldaan kan worden. Welk pad moet er gevolgd worden? Er worden hiertoe drie perioden onderscheiden: lange termijn, middellange termijn en korte termijn. Vervolgens wordt een stappenplan gegeven.

### **8.4.1 Lange termijn**

Om aan het duurzame toekomstbeeld in 2050 te voldoen zal er op termijn een nieuw Provinciehuis gebouwd moeten worden. Door het oppervlak van dit gebouw te reduceren met 50% is de besparing ten opzichte van 2000 minimaal 75% (zie verder bijlage b6.1).

Verder zullen mensen gehuisvest moeten zijn in energieautarkische woonclusters in de buurt van het Provinciehuis.

De energievraag van de woningen en het Provinciehuis is minimaal, niet alleen door technologische maatregelen, maar ook door cultuur. Mensen zijn bereid rekening te houden met het milieu en 'het met minder te doen'. De consumptie is daarom gereduceerd, waardoor de milieubelasting nog verder slinkt. Op lange termijn zijn er verder aanpassingen aan de infrastructuur nodig. De rol van het openbaar vervoer moet vergroot worden en het aantal wegen verkleind. Het openbaar vervoer tussen woonclusters kan alleen gerealiseerd worden indien dit aansluit bij nationale trends. De infrastructuur binnen woonclusters kent deze beperking niet.

#### 8.4.2 Middellange termijn

De bouw van het nieuwe Provinciehuis moet voorbereid worden. Ontwerp dient plaats te vinden op basis van actuele ontwikkelingen met betrekking tot energiebesparing en energie-efficiency. Er moet draagvlak gecreëerd worden bij de medewerkers en duidelijk gemaakt worden welke bijdrage zij kunnen leveren aan een duurzaam kantoor.

Een gedeelte van de medewerkers dient al te wonen in energieautarkische woningen en transport moet duurzaam plaatsvinden.

#### 8.4.3 Korte termijn

Gezien de recente renovatie en hiermee samenhangend de tijd die het kost om een draagvlak te creëren voor een nieuw Provinciehuis zal nieuwbouw uitgesteld worden tot na 2010. Op korte termijn moeten de opties uit hoofdstuk 6 en 7 toegepast worden, samen met verregaande aanpassingen aan het Provinciehuis. Verregaande aanpassingen aan het Provinciehuis, indien niet gekozen wordt voor nieuwbouw, zijn noodzakelijk om de doelstellingen op korte termijn te realiseren. Bij de infrastructuur is weinig extra besparing meer te realiseren, vanwege de aankomende strengere Europese wet- en regelgeving en de beperkte mogelijkheden voor energiebesparing bij de openbare verlichting. De aanpassingen bij het Provinciehuis moeten betrekking hebben op het vervangen van het ventilatiesysteem en het wijzigen van de warmteopwekking en het warmtedistributiesysteem. Verwarming en ventilatie dragen voor 60% bij aan het energiegebruik van het Provinciehuis. Een mogelijkheid voor het ventileren is het aanbrengen van een zonneshoorsteen. Dit kan door een transparante gevel voor een bestaande gevel te plaatsen. De lucht in de spouw wordt onder invloed van zonlicht verwarmd, waardoor er een natuurlijke trek ontstaat. Er is dan geen mechanische ventilatie meer nodig. De ventilatielucht wordt met het systeem tevens voorverwarmd. De besparing bedraagt ca. 8% op het totale energiegebruik (zie verder b6.2).

Met betrekking tot het warmtedistributiesysteem kan gekozen worden voor lage-temperatuur-verwarming met een groot radiatoroppervlak in combinatie met een warmtepomp. De besparing bedraagt momenteel 4% op het totale energiegebruik, maar kan meer bedragen bij toekomstige warmtepompen met een hoger rendement (zie verder b6.2).

Verder is het belangrijk om zelf duurzame energie op te gaan wekken. Dit is mogelijk door een combinatie te gebruiken van zonne- en windenergie. Een mogelijke verdeling is: 500 m<sup>2</sup> zonnecollector op het dak van het Provinciehuis, 30 m<sup>2</sup> zonnecollector bij elk steunpunt en districtskantoor, 1000 m<sup>2</sup> zonneceloppervlak bij het Provinciehuis, 1500 m<sup>2</sup> zonneceloppervlak langs de wegen en een windmolen bij het Provinciehuis (zie bijlage b6.3).

Voor de dienstreizen kan energie-efficiënt vervoer gebruikt worden.

#### 8.4.4 Stappenplan

In onderstaand stappenplan zijn de acties die genomen moeten worden weergegeven.

##### *Acties vanaf 2001:*

- Medewerkers warm maken voor energieautarkische woningen
- Locatie zoeken voor bouwplaats woningen.
- Energiebesparende maatregelen uit hoofdstuk 6 en 7 invoeren.
- Aanpassingen aan het huidige Provinciehuis maken, zoals duurzame energie opwekken en energie besparen bij de ventilatie en verwarming.

##### *Acties vanaf 2010:*

- Beginnen met het huisvesten van medewerkers in de woningen.
- Voorbereiden ontwerp nieuw Provinciehuis. Het oppervlak van het nieuwe gebouw wordt met de helft gereduceerd, door veelvuldig gebruik te maken van thuiswerken, flexwerken en een verkorte werkweek. Het nieuwe Provinciehuis zal, op basis van actuele ontwikkelingen, een minimaal energiegebruik en een maximaal gebruik van duurzame energie hebben.
- Voor dienstreizen worden auto's met brandstofcellen geïntroduceerd, waarvan de brandstof wordt geproduceerd met duurzame energie (zon, wind, biomassa).

#### *Acties vanaf 2020:*

- Het nieuwe Provinciehuis wordt gebouwd.
- 25% van de medewerkers woont in energieautarkische woningen.
- Er wordt duurzaam openbaar vervoer (bijvoorbeeld bussen op biobrandstof) gerealiseerd van de wooncluster(s) naar het Provinciehuis.
- Alle dienstreizen worden gemaakt met auto's met brandstofcellen.

#### *Acties vanaf 2040:*

- 50% van de medewerkers woont in energieautarkische complexen (woonclusters).
- Wegen zijn voor een groot deel vervangen door openbaar vervoer-trajecten tussen woonclusters.

#### *2050:*

- Iedereen woont in zelfvoorzienende woonclusters.
- Tussen clusters zijn goede openbaar vervoer-verbindingen. Binnen de clusters worden geen auto's toegelaten.
- Het resterende autoverkeer rijdt op duurzame bronnen.
- Het Provinciehuis is energieautarkisch.

### **8.4.5 Kosten**

De terugverdientijd van de plaatsing van energieautarkische woningen is op basis van het huidige energiegebruik van huishoudens 20 jaar (zie bijlage b6.4). Dit bij een jaarlijkse prijsstijging van energie van 5%.

De terugverdientijd van het plaatsen van een nieuw Provinciehuis bedraagt op basis van de kosten van de Thermo-Staete 23 jaar (zie bijlage b6.1), eveneens bij een jaarlijkse prijsstijging van energie van 5%. Deze terugverdientijden zijn kleiner dan de levensduur van de objecten.

Er is geen inzicht in de kosten die gepaard zullen gaan met de benodigde aanpassingen aan het Provinciehuis met betrekking tot het ventilatiesysteem en het verwarmingssysteem.

De kosten voor duurzame energie zullen circa 4 miljoen gulden bedragen (zie bijlage b6.3).

## **8.5 Conclusie**

Door gebruik te maken van de backcasting benadering zijn nieuwe opties in beeld gekomen om de doelstellingen mee te realiseren. Zowel de korte-termijndoelstellingen als de gestelde lange-termijndoelstellingen worden gehaald.

Aanpassingen aan het Provinciehuis zorgen samen met de maatregelen uit hoofdstuk 6 en 7 voor een energiebesparing in 2010 van ca. 32%.

Op lange termijn is het fossiele energiegebruik ver gereduceerd, door de energieautarkische woningen en het energieautarkisch Provinciehuis. Tevens wordt vervoer gerealiseerd met duurzame bronnen en zijn de te rijden afstanden bij woonwerkverkeer klein. Dit betekent dat de CO<sub>2</sub>-emissie door energiegebruik nihil is.

## 9. Conclusies en aanbevelingen

### 9.1 Inleiding

In dit onderzoek is onderzocht welke mogelijkheden er zijn voor energiebesparing en duurzame energie bij de gebouwen en infrastructuur van de Provincie Noord-Brabant. Hierbij is nagegaan hoe de doelstellingen van het provinciaal energiebeleid met betrekking tot CO<sub>2</sub>-reductie in de eigen organisatie gerealiseerd kunnen worden. Er is gebleken dat de doelstellingen niet gehaald zullen worden zonder grote aanpassingen binnen het Provinciehuis.

Het energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant is 3,4 miljoen m<sup>3</sup> aardgas equivalent in 2000. 60% hiervan is voor rekening van het Provinciehuis, 35% voor de infrastructuur en 5% voor de districtskantoren en steunpunten.

Om de doelstellingen van het provinciale energiebeleid te realiseren, zal de energie-efficiency moeten toenemen met 22% en zal 7% van het energiegebruik opgewekt moeten zijn met duurzame bronnen in 2010.

In hoofdstuk 6 en 7 zijn, uitgaande van de huidige situatie, de volgende maatregelen voor energiebesparing genoemd (in volgorde van effectiviteit):

- Meer gebruik maken van openbaar vervoer bij dienstreizen en woon-werkverkeer.
- Het toepassen van LED-lampen bij verkeersregelinstallaties.
- Het verkorten van de openingstijden van het Provinciehuis.
- Het geïnstalleerd lichtvermogen in het Provinciehuis verkleinen.
- Het uitschakelen van de luchtbevochtiging in de nieuwbouw.
- Het beïnvloeden van het gedrag van medewerkers met betrekking tot het papierverbruik, computers en verlichting.
- Het verbeteren van de isolatie in de laagbouw en het verlagen van de temperatuur in het Provinciehuis.
- Het aanschaffen van energiezuinige wagens voor het onderhoud aan de wegen.

De energiebesparing die met deze maatregelen wordt gerealiseerd bedraagt maximaal 27%. Indien de helft van de dienstreizen en het woon-werkverkeer met het openbaar vervoer plaatsvinden (nu 25%) en de helft van de lampen bij de verkeersregelinstallaties vervangen worden met LED-lampen, bedraagt de totale energiebesparing 20%. Om de doelstelling met betrekking tot energie-efficiency te realiseren moet echter 22% bespaard worden. Hiervoor zijn deze maatregelen dus niet voldoende. Zeker als het energiegebruik de komende jaren gaat stijgen. De verwachtingen zijn dat het gebruik, de komende tien jaar, met zeker 8% zal groeien. Er wordt daarom aangenomen dat er minimaal 30% besparing gerealiseerd moet worden, op basis van het huidige energiegebruik, om de doelstelling te halen (zie hoofdstuk 5). Dit betekent dat er nog veel meer moet gebeuren, dan alleen de genoemde maatregelen. Bij de infrastructuur zijn hiervoor weinig extra mogelijkheden beschikbaar, ook vanwege de aankomende strengere Europese wet- en regelgeving. Verdere energiebesparing moet daarom gezocht worden bij het Provinciehuis.

In hoofdstuk 8 is door middel van backcasting een duurzaam toekomstbeeld bepaald voor de Provincie Noord-Brabant. Hieruit blijkt dat aanvullende mogelijkheden om de doelstellingen op korte termijn (in 2010) te bereiken zijn:

1. Het vervangen van het huidige ventilatiesysteem in het Provinciehuis door bijvoorbeeld natuurlijke ventilatie met behulp van een zonneshoorsteen.
2. Het plaatsen van een ander verwarmingssysteem (lage-temperatuur-verwarming met warmtepomp).
3. Of het plaatsen van een nieuw provinciehuis.

