

december 2000

ECN-C-00-116

# **INVLOED VAN STEDENBOUWKUNDIGE THEMA'S OP DE ENERGIEVISIE**

B. T. KOOPMANS



# **INVLOED VAN STEDENBOUWKUNDIGE THEMA'S OP DE ENERGIEVISIE**

Afstudeerscriptie milieukunde van:  
**B.T. Koopmans**

Petten, 11-2000

Begeleiders:

W. Vermeulen, UU

M. Lafleur, ECN

F. Ligthart, ECN

Disciplinegroep Milieukunde  
en Omgevingsbeleid,  
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen,  
Universiteit Utrecht

Duurzame Energie in de Gebouwde  
Omgeving (DEGO),  
Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN),  
Petten

## SAMENVATTING

Energiebesparing in nieuwbouwwijken is één van de doelstellingen van de Nederlandse overheid. Om de beste energievoorziening voor een woonwijk te kiezen kan eerst een Energievisie opgesteld worden, hierin worden verschillende energiebesparingsopties op wijkniveau tegen elkaar afgewogen, rekening houdend met de fysieke ruimtelijke kenmerken van de locatie.

Naast energie zijn er ook andere stedenbouwkundige thema's, zoals materiaalgebruik, verkeer, afvalverwijdering, watergebruik en binnenmilieu, waar rekening mee gehouden moet worden. De centrale vraag van dit onderzoek is:

*Wat is de invloed van de verschillende stedenbouwkundige thema's op het totaal te verwachten energiegebruik van een nieuwbouwwijk en hoe kan dit energiegebruik berekend worden?*

Om een Energievisie op te stellen wordt gebruik gemaakt van verschillende rekeninstrumenten, zoals de Energieprestatienorm (EPN), Energieprestatie op locatie (EPL) en Optimale Energie-Infrastructuur (OEI). Ook op het gebied van de andere stedenbouwkundige thema's zijn verschillende rekeninstrumenten beschikbaar, maar niet voor alle thema's. Deze rekeninstrumenten zijn geïnventariseerd. Een onderscheid kan gemaakt worden tussen thema-instrumenten die een berekening uitvoeren over een bepaald thema, bijvoorbeeld watergebruik en milieu-instrumenten die gebaseerd zijn op de LCA-methodiek en die de milieubelasting van materialen of een gebouw berekent.

Gekeken is hoe deze instrumenten energiebesparingsopties meenemen in de berekeningen, in hoeverre ze bijdragen om het energiegebruik in kaart te brengen en of er discrepanties en overlappings tussen de instrumenten zijn. Vervolgens is aan de hand van enkele Energievisies gekeken is hoe in de praktijk de invloed van stedenbouwkundige thema's met betrekking tot energiegebruik wordt meegenomen.

In de huidige Energievisies wordt weinig rekening gehouden met het energiegebruik van andere stedenbouwkundige thema's. Zou echter in een Energievisie ook het energiegebruik voor verkeer meegenomen worden dan wordt ongeveer 90% van het totale energiegebruik berekend. Om dit te bereiken moeten de rekeninstrumenten goed op elkaar aansluiten. Dit is echter niet het geval.

De rekeninstrumenten die het energiegebruik berekenen in MJ/jaar hebben allemaal een andere eindparameter. Tevens gebruiken ze andere inputvariabelen en rekenmethodieken. Daarom kunnen de uitkomsten van de milieu-rekeninstrumenten niet met elkaar vergeleken worden. De berekeningen van de (EPN) worden in GreenCalc en Eco-Quantum als inputvariabelen ingevoerd. Maar een actieve koppeling tussen deze instrumenten bestaat nog niet. Dit heeft tot gevolg dat veranderingen in de materiaalmodule die gevolg hebben voor het energiegebruik, zoals het toepassen van extra isolatie, niet doorberekend worden in de EPN. De EPN moet dus opnieuw berekend worden.

Bij het opstellen van een Energievisie zou met behulp van de Verkeersprestatie op locatie (VPL) de energiebesparing van verkeer in de wijk opgenomen kunnen worden. Door energie te besparen op verkeer kan een gemeente proberen de CO<sub>2</sub>-reductiedoelstellingen te halen. De andere rekeninstrumenten zijn nog niet geschikt om als hulpmiddel te dienen bij het opstellen van een Energievisie.

## VOORWOORD

Voor u ligt mijn afstudeerscriptie voor de studie milieukunde aan de Universiteit Utrecht. Ik heb onderzoek gedaan bij Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) te Petten. Bij de afdeling Duurzame Energie in de Gebouwde Omgeving (DEGO) kwamen vragen over de invloed van stedenbouwkundige thema's op het energiegebruik van de gebouwde omgeving. Mij is gevraagd wat de invloed is van stedenbouwkundige thema's op het energiegebruik van een nieuwbouwwijk. Hiervoor heb ik verschillende rekeninstrumenten geïnterpreteerd en gekeken in hoeverre deze kunnen bijdragen aan het in kaart brengen van het energiegebruik van een nieuwbouwwijk.

In paragraaf 2.1 wordt uitgelegd wat onder een Energievisie wordt verstaan. Lezers die geïnteresseerd zijn in de verschillende rekeninstrumenten op energiegebied worden verwezen naar paragraaf 3.1 en bijlagen 2, 3 en 4. Instrumenten op het gebied van milieuanalyses worden besproken in de paragrafen 3.1.5 tot en met 3.2.8. en bijlagen 9 tot en met 12.