Optie 1 en 2 leveren een besparing van respectievelijk 8% en 4% op van het totale energiegebruik. Optie 3 levert een besparing van 30% op. Indien het oppervlak van het nieuwe Provinciehuis met de helft gereduceerd wordt, bedraagt de besparing 45%. Dit is mogelijk indien er gebruik wordt gemaakt van flexwerken, thuiswerken en een vierdagenwerkweek.



Een mogelijkheid om het woon-werkverkeer te reduceren is het plaatsen van energiezuinige woningen in de buurt van het Provinciehuis. Hierbij wordt tevens bespaard op het energiegebruik in de woningen van medewerkers. De besparing door het verminderen van woon-werkverkeer bedraagt 2%.

## 9.2 Conclusies

### **1. De doelstellingen van het provinciaal energiebeleid (22% energie-efficiency stijging in 2010 en 7% duurzame energie) zullen niet gehaald worden zonder grote aanpassingen binnen het Provinciehuis.**

Deze aanpassingen moeten betrekking hebben op het vervangen van het huidige ventilatiesysteem door bijvoorbeeld natuurlijke ventilatie met een zonneshoorsteen en/of het plaatsen van een ander verwarmingssysteem (bijvoorbeeld lage-temperatuur-verwarming met een warmtepomp).

De meeste energiebesparing valt echter te realiseren bij het plaatsen van een nieuw Provinciehuis met eventueel een kleiner vloeroppervlak. Indien gebruik gemaakt wordt van thuiswerken, flexwerken en een verkorte werkweek, kan het oppervlak gehalveerd worden. De energiebesparing is dan minimaal 75% bij het Provinciehuis. Thuiswerken is energetisch echter alleen interessant als medewerkers wonen in energiezuinige woningen.

Met betrekking tot duurzame energie zal binnen tien jaar een combinatie van vormen weggezet moeten worden bij het Provinciehuis, de districtskantoren, de steunpunten en de infrastructuur (bijvoorbeeld zonnecellen, zonnecollectoren en windmolens).

### **2. De woningen van medewerkers zijn met betrekking tot energiebesparing minstens zo interessant om te beïnvloeden als het energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant.**

Het energiegebruik van alle woningen samen is namelijk net iets groter. De besparing is maximaal als de woningen, door gebruik te maken van duurzame energie, volledig energieautarkisch zijn. Het fossiele energiegebruik is dan (netto) nul en de energiebesparing op fossiele brandstoffen kan maximaal 4 miljoen m<sup>3</sup> aardgas equivalent bedragen, indien alle woningen van medewerkers energieautarkisch zijn.

### **3. Om het energiegebruik bij woon-werkverkeer te reduceren kunnen energieautarkische woonclusters in de buurt van het Provinciehuis gebouwd worden voor medewerkers. Tevens wordt het energiegebruik bij de woningen van medewerkers hiermee maximaal gereduceerd.**

Door deze clusters autovrij te maken en er voorzieningen te plaatsen, zoals winkels, kan het energiegebruik door transport verder beperkt worden.

### **4. Een duurzaam toekomstbeeld voor de Provincie Noord-Brabant kan bestaan uit:**

- Een nieuw Provinciehuis met een kleiner vloeroppervlak.**
- Energieautarkische woningen met voorzieningen zoals winkels en kinderopvang in de buurt van het Provinciehuis.**
- Gewijzigde infrastructuur met een concentratie op openbaar vervoer en autovrije centra.**
- Het vervoer is duurzaam, bijvoorbeeld op waterstof geproduceerd uit duurzame bronnen.**

Hierbij is de CO<sub>2</sub>-emissie door fossiel energiegebruik flink verminderd. Met deze maatregelen kan voldaan worden aan de langetermijndoelstelling uit hoofdstuk 8, waarbij 80% CO<sub>2</sub>-reductie nodig is in 2050.

De energievraag van de gebouwen is klein, niet alleen door technische maatregelen maar ook door het gedrag van mensen. Hierbij gaat het om de bereidheid tot het wijzigen van consumptie en gedrag ten behoeve van energiebesparing. Er is een grote nadruk op (duurzaam) openbaar vervoer. De afstanden die te rijden zijn bij woon-werkverkeer zijn klein.

## 9.3 Aanbevelingen

Uit dit onderzoek komen de volgende aanbevelingen naar voren:

### **1. Voer op korte termijn de volgende maatregelen in:**

- Pas LED-lampen toe bij verkeersregelinstallaties.
- Verklein het geïnstalleerd lichtvermogen in de gangen van het provinciehuis.
- Schakel de luchtbevochtiging in de nieuwbouw uit.
- Verbeter de isolatie in de laagbouw en verlaag de temperatuur in het Provinciehuis naar 20° C.
- Verkort de openingstijden van het Provinciehuis.
- Schaf energiezuinige wagens aan voor het onderhoud aan de wegen.
- Stimuleer medewerkers om gebruik te maken van het openbaar vervoer bij dienstreizen en woon-werkverkeer.
- Beïnvloed het gedrag van medewerkers met betrekking tot het papierverbruik, computers en verlichting.

Aan de hand van het techniek-organisatie-gedrag model moeten de maatregelen in deze volgorde ingevoerd worden. Eerst moeten namelijk technische ingrepen plaatsvinden, vervolgens organisatorische ingrepen en tot dient gedragsbeïnvloeding plaats te vinden.

### **2. Realiseer enkele grote wijzigingen bij het huidige Provinciehuis.**

Om de doelstelling van het provinciaal energiebeleid te realiseren met betrekking tot energie-efficiency (22% verbetering in 2010) zullen enkele grote aanpassingen moeten plaatsvinden binnen het Provinciehuis. Deze moeten op de eerste plaats betrekking hebben op het ventilatiesysteem. Hiermee kan een extra energiebesparing van 8% verkregen worden. De besparing die te realiseren valt bij het verwarmingssysteem is geringer en vereist tevens grotere ingrepen bij het Provinciehuis.

### **3. Plaats binnen tien jaar een combinatie van zonnecellen, zonnecollectoren en windmolens voor de opwekking van duurzame energie.**

Om aan de doelstelling van het provinciaal energiebeleid met betrekking tot duurzame energie te voldoen (7% in 2010), zal zelf energie opgewekt moeten worden met hernieuwbare bronnen. Dit is tevens belangrijk voor de voorbeeldfunctie van de Provincie Noord-Brabant.

### **4. Begin over tien jaar met de voorbereiding van een nieuw provinciehuis op basis van actuele ontwikkelingen.**

De meeste energiebesparing kan verkregen worden door het plaatsen van een nieuw provinciehuis met een kleiner vloeroppervlak. Dit kan door veelvuldig gebruik te maken van thuiswerken, flexwerken en een vierdagenwerkweek. Op lange termijn is het plaatsen van een nieuw provinciehuis noodzakelijk om de benodigde CO<sub>2</sub>-reductie in 2050 te realiseren. Om de negatieve gevolgen van het broeikas-effect af te wenden, wordt vaak aangenomen dat 80% CO<sub>2</sub>-reductie nodig is in 2050.

### **5. Begin met het treffen van voorbereidingen voor het huisvesten van medewerkers in energieautarkische woonclusters in de buurt van het Provinciehuis.**

Vanwege de grote energiebesparing die gerealiseerd kan worden bij de woningen van medewerkers en voor het reduceren van woon-werkverkeer dient al begonnen te worden met het huisvesten van medewerkers in energieautarkische woonclusters.

## **6. Maak duidelijk aan alle medewerkers dat energiebesparing noodzakelijk is en zal zijn.**

Uit hoofdstuk 8 blijkt dat het essentieel is dat mensen bereid zijn hun gedrag en consumptie aan te passen ten behoeve van energiebesparing. Momenteel heeft energiebesparing geen prioriteit binnen de organisatie, niet bij de medewerkers, niet bij het beleid dat gemaakt wordt en niet bij het management. Daarom moet er voorlichting gegeven worden over de gevaren van het broeikaseffect en andere problemen bij het huidige energiegebruik zoals: de eindigheid van de voorraden fossiele brandstoffen en de continue toename van het energiegebruik. Hierbij dient duidelijk gemaakt te worden dat energiebesparing en het gebruik van duurzame energie onvermijdelijk zijn en dat het halen van de doelstellingen met betrekking tot CO<sub>2</sub>-reductie noodzakelijk is. Dit betekent dat alle medewerkers bereid moeten zijn om hieraan bij te dragen.

## **9.4 Discussie**

In deze paragraaf zullen kort de gebruikte methodes besproken worden, waarbij het vooral gaat om de bruikbaarheid ervan bij dit onderzoek.

Het techniek-organisatie-gedrag model is bruikbaar bij dit onderzoek voor het inventariseren van energiebesparende maatregelen. Het voordeel van het model is het multidisciplinaire karakter waarbij zowel gekeken wordt naar techniek als naar andere factoren die energiegebruik beïnvloeden. De indeling is vooral goed bruikbaar bij organisaties waarbij de drie factoren duidelijk aanwezig zijn. Alledrie de factoren hebben dan invloed op het energiegebruik en zijn tevens de enige (of voornaamste) factoren die invloed hebben. Een nadeel van de methode is dat deze niet uitnodigt om te kijken naar lange-termijnontwikkelingen. Ook wordt het zoeken naar verregaande oplossingen en wijzigingen in de huidige situatie niet gestimuleerd. Trends zoals stijgende energieprijzen of het opraken van fossiele brandstoffen hebben eveneens geen plaats binnen het model. Hiervoor leent een scenario zich beter.

Het scenario dat in deze studie gebruikt is, waarin de energieprijzen stijgen, leverde echter weinig extra mogelijkheden voor energiebesparing op. Bepaalde maatregelen bleken zelfs met stijgende energieprijzen te duur te zijn. Wel gaf het scenario goed inzicht in de economische gevolgen van stijgende energieprijzen en de kans dat dit zal plaatsvinden.

De backcasting methode blijkt zeer bruikbaar te zijn bij dit onderzoek. Met name om een lange-termijnvisie te ontwikkelen en benodigde trendbreuken te bepalen. In dit onderzoek zijn door middel van brainstormen (zie bijlage 6) met deze methode extra mogelijkheden voor energiebesparing en duurzame energie bepaald. Tevens is een duurzaam toekomstbeeld voor de Provincie Noord-Brabant gegeven.

## Literatuur

- Achterhuis, H. (1998). De erfenis van de utopie. Ambo, Amsterdam.
- BFE (1999). Beroepsfederatie van de producenten en verdelers van elektriciteit in België. Algemeen typebestek 005, uitrustingen voor openbare verlichting deel II-1. Lindebeek.
- Biesiot, W. (1998). Fragmenten voor een droom. Duurzame ontwikkeling dichtbij huis. Uitgeverij Jan van Arkel, Utrecht.
- BP Amoco (2000). Statistical review of world energy June 2000. UK.
- Bremmers, P., A.T. Veltman en J.T. Fernhout (2000). Energieverbruik in openbare verlichting en verkeersregelinstallaties; Eindrapportage Openbare Verlichting. ECN, Petten.
- Brink, R. van den, H. Nijland en B. van Wee (2000). De effecten van de Zuiderzeelijn op emissies en geluid; Energievreters op het spoor. RIVM.
- Campbell, C.J., en J.H. Laherrere (1998). The End of Cheap Oil. Scientific American 4, March, pp. 78-83.
- Centraal Planbureau (1996). Economie en milieu: Op zoek naar duurzaamheid. Den Haag.
- Cox, C.W.J., en M. Rolloos (1995). Binnenmilieufactoren voor kantoren. Stichting Bouw Research, ISSO, Rotterdam.
- Crown Van Gelder Papierfabrieken N.V. (1998). Milieujaarsverslag 1998. Velsen.
- Dams, R. (1997). Chemisch en fysisch onderzoek van milieuverontreinigingen. RUG, vakgroep analytische Chemie, Groningen.
- DOE (1996). Department Of Energy. Electric Power Annual 1995. USA.
- DOE (1995). Department Of Energy. Office buildings, how do they use electricity? Energy Information Administration. USA.
- Douben, N., en J. Stroeken (1997). Technologiebeleid deel II; Beleidsinstrumenten. TUE, Eindhoven.
- Dreborg, K.H. (1996). Essence of backcasting. Futures, Vol.28, No. 9, pp. 813-828.
- DTO (1997). DTO Sleutel Huisvesten. Duurzame wijkvernieuwing in Rotterdam. Den Haag.
- ECN (1997). Energie Verslag Nederland: Kroniek Techniek en onderzoek 1993-heden. Petten.
- Gasunie (1980). Physical properties of natural gases. N.V. Nederlandse Gasunie, Groningen.
- Gasunie (1999). Marktverkenning lange termijn. N.V. Nederlandse Gasunie, Amsterdam.
- Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant (2000a). Discussienota duurzame energiehuishouding 2000-2004. Den Bosch.
- Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant (2000b). Onderhoud in beweging. Den Bosch.
- Gent, B. van, en J. Katus (1995). Voorlichting: theorieën werkwijzen en terreinen. Bohn, Stafleu Van Loghum, Houten.
- Helden, W.G.J. van (1997). Diktaat bij college Blijvende Energiebronnen. TUE, Eindhoven.
- Hoevenagel, R. (1996). Milieurelevant consumentengedrag: ontwikkeling conceptueel model: interimrapport: rapportage eerste fase project milieurelevant consumentengedrag. Sociaal en Cultureel Planbureau, Den Haag.
- Hojer, M. en L. Mattsson (1999). Historical determinism and backcasting in future studies. Paper at conference on Urban Transport Systems in Lund.

- Hordijk, L., en H.M.A. Jansen et al (1997). Economische structuur en milieu. Aan Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiene. Den Haag.
- Houghton, J. (1997). Global Warming. University of Cambridge, UK.
- ISSO (1994). Ontwerpen van energie-efficiënte kantoorgebouwen; Integratie van gebouw en installatie. ISSO-SBR-publicatie 213, Rotterdam.
- Jansen, J.L.A. en Ph.J. Vergragt (1993). Naar duurzame ontwikkeling met technnologie: uitdaging in programmatisch perspectief. Milieu; Tijdschrift voor Milieukunde, jaargang 8, 1993/5, pp. 179-183.
- Jones, P., et al (1999). geofysica 37, pp 173.
- Kasteren, J. van (2000). Systeeminnovaties, de lange mars door de instellingen. De Ingenieur, december 2000.
- Koppen, C.W.J. van (1997). Diktaat bij college Blijvende Energiebronnen. TUE, Eindhoven.
- Kor, K., en Y. Burger (1998). Kijken naar organisaties. Kluwer BedrijfsInformatie, Deventer.
- K + V (2000). Eindrapport IPO-Menukaart duurzame energie en energiebesparing. Arnhem.
- Lambert, A.J.D. (2000). Syllabus Energie en Productie. TUE, Eindhoven.
- Lapperre, P.E. (1997). Energie en menselijke ontwikkeling. Diktaat bij college Blijvende Energiebronnen. TUE, Eindhoven.
- Leijendeckers, P.H.H. (1995). Leerboek Klimaatregeling. TUE, Eindhoven.
- Linden, K. van der, en R. van den Broek (2000). 'Factor 20' haalbaar... TUD, Delft.
- Lugt, B. van der (2000). To see or not to see... that is the question. De Ingenieur, april 2000.
- Mann, M.K., en P.L. Spath (1997). Life cycle assessment of a biomass gasification combined-cycle system. NREL, Colorado.
- Mehta, D.P. en A. Thumann (1989). Handbook of energy engineering. The Fairmont Press, Lilburn.
- Midden, C.J.H., W.H. Weenig en R.J. Houwen (1982). Energiebesparing door gedragsbeïnvloeding Vuga, Den Haag.
- Mills, M.P. (1999). The internet begins with coal Arlington.
- Moezzi, M. (2000). The Predicament of Efficiency. UC Berkeley.
- Mulder, H.A.J. (1995). Back to our future; Physical constraints on sustainable development paths in an energy-based backcasting approach. RUG, Groningen.
- NEC (1999). In Koomey, J. (2000), Memorandum (LBNL-44698). LBNL, Berkeley.
- NIBE (1993). Milieuclassificatie bouwmaterialen. Naarden.
- Nordman, B. (1999). Memo to J. Koomey on Elektriciteit requirements for LBNL Networking Hardware. LBNL, Berkeley.
- NSVV (1990). Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde. Aanbevelingen voor openbare verlichting. Arnhem.
- OCV (1996). Overlegcommissie Verkenningen. Verkenning energie-onderzoek. Amsterdam.
- Patterson, M. G. (1996). What is Energy Efficiency?: Concepts, Indicators, and Methodological Issues, Energy Policy 24(5). In Farla, J. (2000). Physical indicators of Energy Efficiency. Utrecht.
- Reenen, G.J., en B. Waisfisz (1995). Organisatiecultuur als beleidsinstrument. SMO-Informatief 95-5, Den Haag.

- RIVM (1999). Luchtkwaliteit jaaroverzicht 1997. Bilthoven.
- Robinson (1982). In Dreborg (1996).
- Roos, J. en J. van Swigchem (2000). Duurzame energie als tweesnijdend zwaard: minder fossiele energie en meer besparing. CE, Delft.
- Scheepers, M. en C. Batjes et al (2000). Energie Markt Trends 2000. ECN, Amsterdam.
- Schreuder, D.A. (1999). De invloed van vervuiling op de lichtsterkte van verkeerslantaarns; een overzicht van de literatuur. Duco Schreuder Consultancies, Leidschendam.
- SEP (1997). Elektriciteitsplan 1997-2006. Arnhem.
- SEP en EnergieNed (1998). Elektriciteit in Nederland. Arnhem.
- Simmons, M. R. (2000). The Oil World: 1973 Compared To 2000, An Energy White Paper. Simmons & Company International
- Steg, L. (1999). Verspilde energie? Wat doen en laten Nederlanders voor het milieu. Sociaal en Cultureel Planbureau, Den Haag.
- Swigchem, J. van et al (2000). De prijs van groeiend energiegebruik. CE, Delft.
- Technische Universiteit Eindhoven (2000). Dynamische openbare verlichting: een inventarisatie. In opdracht van Rijkswaterstaat. Faculteit technische natuurkunde, Eindhoven.
- Tuinstra, W., K.H. Dreborg en P. Steen et al (1999). 1st COOL (Climate OptiOns for the Long term) Workshop, Briefing Document. Centre for European Policy Studies (CEPS), Brussels.
- Veefkind, ... (2000). Diktaat bij college: Energie uit vaste organische brandstoffen. TUE, Eindhoven.
- Vellinga, P. (2000). in Panda, Maart 2000, Wereld Natuur Fonds.
- Veltman, A.T. en J.T. Fernhout (2000). Energieverbruik in openbare verlichting en verkeersregelinstantaties; Eindrapport Verkeers-Regel-Installaties. ECN, Petten.
- Vlek, C.A.J. (1990). Milieuhinder, milieubesef en gedragsverandering: een gedragswetenschappelijk perspectief op duurzame ontwikkeling. Delft.
- WCED (1987). Our Common Future; World Commission on Environment and Development. Oxford University Press, Oxford.
- Wood, C. (2001). Goede deregulering bestaat niet. California Public Utilities Commission. Energie Nederland nr. 9, 2001.

## Overige bronnen

- BINAS (1992). Informatieboek voor het onderwijs in de natuurwetenschappen. Wolters-Noordhoff, Groningen.
- CBS (2001). Centraal Bureau voor Statistiek. Statistisch Jaarboek 2001. Den Haag.
- DTO (2000). [www.dto-kov.nl/dto-aanpak/main-backcasting.htm](http://www.dto-kov.nl/dto-aanpak/main-backcasting.htm)
- DWA. Folder: De Thermo-Staete Aangenaam.
- ECN (2001). [www.ecn.nl](http://www.ecn.nl)
- Energiened (2001). [www.energiened.nl/graaddag](http://www.energiened.nl/graaddag), meting in Volkel.
- Energygroup limited (2001). Energy tips. [www.eqlnet.com/energy\\_tips\\_office](http://www.eqlnet.com/energy_tips_office). New Zealand.
- HNR (2001). Het Nieuwe Rijden. [hnr.pages.nl](http://hnr.pages.nl).
- IPCC. [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch).
- IVAM (2000). [www.ivambv.uva.nl](http://www.ivambv.uva.nl). IVAM Environmental Research – Afdeling Energie.
- KNMI (2001). [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl).
- Kruis, G.P. (1981). Zinvol energie besparen in bestaande gebouwen. Samenvatting voorlichtingsdag energiebesparing in openbare gebouwen. Provincie Noord-Brabant, Den Bosch.
- NEEDIS (1996). Verslag workshop. ECN-Beleidsstudies, Petten.
- Novem. Nul-energiewoning Kroon Woubrugge. [www.zon-pv.nl/pvinfo/3000141.html](http://www.zon-pv.nl/pvinfo/3000141.html).
- Novem (1992). Onderzoek Provinciehuis. Sittard.
- Novem (1998). Cijfers en tabellen. Utrecht.
- Novem (2000). Referentie Energiezorg met Leidraad. Utrecht.
- NS (1997). Jaarverslag 1997. NS Groep NV, Utrecht.
- NS (2000). Jaarverslag 2000. NS Groep NV, Utrecht.
- NWWOB (2001). N.V. Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant. Stefanie Veltman, afdeling communicatie, 14 mei 2001.
- Paassen, A.H.C. (2001). Kandidaatsopdracht Onderzoek Werktuigbouwkunde. TUD, D een elft.
- PBMA (1986). Poly-energie zakboekje. Arnhem.
- Philips (2001). Licht Catalogus 2001/2002. Eindhoven.
- PMA (2001a). Tool kit milieuzorg in kantoren.
- PMA (2001b). [www.pma.nl](http://www.pma.nl).
- Provincie Noord-Brabant (2000a). Begroting 2001 in een oogopslag. Den Bosch.
- Provincie Noord-Brabant (2000b). Vervoerplan Provinciehuis Noord-Brabant. Den Bosch.
- Rijkssen, D.O. (2001). Medewerker DWA Installatie-en energieadvies.
- Trainer, T. (2000). Global Crisis. [www1.tpgi.com.au/users/resolve/globalcrisis/resource.html](http://www1.tpgi.com.au/users/resolve/globalcrisis/resource.html)
- WSH (2001). Wind Service Holland. WSH-pagina's. [home.planet.nl/~winsh/basics.html](http://home.planet.nl/~winsh/basics.html).

## Begrippenlijst

CBS	Centraal Bureau voor Statistiek
cd	Candela
COP	Coefficient of Performance
DTO	Duurzame Technologie Ontwikkeling
ECN	Energieonderzoek Centrum Nederland
Energiebesparing	Het op directe of indirecte wijze beperken van de vraag naar primaire energiedragers per eenheid (zoals m <sup>2</sup> vloeroppervlak of m <sup>3</sup> inhoud).
Energie-efficiency	Het quotiënt van een normatieve energie-input en een werkelijke energie-input van een proces of product.
EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt
ESB	Elektronische Snelheidsbeheersingsystemen
Duurzame energie	Energie die op een schone manier wordt opgewekt, zonder de uitputting van fossiele brandstoffen.
fte	full time equivalents
HNR	Het Nieuwe Rijden
HR-ketel	Hoog Rendement ketels
kWh	kilo Watt hour
LED	Light Emitting Diode
lm	lumen
luminantie	cd/m <sup>2</sup>
lux	lumen per m <sup>2</sup>
MJ	Mega Joule
NOx	Stikstofoxiden: NO en NO <sub>2</sub>
NSVV	Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde
SON	hogedruk natriumlamp
SOx	Zwaveloxiden: SO en SO <sub>2</sub>
SOX	lagedruk natriumlamp
STEG	Stoom en Gas
TUE	Technische Universiteit Eindhoven
VRI	Verkeersregelinstallatie
VR-ketel	Verbeterd Rendement ketel
W	Watt



## Bijlagen

### Bijlage 1: CO<sub>2</sub>-uitstoot

Voor het bepalen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot worden de volgende getallen gebruikt:

- De CO<sub>2</sub>-uitstoot die bij de opwekking van elektriciteit ontstaat is 0,6255 kg/kWh (Novem, 1992). De opwekking van elektriciteit in Nederland gebeurt grotendeels met gas en kolen, respectievelijk 50 en 37% (SEP, 1998).
- De CO<sub>2</sub>-uitstoot die ontstaat bij de verbranding van aardgas is 1,97 kg/m<sup>3</sup> (Novem, 1992).
- De CO<sub>2</sub>-uitstoot die bij de verbranding van benzine en diesel ontstaat is respectievelijk 2,39 en 2,67 kg/liter (HNR, 2001).

De cijfers die gebruikt worden voor het aantal gram CO<sub>2</sub>-emissie per gereden kilometer met een personenauto en openbaar vervoer zijn hieronder weergegeven.

- Benzine 198
- Diesel 181
- LPG 167
- Stadsbus 104
- Streekbus 76
- Stoptrein 70
- Intercity 45
- Trein totaal 57  
(RIVM)

### Bijlage 2: toelichting op schattingen energiegebruik

#### b2.1 Verlichting

In totaal zijn er meer dan 7.400 lampen<sup>1</sup> aanwezig in het Provinciehuis. De typen lampen die gebruikt worden staan in onderstaande tabel vermeld.

Tabel b2.1: Gebruikte lampen in het Provinciehuis<sup>16</sup>

<b>PL-lampen</b> 8, 13 en 18 W	32% 4,4%, ± 20,0% en ± 7,6%
<b>TL(D)lampen</b> 38, 50 en 58 W	50% 2,5%, 7,2% en 40,3%
<b>Halogeenlampen</b> 20 en 200 W	12% 10,5% en 1,5 %
<b>Overige verlichting</b> Uitverlichting 8 W, feestverlichting, verlichting trappenhuis 13 W, philinealampen 60 W	6% 2%, 1%, 1% en 2%

Het merendeel van de PL-lampen, halogeenlampen en 30% van de TL-lampen brandt 70 uur per week. Het betreft hier verlichting van de gangen, het trappenhuis, de toiletten en het restaurant. Deze verlichting wordt door middel van een tijdsklok centraal aan-en uitgeschakeld en kan niet handmatig uitgeschakeld worden.

Het verlichtingsniveau in de gangen is hoog. Het geïnstalleerde vermogen is 23 W/m<sup>2</sup>. Volgens Energygroup limited zou dit getal voor een energiezuinig verlichtingssysteem kleiner moeten zijn dan 15

<sup>16</sup> De tabel en het aantal lampen zijn gebaseerd op gegevens van de technische dienst, het tellen van lampen en schattingen.

W/m<sup>2</sup>. Bij de facilitaire units, waar veel daglicht naar binnen valt door twee grote ramen, is 245 W aan lichtvermogen geïnstalleerd. Het oppervlakte van de facilitaire units bedraagt minder dan 20 m<sup>2</sup>. Dit betekent dat het verlichtingsniveau daar 13 W/m<sup>2</sup> is, terwijl er eigenlijk nauwelijks verlichting nodig is vanwege het vele daglicht.

De kantoorverlichting (ongeveer 30% van totaal) kan wel handmatig uitgeschakeld worden. Per kamer hangen vier TL-lampen met spiegeloptiek armaturen (hoogfrequent voorschakelapparaat), met een vermogen van overwegend 58 W. De twee lampen aan de raamkant zijn apart te schakelen van de twee lampen aan de binnenzijde van de kamer. Voor de berekening van het elektriciteitsverbruik is aangenomen dat de lampen gemiddeld 9 uur per dag branden. Dit getal is aannemelijk omdat er per kamer 3 personen werken, die op verschillende tijdstippen komen en vertrekken. De twee lampen aan de raamkant zijn voorzien van een lichtsensor, waardoor deze gedimd worden afhankelijk van de lichtinval (daglichtregeling). Er wordt aangenomen dat de lampen gemiddeld op de helft van het maximale vermogen (58 W) branden. Om energie te besparen worden zogenaamde veegpulsen toegepast om 12.30, 18.00 en 20.00. Dit betekent dat de kantoorverlichting op die tijdstippen centraal uitgeschakeld wordt.

Opvallend is dat de verlichting op alle toiletten de hele dag aanstaat, en niet handmatig uitgeschakeld kan worden. Wel is in vergaderzalen die niet in gebruik zijn, de verlichting overwegend uit. Op de benedenverdieping is een overdaad aan verlichting bij alle tentoonstellingen, schilderijen, kunstwerken, d.m.v. schijnwerpers en spotjes.

Voor de verlichting van de parkeerplaats onder het Provinciehuis worden ca. 150 TL-lampen gebruikt die de hele dag branden. In de fietsenstalling is aanwezigheidsdetectie aanwezig.

## **b2.2 Kantoorapparatuur**

In totaal zijn er 52 kopieerapparaten<sup>17</sup> aanwezig in het Provinciehuis. 46 daarvan zijn van het type Océ 3145, die tevens als printer dienen. Het vermogen van de apparaten is 572 W stand-by en 2040 W in werking. In totaal staan ze 70 uur per week aan. De tijd dat de kopieerapparaten in werking zijn wordt berekend door het aantal gebruikte papiervellen te delen door het aantal vel A4 dat het apparaat gemiddeld per uur verwerkt. Dit komt overeen met ongeveer 30.000 uur per jaar in totaal en 2 uur per dag per machine.

Verder staan in het Provinciehuis nog tientallen faxen, laserprinters en plotters. Het stand-by verbruik van deze apparaten is ca. 100 W. Het totale verbruik wordt geschat op 20.000 kWh per jaar.

Het berekende elektriciteitsverbruik voor de telefoons is erg laag. Hierbij is dan ook alleen het opladen van de batterij meegenomen en niet het stand-by verbruik van het basestation en het verbruik van de vaste toestellen. Dit is namelijk niet bekend en waarschijnlijk vrij laag. Ongeveer de helft van de toestellen is vast, en de rest zijn draagbare DECT-toestellen (650 stuks). Bij het berekenen van het verbruik is aangenomen dat met de toestellen 10% van de werktijd gebeld wordt.

In totaal zijn op dit moment 1335 Computers<sup>18</sup> aanwezig in het Provinciehuis. De helft van deze Computers heeft een monitor van 15 inch en de andere helft een monitor van 17 inch. Daarnaast zijn er Computers met een grotere monitor voor specifieke software toepassingen. De 15 inch schermen worden sinds 1998 structureel vervangen door 17 inch, vanwege de arbeidswet. In 2003 zullen alle schermen vervangen zijn. De nieuwe monitors, die op dit moment ingekocht worden zijn voorzien van het energielabel TCO' 99 en hebben een verbruik van 80W. Het elektriciteitsverbruik van de Computers heb ik berekend op basis van het aantal formatieplaatsen. In totaal zijn er op het Provinciehuis 1270 fte (full time equivalents) aan arbeidsplaatsen. 1 fte komt overeen met 1692 werkuren per jaar. Er wordt aangenomen dat de PC 80% van deze werktijd aanstaat. Redenen hiervoor zijn dat niet iedereen de PC meteen aanzet bij binnenkomst, men afspraken kan hebben extern of intern en vanwege ziekteverzuim. Daartegenover staat wel dat medewerkers de Computers (inclusief monitor) overwegend ook aan hebben staan als ze gedurende langere tijd niet aanwezig zijn. Het totale elektriciteitsverbruik van alle Computers is dan 230.000 kWh per jaar. Het verbruik van de monitors bedraagt hiervan 90.000 kWh.

<sup>17</sup> Dit getal is afkomstig van Jos Schriever, coordinator Inkoop & Logistiek.

<sup>18</sup> De getallen uit deze alinea zijn afkomstig van Cees van Dongen, medewerker van afdeling Informatie & Automatisering.

### **b2.3 Netwerkapparatuur**

Het geïnstalleerde elektrische vermogen voor de computerruimte met servers is 54 kW en het koelvermogen 47 kW. Dit moet binnenkort echter uitgebreid worden naar 75 kW elektrisch en ca. 65 kW koelvermogen. De servers draaien 24 uur per dag, maar niet op vol vermogen.

Het inschatten van het verbruik van de servers is moeilijk, omdat dit afhankelijk is van het aantal bewerkingen dat elke server moet maken. Daarnaast verbruikt ook de aangesloten netwerkapparatuur, zoals switches, routers en bridges elektriciteit. Nordman (1999) heeft een inschatting gemaakt van het elektriciteitsverbruik van alle aangesloten netwerkapparatuur per computer en per medewerker in zijn gebouw. Indien deze getallen gebruikt worden ligt het gemiddelde gevraagde vermogen in het Provinciehuis tussen de 14 en de 16 kW. Met betrekking tot het geïnstalleerde vermogen (54 kW) lijken deze getallen aannemelijk. Het elektriciteitsverbruik per jaar met een gemiddeld gevraagd vermogen van 15 kW bedraagt 130.000 kWh per jaar. Het benodigde koelvermogen is dan 65.000 kWh/jaar (bij een COP van 2). Deze getallen zullen gebruikt worden als een indicatie voor het energiegebruik van de netwerkapparatuur.

### **b2.4 Elektrische boilers**

Per verdieping zijn twee boilers aanwezig, 1 in de koffi corner en 1 ten behoeve van de schoonmaak. In de toiletten is geen beschikbaarheid meer over warm water. Het elektrische vermogen van de boilers is respectievelijk 2200 en 3000 W.

Het waterverbruik was in 2000 11.365 m<sup>3</sup>. Water wordt gebruikt voor o.a. wasmachines, afwasmachines, koffieautomaten, waterchillers, catering en warm tapwater. Als aangenomen wordt dat 10% van het waterverbruik voor warm tapwater gebruikt wordt, is het elektriciteitsverbruik van de boilers 80.000 kWh per jaar. Hierbij is dan niet het stand-by vermogen van de boilers meegenomen. Indien dit 40 W is, bedraagt het stand-by verbruik nog eens 5.000 kWh.

### **b2.5 Liften**

Het inschatten van het verbruik van de liften is moeilijk, omdat dit van veel factoren afhankelijk is. Bijvoorbeeld van hoeveel mensen de lift pakken, naar welke verdieping en hoeveel mensen er tegelijk in de lift staan. Volgens een onderzoek van Novem in 1992, verbruiken de liften in het Provinciehuis 52.000 kWh per jaar. Bij de renovatie is de besturing van de liften gemoderniseerd. Hierdoor worden de liften efficiënter gebruikt. Wel is het aantal medewerkers sinds 1992 toegenomen. Tevens zijn de liften in de nieuwbouw niet meegenomen, omdat die er toen nog niet was. Er wordt hier 60.000 kWh aangehouden voor het verbruik van de liften.

### **b2.6 Vervoer**

Onderstaande gegevens zijn overgenomen uit het vervoersplan van de Provincie Noord-Brabant (Provincie Noord-Brabant, 2000b). Het betreft het vervoergedrag in 1999.

#### *Aantal gemaakte kilometer met de auto per afstand*

Minder dan 7,5 kilometer: 320

Tussen 7,5 en 10 km: 238

Tussen 10 en 15 km: 438

Meer dan 15 km: 996

#### *Aantal gemaakte kilometer met het openbaar vervoer*

Minder dan 7,5 km: 10

Tussen 7,5 en 10 km: 17,5

Tussen 10 en 15: 82

Meer dan 15 km: 923

Het totaal aantal gereden kilometer met de auto is dan 3,6 miljoen bij 1270 medewerkers. Het aantal gemaakte kilometers met het openbaar vervoer is 1 miljoen.

Volgens het CBS (2001) wordt er voor 20% van het aantal gereden kilometer in een personenauto benzine gebruikt, voor 40% diesel en voor 40% LPG. De CO<sub>2</sub>-uitstoot per kilometer met de auto is dan gemiddeld 180 g en met de trein 60 g.

De totale CO<sub>2</sub> uitstoot van het woon-werkverkeer is op basis van deze gegevens in totaal 708 ton. De CO<sub>2</sub> uitstoot van de dienstreizen is 468 ton .

Het totale primaire energiegebruik van het vervoer bedraagt 493.000 m<sup>3</sup> a.e..

Hierbij leidt een gereden kilometer met de auto tot een energiegebruik van 63 m<sup>3</sup> a.e. en met de trein tot 23,4 m<sup>3</sup> a.e..

De onderste verbrandingswaarde van benzine is  $30 \times 10^9$  J/ m<sup>3</sup> (BINAS).

## b2.7 Catering

De catering in het Provinciehuis is uitbesteed. Het elektriciteitsverbruik van de catering is berekend op basis van het opgenomen vermogen van de apparatuur en de opgegeven bedrijfstijd door de catering<sup>19</sup>. In veel gevallen was echter alleen de aansluitwaarde voor het vermogen bekend. Hiermee wordt het maximale vermogen en niet het nominale aangegeven. Bij het berekenen van het verbruik zijn daarom twee inschattingen gemaakt; een lage met 25% van de aansluitwaarde als nominale vermogen en een hoge met 50% van de aansluitwaarde als nominale vermogen. Dit is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel b2.2: elektriciteitsverbruik catering

	Laag (kWh/jaar)	Hoog (kWh/jaar)
Koeling	28.000	56.000
Afwasmachines	11.000	22.000
Oven	8.000	16.000
Kookplaten en frituur	25.000	50.000
Koffieautomaten en -containers	76.000	115.000
Waterchillers	14.000	16.000
Overig	10.000	10.000
<b>Totaal</b>	<b>172.000</b>	<b>285.000</b>

Het gemiddelde van de lage en de hoge inschatting is 230.000 kWh. Deze waarde wordt hier aangehouden. Bij de berekeningen is het stand-by vermogen van bepaalde apparatuur niet meegenomen. Ook het verbruik in het weekend, bij evenementen, is niet meegerekend. Dit is namelijk moeilijk om in te schatten. Er wordt aangenomen dat het verbruik in het weekend en in stand-by stand leidt tot een toename van 10%. Hierdoor wordt het geschatte verbruik van de catering 250.000 kWh. De kolom overige in de tabel bestaat uit onder anderen de magnetron, snijmachines en warmhoudende bakken, vitrines en lampen in het restaurant.

De catering gebruikt overwegend kopjes, en geen plastic bekertjes voor dranken. Bij de meeste koffieautomaten worden de kopjes in het rek voorverwarmd. Ook worden de borden in de kantine voorverwarmd. Het gaat hier om ca. 26 koffieautomaten, welke zich in de facilitaire units bevinden. Deze bekerwarmhouders staan dan ook, net als de overige apparatuur in de facilitaire units, 70 uur per week aan.

<sup>19</sup> Met dank aan Eugene Zon, catering manager.

### Bijlage 3: Lichtrendement lampen

Tabel b3.1: lichtrendement lampen (BFE (1999) en Philips (2000)).

		% toegepast	W	Lichtrendement (lm/W)
Openbare verlichting	Lagedruk natriumlamp Oude generatie	5	55	135
		50	90	144
		21	135	160
	Lagedruk natriumlamp Nieuwe generatie	<1	66	160
		4	91	180
	Fluorescentielamp	8	65	74
	Hogedruk natriumlamp	2	70	80
		2	70	94
		7.5	100	100
VRI	Hallogeen	5	20	13.5
		75	35 en 50	15
	Gloeilamp	4	15	5
		8	75	7
		8	100	8.2
Provinciehuis	Hallogeen		20	20
	TLD		58	80
	PLC		13	64

## Bijlage 4: Elektriciteits- en gasverbruik districtskantoren en steunpunten in 2000

Tabel b4.1: Elektriciteits- en gasverbruik in 2000

	Elektriciteits- verbruik (kWh)	Startdatum elektriciteit (indien niet jan-00)	Gasverbruik (m <sup>3</sup> )	Startdatum gas (indien niet januari 2000)	WATERVERBRUIK (m <sup>3</sup> )	
Districtskantoor Noord-Oost	12.710	Mei-99	7.138	Apr-99	82	April 1999
Rayon 1	8.891		5.021		57	
Rayon 2	4.534		5.505		50	
Rayon 3	7.876		6.493		74	
Rayon 4	14.772		3.709		40	
Totaal district Noord-Oost	48.733		27.866		303	
Districtskantoor West	24.008		2.884		46	April 1999
Rayon 1			5.524		135	
Rayon 2	29.259	Jun-99		Jul-99	69	
Rayon 3	8.917		5.228	Mei-99	54	
Rayon 4	9.303	nov-99	2.880			
Totaal district West	71.487		16.165			
Districtskantoor Zuid-Oost	14.527		2.013		57	
Rayon 1	2.695		2.311		50	
Rayon 2	4.098		2.815		84	
Rayon 3	4.191		1.729		46	
Rayon 4	3.468		4.800 liter Propaangas			73
Totaal district Zuid-Oost	28.764		8.868			310

### b4.1 Districten

Aan de drie districtskantoren en het steunpunt Westerhoven is een bezoek gebracht.

Hieruit bleek dat geen van de districtskantoren en steunpunten op dit moment groene stroom inkoopt. Aan energiebesparing wordt structureel geen aandacht besteed. Ook is naar eigen zeggen weinig kennis en ervaring op energiegebied aanwezig. Voor het uitvoeren van energietaken, zoals het bijhouden van het energiegebruik, en het waterverbruik is een milieulogboek ingevoerd op alle steunpunten. Op de districtskantoren zelf wordt het energiegebruik niet bijgehouden. Er wordt ook aangegeven dat er weinig tijd beschikbaar is voor het uitvoeren van dergelijke taken. Wel heeft energiebesparing en duurzame energie draagvlak bij de medewerkers en het management.

Bij de keuze van het type auto voor het eigen wagenpark, blijkt energie-efficiency van het voertuig niet meegenomen te worden als criterium.

Aan het districtskantoor Noord-Oost is op 27 maart 2001 een bezoek gebracht. Het gebouw betreft het voormalig gemeentehuis van de plaats Dinther en heeft een vloeroppervlak van 360 m<sup>2</sup>. Hier zijn acht mensen werkzaam. In verband met de reorganisatie van de districten (Districten 2000+) wordt er op de zolder van dit gebouw ca. zes of zeven werkplekken bijgemaakt. Deze zolder is nog niet geïsoleerd. De ramen in het gebouw zijn allemaal enkel, waarvan sommige glas-in-lood. Bij ongeveer de helft van de ramen is ter isolatie een voorzetraam geplaatst. De kozijnen zijn van ijzer. Bij de verwarming wordt geen weekendverlaging toegepast.

Aan het districtskantoor Zuid-Oost te Waalre is op 9 april 2001 een bezoek gebracht. Het kantoor is gevestigd in een laag gebouw met een plat dak (vloeroppervlak: 225 m<sup>2</sup>), waar meerdere bedrijven in gevestigd zijn. Er zijn tien mensen werkzaam (acht fte). Twee mensen hiervan komen met de fiets naar het werk en de rest met de auto.

Voor de verwarming is er een HR-ketel geïnstalleerd. De thermostaat wordt elke dag vanaf 17.30 en in het weekend teruggeregeld naar 15.5° C. Overall in het gebouw is dubbel glas aanwezig.

In verband met het plan districten 2000+ moet het districtskantoor uitgebreid worden. In totaal komen er ca. tien medewerkers bij. Het uitbreiden van het kantoor kan niet op de huidige locatie. Het is op dit moment nog niet duidelijk hoe dit aangepakt gaat worden.

Aan het districtskantoor West te Oud Gastel is op 10 April 2001 een bezoek gebracht. Het gebouw is vrijstaand en klein. Op het districtskantoor werken 7 mensen. Het districtskantoor is moeilijk bereikbaar met het openbaar vervoer, waardoor iedereen met de auto komt.

De verwarming wordt ingeschakeld om 8.15 en uitgeschakeld om ca. 17.00.

## Bijlage 5: energieprijzen

Tabel b5.1

<b>Energiekosten voor Provincie Noord-Brabant</b>		<b>2000</b>	<b>5x-scenario</b>
<b>Provincie huis</b>			
Verlichting		235.000	1.175.000
Reproductie		43.300	216.500
Computers		57.000	285.000
Keukenapparatuur		29.000	145.000
Catering		32.400	162.000
Luchtbevochtiging		114.000	570.000
Ventilatie		290.000	1.450.000
Netwerkapparatuur		48.100	240.500
Warm tapwater		21.000	105.000
Verwarming		274.000	1.370.000
Overig		12.000	60.000
Vervoer G.S.		90.000	450.000
Dienstreizen		500.000	2.500.000
Woonwerkverkeer (alleen openbaar vervoer)		200.000	350.000
Papier		66.000	330.000
Aanschaf computers		19.000	95.000
<b>Subtotaal</b>		<b>2.030.800</b>	<b>10.154.000</b>
<b>Infrastructuur</b>			
Verkeersregelinstallaties		311.000	1.555.000
Openbare verlichting		634.000	3.170.000
Onderhoud wegen		155.000	775.000
Districtskantoren en steunpunten		110.000	550.000
<b>Subtotaal</b>		<b>1.210.000</b>	<b>6.050.000</b>
<b>Totaal</b>		<b>3.240.800</b>	<b>16.204.000</b>
<b>Energiekosten medewerkers</b>			
Woonwerkverkeer auto		684.000	3.420.000

De bedragen in tabel b5.1 betreffen alleen de energieprijzen. Dus niet de kosten aan bijvoorbeeld onderhoud en administratie. Voor de dienstreizen, het onderhoud aan wegen en het woon-werkverkeer met de auto wordt in het jaar 2000 een bedrag van 19 cent per km aangehouden. Dit is de minimale vergoeding die de Provincie Noord-Brabant uitkeert voor de dienstreizen en is te vergelijken met de brandstofprijs.

De kosten per reizigerskilometer met de trein bedragen momenteel ca. 20 cent. 2,4 cent hiervan is bestemd voor het energiegebruik. Per reizigerskilometer verbruikt een trein namelijk gemiddeld 64 Wh. De energieprijzen voor de gebouwen bedragen daarnaast ongeveer 2% van de totale kosten. De energieprijzen van een treinkaartje bedragen dus in totaal 12%. Lonen en salarissen dragen voor 40% bij aan de kosten van een treinkaartje. (NS, 2000 en 1997)

De kosten per km met de trein worden dan in het scenario 35 cent. Hierbij zijn alleen de energieprijzen van het reizen met de trein met een factor vijf vermenigvuldigd. Dit gedeelte zal namelijk stijgen in het scenario. Indien de lonen ook stijgen zijn de meerkosten natuurlijk groter. Hier wordt in dit scenario echter geen rekening mee gehouden.

Voor het papier en de aanschaf van computers worden de kosten berekend op basis van het grootverbruikerstarief voor elektriciteit en gas. Bij de overige posten worden energierekeningen gebruikt.

Tabel b5.2

<u>Energiekosten voor Provincie Noord-Brabant</u>		<u>2000</u>	<u>5x-scenario</u>		
<b>Provinciehuis</b>				<b>Besparing</b>	
Verlichting	235.000	1.175.000	0,53		622.750
Reproductie	43.300	216.500	0,52		112.580
Computers	57.000	285.000	0,25		71.250
Keukenapparatuur	29.000	145.000			
Catering	32.400	162.000	0,2		32.400
Luchtbevochtiging	114.000	570.000	1		570.000
Ventilatie	290.000	1.450.000	0,28		406.000
Netwerkapparatuur	48.100	240.500			
Warm tapwater	21.000	105.000			
Verwarming	274.000	1.370.000	0,1		137.000
Overig	12.000	60.000			
Vervoer G.S.	90.000	450.000			
Dienstreizen	500.000	2.500.000	0,47		1.175.000
Woonwerkverkeer (alleen openbaar vervoer)	200.000	350.000	1		350.000
Papier	66.000	330.000	0,5		165.000
Aanschaf computers	19.000	95.000			
<b>Subtotaal</b>	<b>2.030.800</b>	<b>10.154.000</b>			<b>3.641.980</b>
<b>Infrastructuur</b>					
Verkeersregelinstallaties	311.000	1.555.000	0,5		777.500
Openbare verlichting	634.000	3.170.000	0,075		237.750
Onderhoud wegen	155.000	775.000	0,5		387.500
Districtskantoren en steunpunten	110.000	550.000			
<b>Subtotaal</b>	<b>1.210.000</b>	<b>6.050.000</b>			<b>1.402.750</b>
<b>Totaal</b>	<b>3.240.800</b>	<b>16.204.000</b>			<b>5.044.730</b>
<b><u>Energiekosten medewerkers</u></b>					
Woonwerkverkeer auto	684.000	3.420.000			



### *Toelichting tabel b5.2*

Het elektriciteitsverbruik van de verlichting bestaat uit verlichting in de gangen (57%), in de kantoren (39%) en de toiletten (4%). Het verkorten van de openingstijden van het Provinciehuis leidt tot een besparing van 28% op het verbruik van de lampen in de gangen en de toiletten. Deze maatregel realiseert daarom een energie-en kostenbesparing van 17% op het verlichtingssysteem. Een bijkomend voordeel is dat de lampen minder vaak vervangen hoeven te worden wat leidt tot een kostenbesparing bij de inkoop van lampen en indirect tot energiebesparing.

Het reduceren van het geïnstalleerd vermogen in de gangen en facilitaire units leidt tot een energiebesparing van 60%. Er wordt verder aangenomen dat met behulp van gedrag het verbruik in de kantoren met 25% gereduceerd kan worden. Deze drie maatregelen samen leiden dan dat tot een besparing van 53% op het verlichtingssysteem.

Het verkorten van de openingstijden levert bij de copieermachines samen met een reductie van het papierverbruik van 50% een besparing van 52% op.

Het verlagen van de temperatuur van 22 tot 23 °C naar 20 °C zorgt voor een energiebesparing van 6% (Novem, 1992). Er wordt geschat dat de totale besparing inclusief het verkorten van de openingstijden van het Provinciehuis en het gedrag veranderen van de medewerkers 10% is.

Het vervangen van 25% van de oude generatie hogedruk natriumlampen door de energiebesparende generatie levert een kostenbesparing van 7,5% op.

## **Bijlage 6: opties voor duurzaam toekomstbeeld**

### **b6.1 Nieuw Provinciehuis**

Een mogelijkheid om aan de eisen voor een duurzaam toekomstbeeld van kantoorgebouwen te voldoen is het plaatsen van een nieuw Provinciehuis. Het meest energiezuinige kantoorgebouw in Nederland is momenteel de 'Thermo-Staete' van adviesbureau DWA in Bodegraven met een Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) van 0,6. Het energiegebruik van dit gebouw bedraagt per m<sup>2</sup> of per medewerker ongeveer de helft van dat van het Provinciehuis (15 m<sup>3</sup> a.e./m<sup>2</sup> (Rijksen, 2001)).

Het energiegebruik dat benodigd is voor de productie van de bouwmaterialen voor een gebouw ter grootte van het Provinciehuis bedraagt ongeveer 1,4 miljoen<sup>20</sup> m<sup>3</sup> a.e.. Per jaar wordt er iets meer dan 0,7 miljoen m<sup>3</sup> a.e. bespaard. De energierugverdiensijd is daarom twee jaar. Er is hierbij nog niet het energiegebruik meegenomen dat ontstaat bij de sloop van het gebouw en de opbouw van het nieuwe gebouw.

Daartegenover staat wel dat de materialen die vrijkomen bij de sloop van het Provinciehuis hergebruikt kunnen worden. De energierugverdiensijd is in vergelijking met de levensduur van het gebouw (30 tot 50 jaar) acceptabel.

Bij het berekenen van het energiegebruik dat nodig is voor de productie van de bouwmaterialen is uitgegaan van de constructie van de Thermo-Staete. Hierin is een materiaalbesparende betonvloerconstructie toegepast, houten kozijnen voor binnen en buiten, kalkzandsteen voor binnenspouwblad, een houten draagconstructie voor het atriumdak, een gedeeltelijke houten skeletbouw, beperkte stalen draagconstructie, keramische tegel voor gevel buitenblad en dakbedekking van recycle PVC (DWA).

De kosten van het gebouw met aftrek van subsidies bedragen f1700,- per m<sup>2</sup> (DWA). Een gebouw ter grootte van het Provinciehuis zal op basis van deze gegevens 74 miljoen gulden kosten. Op energieprijzen wordt er ongeveer f460.000,- bespaard per jaar. In onderstaande tabel is de terugverdiensijd weergegeven bij een reële prijsstijging van energie van 0%, 5% en 10% per jaar.

---

<sup>20</sup> Gebaseerd op gegevens uit: NIBE (1993).

Reële prijsstijging energie per jaar	Terugverdientijd in jaren (optie 1)
0%	160
5%	45
10%	29

De terugverdientijd voor het plaatsen van een nieuw gebouw is groot. Bij een reële prijsstijging van energie vanaf 5% per jaar is de terugverdientijd gelijk aan de levensduur van het gebouw.

De kosten kunnen omlaag gebracht worden door het vloeroppervlak van het nieuwe gebouw te reduceren. Dit kan bijvoorbeeld door gebruik te maken van flexwerken en een vierdagenwerkweek (iedereen werkt elke dag bijvoorbeeld 9.00u en heeft een dag in de week vrij). Dit leidt tevens tot meer energiebesparing. Er zijn momenteel 1800 werkplekken in het Provinciehuis. Het aantal medewerkers in fte is 1270, wat betekent dat er gemiddeld 1050 mensen in het Provinciehuis aanwezig zijn. Het vloeroppervlak kan dus minstens met 25% omlaag. Het aantal werkplekken is dan 1350 en er is dus een marge van 30%. Indien het oppervlak van het gebouw met 25% teruggebracht wordt, betekent dit dat er 63% energie bespaard wordt. De kosten van het gebouw bedragen dan 55 miljoen. De besparing op energieprijzen bedraagt f630.000,-. De terugverdientijd is weergegeven in onderstaande tabel.

De oppervlakte van het gebouw kan nog verder teruggebracht worden als medewerkers een deel van de werktijd thuiswerken. Deze optie is energetisch vooral interessant indien de medewerkers wonen in energieautarkische woningen. In onderstaande tabel is de terugverdientijd weergegeven als het oppervlak met 50% gereduceerd wordt. De totale kosten voor het gebouw bedragen dan f37 miljoen. De energiebesparing is 75% bij het Provinciehuis en de kostenbesparing bedraagt f800.000,-.

Reële prijsstijging energie per jaar	Terugverdientijd in jaren bij een reductie van het vloeroppervlak met 25% (2)	Terugverdientijd in jaren bij een reductie van het vloeroppervlak met 50% (3)
0%	87	46
5%	31	23
10%	21	17

De derde mogelijkheid is zowel op energiegebied als op financieel gebied het meest interessant. Er komen wel nog kosten bij voor het huisvesten van medewerkers in energieautarkische woningen. Hier wordt later op teruggekomen. Indien er niet voor gekozen wordt om medewerkers te huisvesten in energieautarkische woningen is optie twee vooral interessant. De terugverdientijd is gelijk aan de levensduur van het gebouw bij een reële prijsstijging van 2%.

De energiebesparing op het totale energiegebruik is bij de opties 1,2 en 3 respectievelijk 20, 27 en 32%. Bij de derde optie ontstaat er tevens een besparing omdat medewerkers verhuizen naar energiezuinige woningen. De besparing is vergelijkbaar met 30% van het totale energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant, indien 25% van de medewerkers in energieautarkische woningen gaat wonen. Er wordt dan namelijk 1 miljoen m<sup>3</sup> a.e. bespaard, wat zonder ingrijpen van de Provincie Noord-Brabant niet gebeurd zou zijn. Bovendien is er een extra besparing van 2% doordat er minder woon-werkverkeer is, mits deze woningen dicht bij het Provinciehuis liggen. De totale energiebesparing is dus vergelijkbaar met 64% van het totale energiegebruik. Met deze optie alleen kunnen de doelstellingen dus al ruimschoots gehaald worden.

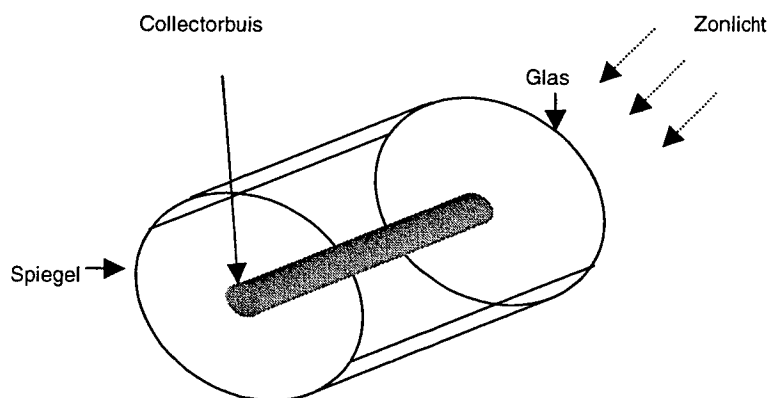
## b6.2 Aanpassen huidige Provinciehuis

Een andere mogelijkheid om aan de eisen van een duurzaam toekomstbeeld te voldoen is door aanpassingen te brengen aan het huidige Provinciehuis.

Een mogelijkheid voor het reduceren van het gasverbruik is het vervangen van de HR-ketels door een warmtepomp. Hiervoor kan een elektrische, een absorptie of een gasgestookte warmtepomp gebruikt

worden. Energetisch is er tussen deze drie vormen weinig verschil. De elektrische en de gasgestookte warmtepomp gebruiken allebei ongeveer evenveel primaire energie (bij een rendement van elektriciteitsopwekking van 43.3 %). De CO<sub>2</sub>-emissie van de elektrische warmtepomp is iets hoger bij elektriciteitsverbruik uit het net, maar deze speelt wel in op een toekomst, waarin elektriciteit duurzaam opgewekt wordt en gas schaars is. Als voorbeeld wordt hier gerekend met een elektrische warmtepomp. De COP (Coefficient Of Performance) van deze warmtepomp varieert momenteel van 2,5 tot 5 (ref.). Dit betekent dat de besparing op het aardgasverbruik maximaal 60% en minimaal 17% is. De CO<sub>2</sub>-emissie blijft bij een COP van 2,5 gelijk en bij een COP van 5 daalt de CO<sub>2</sub>-emissie met 50%. Het rendement van de warmtepomp is o.a. afhankelijk van de warmtebron die gekozen wordt (bodem of buitenlucht), radiatoroppervlak, het vermogen, dimensionering van het vermogen (niet op het piekvermogen dimensioneren). De warmtepomp kan dus een goede optie zijn voor energiebesparing op het gasverbruik. De maximale CO<sub>2</sub>-emissiereductie is 50% en de energiebesparing 60%. Wel is het zo dat een COP van vijf moeilijk te halen is. Bij het DWA kantoor is de COP 4. Bovendien wordt hier vloerverwarming gebruikt. Dit vereist dus veel aanpassingen aan het warmtedistributiesysteem in het Provinciehuis en daarmee hoge investeringen. Indien er uit wordt gegaan van een COP van 3,5 is de energiebesparing 35% en de CO<sub>2</sub>-emissiereductie 23% bij het aardgasverbruik.

Een andere mogelijkheid om te besparen op aardgasverbruik is door ventilatielucht extra voor te verwarmen. In figuur 8.1 wordt hier een voorbeeld van gegeven. Een langwerpige paraboolspiegel van 50 m lengte convergeert zonlicht naar een zwarte buis met water. De bovenkant is afgedekt met glas. De lucht in het systeem (in totaal 10.000 m<sup>3</sup>) wordt opgewarmd door straling van de buis en door convectie. Deze lucht kan gebruikt worden voor ventilatie. Bij een luchtverversing van 50.000 m<sup>3</sup> per uur (dit komt overeen met 35 m<sup>3</sup> per medewerker per uur) blijft de lucht gemiddeld 12 min in de buis. Het water in de buis (50 m<sup>3</sup>) kan gebruikt worden voor verwarming, of voor het verwarmen van tapwater. Per jaar levert dit systeem ca. 11.000 m<sup>3</sup> a.e. op. Aannames hierbij zijn: 560 zonne-uren per stookseizoen, een gemiddelde zonintensiteit van 176 W/m<sup>2</sup> (Koppen, 1997), een rendement van het systeem van 80% en een oppervlak van 1400 m<sup>2</sup>. De opbrengst van het systeem kan vergroot worden door in de zomer het warme water naar een warme put te voeren of dit water te gebruiken voor warm tapwater. Maximaal levert dit systeem (op basis van 1.000 kWh/m<sup>2</sup> per jaar en een rendement van 50% in de zomer) 60.000 m<sup>3</sup> a.e. op. Dit is een besparing van 11% op het aardgasverbruik van het Provinciehuis. De opbrengst van het systeem is dus niet bijzonder groot, terwijl er wel een aanzienlijk oppervlak voor nodig is. Dit maakt deze vorm van energiebesparing niet zo aantrekkelijk.



*Figuur b6.1: zonnecollector voor voorverwarming ventilatielucht*

Het ventilatiesysteem gebruikt in het Provinciehuis momenteel veel elektriciteit (zie hoofdstuk 4). Er kan voor gekozen worden om dit systeem te vervangen door natuurlijke ventilatie. Een mogelijkheid voor hoge gebouwen is het aanbrengen van een zonneshoorsteen. Dit kan door een transparante gevel voor een bestaande gevel van een gebouw te plaatsen. De spouw, die men op die manier gecreëerd heeft, is een soort zonneshoorsteen. De binnenste gevel absorbeert zonlicht en zal in temperatuur stijgen. Door het temperatuurverschil tussen het donkere geveldeel en de spouwlucht zal een warmtestroom ontstaan die de spouwlucht opwarmt (Paassen, 2001). Deze warmere lucht zal opstijgen, waardoor er een natuurlijke

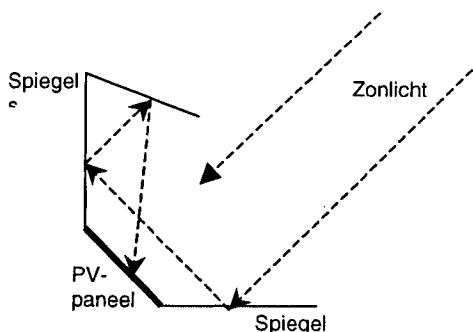
trek ontstaat. De warme lucht in een zonneshoorsteen kan via een warmtewisselaar de binnenkomende ventilatielucht in het gebouw verwarmen. Een bijkomend voordeel van dit systeem is dat er een gevel extra geïsoleerd is. De besparing op primair energiegebruik is ongeveer 265.000 m<sup>3</sup> a.e. per jaar (ISSO, 1994). Dit is een energiebesparing van 18% bij het Provinciehuis en 8% op het totale energiegebruik. Een nadeel van dit systeem is dat de hoeveelheid lucht die ververst wordt weersafhankelijk is. Dit kan opgelost worden door zelfregelende ventilatioosters te plaatsen. Wel is het de vraag of er het hele jaar door voldoende geventileerd kan worden. Verder vereist deze vorm van ventileren veel aanpassingen aan het gebouw en er is geen luchtzuivering meer mogelijk. De te realiseren besparing is daarentegen vrij fors.

In een duurzaam toekomstbeeld wordt er optimaal gebruik gemaakt van daglicht. Een mogelijkheid om daglicht (behalve door ramen) in het Provinciehuis te brengen is door gebruik te maken van een paraboolspiegel die zonlicht bundelt en door een glasvezel stuurt. Door de helft van de gevel van het Provinciehuis te bedekken met spiegels die gericht zijn op deze paraboolspiegel kan 1.000 m<sup>2</sup> zonlicht opgevangen worden. Een andere mogelijkheid is om een grote paraboolspiegel te plaatsen met een doorsnee van 36 m. Deze spiegel moet continu op de zon gericht worden en niet zoals de langwerpige paraboolspiegel in figuur 8.1 slechts 1 keer per dag. Hiervoor is een regelsysteem nodig. Het energiegebruik van dit systeem moet natuurlijk kleiner zijn dan de opbrengst van de paraboolspiegel. Per jaar bedraagt de energie uit invallende zonnestralen in Nederland 1.000 kWh/m<sup>2</sup> (van Helden, 1997). De helft van deze energie betreft straling in het visuele spectrum. Dit betekent dat er met dit systeem per jaar 500.000 kWh aan energie in de vorm van licht wordt opgevangen. Het rendement van het systeem is afhankelijk van het rendement van de paraboolspiegel en het verlies door diffractie. Indien het rendement van het systeem 50% is, is de geleverde energie 250.000 kWh. Ter vergelijking wordt in het Provinciehuis per jaar 950.000 kWh elektriciteit gebruikt voor verlichting. Het gemiddelde rendement van de gebruikte lampen bedraagt 32%. Er wordt dus per jaar 350.000 kWh stralingsenergie in het visuele spectrum geleverd. Hieruit blijkt dat deze optie wellicht sterk bij kan dragen aan het reduceren van energiegebruik voor verlichting. Met name in de gangen, waar geen daglicht binnenvalt, kan deze vorm van verlichting de huidige lampen vervangen. In het bovenstaande voorbeeld kan het energiegebruik voor verlichting met 70% gereduceerd worden.

### **b6.3 Duurzame energie**

In het duurzaam toekomstbeeld wordt er maximaal gebruik gemaakt van duurzame energie. Een mogelijkheid voor de opwekking van duurzame energie zou het opvangen van regenwater op het dak van het Provinciehuis kunnen zijn, om dit vervolgens naar beneden te laten vallen door een turbine. Per jaar valt er circa 500 m<sup>3</sup> water op het dak (900 mm in 2000 (KNMI, 2001)). De potentiële energie hiervan op 100 m hoogte is zeer gering en dus geen optie voor stroomopwekking. Wel kan dit water gebruikt worden voor de spoeling van toiletten op de bovenste verdiepingen (er hoeft dan minder water omhoog gepompt worden).

Een andere mogelijkheid voor de opwekking van duurzame energie is het gebruik maken van energie uit zonlicht. In Nederland bedraagt de energie uit zonne-instraling per jaar 1.000 kWh/m<sup>2</sup>. Dit komt overeen met 114 m<sup>3</sup> a.e./m<sup>2</sup>. Om de doelstelling voor duurzame energie te halen (7% van het totale energiegebruik) met alléén energie uit zonlicht is een oppervlak nodig van minimaal 2060 m<sup>2</sup>. Indien er hiervoor zonnecollectoren gebruikt worden is het benodigde oppervlak 4.000 m<sup>2</sup> (bij een rendement van 50%). Indien er zonnecellen gebruikt worden is het benodigde oppervlak 10.000 m<sup>2</sup> (bij 85 kWh per m<sup>2</sup> elektriciteit per jaar). Deze oppervlaktes zijn behoorlijk groot. De kosten voor een zonnecelloppervlak van 10.000 m<sup>2</sup> zijn bovendien aanzienlijk en bedragen zeker f10 miljoen (exclusief subsidies). Een mogelijkheid om de energieopbrengst van een zonnepaneel te vergroten (en daarmee de kosten te verkleinen) is door het plaatsen van spiegels (zie figuur b6.2). De energieopbrengst wordt hiermee vergroot met een factor anderhalf tot twee.



*Figuur b6.2: opbrengst vergroten PV-paneel*

Een andere mogelijkheid voor duurzame energie is het gebruik maken van windenergie. Een windmolen op het dak van het Provinciehuis levert bij een rotordiameter van 20 m 140.000 m<sup>3</sup> a.e. per jaar op indien de gemiddelde windsnelheid 8,0 m/s is. De energieopbrengst van een windmolen is sterk afhankelijk van de gemiddelde windsnelheid ( $E_{jr} = C \cdot V^3 \cdot A$  (WSH, 2001)). Indien deze 13 m/s is, bedraagt de opbrengst van de windmolen 520.000 m<sup>3</sup> a.e.. De opbrengst van zo'n windmolen kan dus een bijdrage van 4 tot 15% aan het totale energiegebruik leveren.

Een andere mogelijkheid om gebruik te maken van windenergie is bij/in het Provinciehuis een 100 m lange buis te plaatsen. Door verschil in windsnelheid en temperatuur beneden en boven aan de buis ontstaat hierdoor een natuurlijke trek. De energieopbrengst is afhankelijk van de windsnelheid in de buis en de diameter. Bij een gemiddelde windsnelheid van 20 m/s in de buis en een doorsnee van 5 m is de opbrengst 140.000 m<sup>3</sup> a.e. per jaar.

Om de doelstelling voor duurzame energie te halen kan het beste een combinatie van vormen gebruikt worden. 4% kan bijvoorbeeld met windenergie gerealiseerd worden en 3% met zonne-energie. Aan het zonne-energie deel kan voldaan worden door 1000 m<sup>2</sup> zonnecollectoren te plaatsen en 2500 m<sup>2</sup> zonnepanelen. Van de zonnecollectoren kan bijvoorbeeld 500 m<sup>2</sup> op het dak van het Provinciehuis geplaatst worden en 30 m<sup>2</sup> bij alle steunpunten en districtskantoren. De zonnepanelen kunnen verdeeld worden over het Provinciehuis en de wegen (bijvoorbeeld 1000 m<sup>2</sup> en 1500 m<sup>2</sup>). De kosten bedragen in totaal circa 4 miljoen gulden (2,5 miljoen voor de PV-panelen en circa 1 miljoen voor de windturbine).

#### **b6.4 Vervoer en woningen medewerkers**

Zoals eerder gezien, is een belangrijke mogelijkheid om energie te besparen het plaatsen van energieautarkische of energiezuinige woningen voor medewerkers. Door deze huizen te plaatsen in de buurt van het Provinciehuis kan bespaard worden op woon-werkverkeer. Tevens kan bespaard worden op woon-werkverkeer door medewerkers een gedeelte van de werktijd thuis te laten werken. Een voorbeeld van een energieautarkische woning is de 0-energie woning van Kroon te Woubrugge. De meerkosten voor deze woning bedragen f 50.000,- met aftrek van subsidies (Novem, 2001). Per jaar wordt door een lagere energierekeningen ongeveer f 2.100,- terugverdiend (in vergelijking met een gemiddeld huishouden). De terugverdientijd is daarom ongeveer 25 jaar bij constante energieprijzen. Door het plaatsen van energieautarkische woningen voor bijvoorbeeld medewerkers kan het energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant gecompenseerd worden. Om een besparing te realiseren vergelijkbaar met 30% van het totale energiegebruik dienen er 350 woningen geplaatst te worden. De kosten hiervan bedragen 17,5 miljoen gulden (op basis van de meerkosten). Bij deze optie wordt er niet alleen aan de doelstelling met betrekking tot energie-efficiency voldaan, maar ook aan de doelstelling met betrekking tot duurzame energie. Het woon-werkverkeer wordt met 25% gereduceerd (dit is 2% energiebesparing op het totale energiegebruik).

Het plaatsen van woningen voor medewerkers in de buurt van het Provinciehuis is dus een mogelijkheid om het woon-werkverkeer te reduceren. Aangezien deze optie wellicht niet voor alle medewerkers gerealiseerd zal/kan worden, zullen hier ook andere mogelijkheden voorgesteld worden.

Een voorbeeld hiervan is het introduceren van een vierdagenwerkweek. Het woon-werkverkeer wordt dan per medewerker met 20% gereduceerd. Voor medewerkers die op aanzienlijke afstand van het Provinciehuis wonen kan het interessant zijn om slaapplekken te regelen in de buurt van het Provinciehuis. Zo kan een vierdagenwerkweek gecombineerd met drie overnachtingen zorgen voor een reductie van woon-werkverkeer met 80% per medewerker. Een geschikte locatie hiervoor kan het Movenpick hotel zijn naast het Provinciehuis.

Een andere mogelijkheid om het woon-werkverkeer te reduceren is het invoeren van betaald parkeren. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen een zuinig vervoermiddel en een niet zuinig vervoermiddel. Een mogelijkheid is om voor een auto die meer dan 1 op 20 rijdt niet te laten betalen, een auto die 1 op 15 tot 1 op 20 rijdt wel te laten betalen en auto's die minder dan 1 op 15 rijden niet toe te laten.

Een optie om het openbaar vervoer te stimuleren en het energiegebruik van het woon-werkverkeer te verminderen is het bouwen van een glijbaan van het dak van het Provinciehuis naar het Centraal Station. Het beste is om hierbij gebruik te maken van karretjes op wieltjes, vanwege een lage wrijving. Bij een beginsnelheid van 10 km/h duurt de rit ongeveer 10 min. De eindsnelheid is dan 40 km/h en de gemiddelde snelheid 20 km/h. Een voordeel van deze optie is het mooie uitzicht en de extreem veilige manier van reizen.

Zoals genoemd bij het duurzame toekomstbeeld kunnen videoconferenties wellicht een optie zijn om de frequentie van de dienstreizen te reduceren. In principe levert het houden van een videoconferentie geen extra energiegebruik op. De computer staat vaak toch al aan. Een bijkomend voordeel van videoconferenties is bovendien dat het vervoer van alle betrokken partijen gereduceerd wordt en niet alleen van de medewerkers van het Provinciehuis.

Een optie voor de lange termijn om zowel de energie-efficiency van het woon-werkverkeer als van de dienstreizen te vergroten is het stimuleren van duurzaam transport. Hierbij kan gedacht worden aan het produceren van waterstof op het Provinciehuis met behulp van zonnecellen en windmolens. Voor het maken van dienstreizen worden dan alleen auto's gebruikt die op waterstof rijden. Een andere optie is om brandstof te produceren uit biomassa; eventueel van snoeihoutafval dat vrijkomt bij de infrastructuur.

### **b6.5 Infrastructuur**

Een mogelijkheid om aan het duurzame toekomstbeeld van de infrastructuur te voldoen is het vervangen van de veiligheidsfunctie van openbare verlichting met iets beters. Een voorbeeld hiervan is een besturingssysteem voor de auto dat de afstand tot de voorganger en de tegenligger bepaald. Dit besturingssysteem kan de auto gedeeltelijk besturen en remmen of gas geven. Botsingen zijn zo niet meer mogelijk, en openbare verlichting op wegen buiten de bebouwde kom is overbodig. Ook VRI's zijn niet meer nodig, mits het besturingssysteem kan communiceren met een regelsysteem bij kruisingen dat aan de auto doorgeeft of het 'groen' is.

Andere mogelijkheden zijn het beter verlichten van weggebruikers, zoals fietsers, voetgangers en auto's, of het aanbrengen van een scheiding tussen twee weghelften. Ook het gebruiken van infraroodbrillen 'om te zien in het donker' is misschien een optie.

Een aantal mogelijkheden om het energiegebruik bij VRI's terug te dringen is het vervangen van deze installaties door tunnels of rotondes, het inzetten van verkeersleiders of het gebruiken van spoorbomen.

Besparing op openbare verlichting en VRI's samen kan ook plaatsvinden door wegen 's nachts af te sluiten. Dit is met name een optie voor verbindingen waar ook alternatieve routes voor bestaan.

Een mogelijkheid om zowel het energiegebruik van openbare verlichting, VRI's als de auto's die gebruik maken van de wegen te reduceren, betreft het laten rijden van een autotrein over de provinciale wegen. Deze trein stopt dan bij elke oprit en afslag om auto's in-en uit te laden.

Mogelijkheden om het energiegebruik van de auto's die gebruik maken van de wegen te reduceren zijn bijvoorbeeld: strenge snelheidscontroles, mensen laten betalen voor lege plekken in de auto's en carpool busjes inzetten. Ook kan het gebruik van de fiets gestimuleerd worden door goede eventueel overdekte fietspaden te maken.

Een andere mogelijkheid is om een aparte rijstrook (faste lane) te maken voor energie-efficiënt vervoer. Dit kan bijvoorbeeld betrekking hebben op auto's met meer dan drie inzittenden of auto's die meer dan 1 op 20 rijden of als brandstof waterstof / bio-brandstof gebruiken.

## **b6.6 Conclusie**

Aan het duurzame toekomstbeeld voor kantoorgebouwen kan voldaan worden door het plaatsen van een nieuw Provinciehuis, of door het aanpassen van het huidige Provinciehuis. Het plaatsen van een nieuw Provinciehuis levert de meeste energiebesparing op. Met name optie drie, waarbij het oppervlak van het nieuwe gebouw met 50% gereduceerd wordt en 25% van de medewerkers in energieautarkische woningen verblijven, is interessant. De energiebesparing bij het Provinciehuis is 75% en de besparing op woon-werkverkeer 25%. Bovendien is er een extra besparing en een opwekking van duurzame energie vergelijkbaar met 30% van de totale energiegebruik van de Provincie Noord-Brabant, doordat medewerkers in energiezuinige woningen wonen. Dit betekent dat de totale energiebesparing vergelijkbaar is met 64%. Met deze optie alleen worden de doelstellingen dus ruimschoots gehaald. De totale kosten bedragen f 55 miljoen. Per jaar wordt er f 1,5 miljoen terugverdiend. Dit betekent dat de terugverdientijd 36 jaar is bij gelijke energieprijzen. Indien de energieprijzen stijgen wordt de terugverdientijd aanzienlijk verkort. Bij een toename van 5% is de terugverdientijd 20 jaar.

Met het brengen van aanpassingen aan het huidige Provinciehuis (zoals vervanging van HR-ketels door warmtepompen met een lage-temperatuur verwarmingssysteem en gebruik maken van natuurlijke ventilatie) kan een besparing gerealiseerd worden van maximaal 30 tot 50%. Er zijn hierbij wel veel aanpassingen nodig aan het Provinciehuis en de kosten zullen daarom hoog zijn.

Aan de doelstelling voor duurzame energie kan voldaan worden door gebruik te maken van zonne-energie en windenergie. Hiervoor kunnen systemen geplaatst worden bij het Provinciehuis, de districtskantoren en steunpunten en langs de wegen. De kosten zullen rond de 4 miljoen liggen.

Het plaatsen van energieautarkische woningen in de buurt van het Provinciehuis is een mogelijkheid om het woon-werkverkeer te reduceren. Uit paragraaf b6.4 blijkt dat het totale energiegebruik bij de woningen van medewerkers 4 miljoen m<sup>3</sup> a.e. per jaar bedraagt. Dit betekent dat het beïnvloeden van de woningen van medewerkers met betrekking tot energiebesparing minstens net zo interessant is als het beïnvloeden van het Provinciehuis en de infrastructuur. Indien 350 medewerkers door ingrijpen van de Provincie Noord-Brabant kiezen voor energieautarkische woningen is de energiebesparing te vergelijken met 30% van het totale energiegebruik. Dit is dus voldoende om aan de doelstelling voor zowel energie-efficiency stijging, als duurzame energie te voldoen.

Een optie voor het verder reduceren van het energiegebruik bij woon-werkverkeer en dienstreizen is het stimuleren van duurzaam vervoer. Dit kan het produceren van waterstof bij het Provinciehuis betreffen uit zon- en windenergie. Nu is deze optie misschien nog erg duur, maar in de toekomst, bij een dalende prijs van zonnecellen en een toename van de brandstofprijs is dit wellicht een interessante optie. De CO<sub>2</sub>-emissie en het primaire energiegebruik worden maximaal gereduceerd.

Mogelijkheden om het energiegebruik van de openbare verlichting en VRI's terug te dringen zijn: het afsluiten van wegen 's nachts, het laten rijden van een autotrein, meer gebruik maken van tunnels, rotondes en verkeersleidings en het beter verlichten van weggebruikers.

Verder is het belangrijk om de energie-efficiency van de voertuigen van weggebruikers te vergroten. De potentie voor energiebesparing is hierbij namelijk veel groter dan bij het stroomverbruik van de VRI's en de openbare verlichting. Genoemde mogelijkheden hiervoor zijn: snelheidscontroles, automobilisten laten betalen voor lege plekken in voertuigen, carpoolen stimuleren en het maken van aparte rijstroken voor energie-efficiënt vervoer. Ook is het plaatsen van overdekte fietspaden een goede optie.