Hierbij wil ik de heer. W. Vermeulen van UU, hartelijk bedanken voor zijn begeleiding. Tevens wil ik mevrouw. M. Lafleur en de heer. F Ligthart van ECN bedanken voor hun begeleiding en inzet tijdens mijn afstudeer periode. Speciaal wil ik de heer. C. Wentink hartelijk danken voor zijn kritische noten en hulp bij berekeningen.

# INHOUD

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>9</b>
1.1	VRAAGSTELING EN DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK	9
1.2	ENERGIEGEBRUIK IN RELATIE TOT STEDENBOUWKUNDIGE THEMA'S	10
1.3	ENERGIEGEBRUIK IN NEDERLAND	11
1.4	OPBOUW VAN HET RAPPORT	12
<b>2</b>	<b>ENERGIEASPECTEN STEDENBOUW- EN BOUWKUNDIGE PLANVORMING</b>	<b>13</b>
2.1	ENERGIEVISIE, HOE KOMT ZIJ TOT STAND?	13
2.1.1	<i>Onderwerpen die in een Energievisie aan de orde komen</i>	14
2.1.2	<i>Energievisie in stedenbouwkundige planvorming</i>	15
2.2	THEMA'S OP WIJKNIVEAU	15
2.2.1	<i>Bebouwing</i>	16
2.2.2	<i>Waterhuishouding</i>	16
2.2.3	<i>Groenvoorziening</i>	17
2.2.4	<i>Verkeer</i>	18
2.2.5	<i>Afvalverwijdering</i>	19
2.3	THEMA'S OP GEBOUWNIVEAU	20
2.3.1	<i>Materiaalgebruik</i>	20
2.3.2	<i>Afvalverwijdering</i>	20
2.3.3	<i>Watergebruik</i>	21
2.3.4	<i>Binnenmilieu</i>	21
2.3.5	<i>Thema's die niet worden meegenomen</i>	22
2.4	ENERGIE GERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN	22
2.5	INTEGRALE MILIEUANALYSE	24
<b>3</b>	<b>REKENINSTRUMENTEN</b>	<b>27</b>
3.1	REKENINSTRUMENTEN VOOR HET OPSTELLEN VAN DE ENERGIEVISIE	27
3.1.1	<i>EPN</i>	27
3.1.2	<i>EPL</i>	30
3.1.3	<i>Het OEI-rekenmodel</i>	33
3.2	REKENINSTRUMENTEN VOOR ANDERE STEDENBOUWKUNDIGE THEMA'S	35
3.2.1	<i>VPL</i>	35
3.2.2	<i>SPN</i>	37
3.2.3	<i>WPN</i>	38
3.2.4	<i>Boilsim</i>	39
3.2.5	<i>MMG</i>	40
3.2.6	<i>TWIN-Model</i>	42
3.2.7	<i>GreenCalc</i>	44
3.2.8	<i>Eco-Quantum</i>	48
<b>4</b>	<b>RELATIES TUSSEN REKENINSTRUMENTEN</b>	<b>51</b>
4.1	OVERLAPPINGEN EN DISCREPANTIES TUSSEN REKENINSTRUMENTEN	52
4.1.1	<i>Parameter</i>	52
4.1.2	<i>Inputvariabelen en rekenmethodiek</i>	53
4.1.3	<i>Systeemgrenzen</i>	54
4.1.4	<i>Milieueffecten</i>	55
4.1.5	<i>Dynamiek en status</i>	57
4.2	ENERGIEGEBRUIK EN REKENINSTRUMENTEN	57
4.2.1	<i>Energiebesparingsopties die in de rekeninstrumenten aan bod komen</i>	57
4.2.2	<i>Aandeel energiegebruik per rekeninstrument</i>	58
4.3	KOPPELINGEN TUSSEN INSTRUMENTEN	60
4.4	RELATIES REKENINSTRUMENTEN	61

<b>5</b>	<b>CASESTUDIE ENERGIEVISIE</b>	<b>63</b>
5.1	BEREKENING ENERGIEGEBRUIK VAN WONINGEN.	63
5.2	ENERGIEVISIES	65
5.2.1	<i>Emmen Delftlanden</i>	65
5.2.2	<i>Energievisie Blokhoeve</i>	67
5.2.3	<i>Energievisie Schalkwijk 2000<sup>+</sup></i>	68
5.3	INSCHATTING VOLLEDIGHEID ENERGIEVISIES	69
<b>6</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>71</b>
	<b>LITERATUURLIJST</b>	<b>73</b>
	<b>BIJLAGEN</b>	<b>77</b>
	<b>BIJLAGE 1; KORTE SAMENVATTING LEVENSCYCLUSANALYSE</b>	<b>79</b>
	<b>BIJLAGE 2; EPN</b>	<b>80</b>
	<b>BIJLAGE 3; EPL</b>	<b>83</b>
	<b>BIJLAGE 4; OEI-REKENMODEL</b>	<b>85</b>
	<b>BIJLAGE 5; VPL</b>	<b>87</b>
	<b>BIJLAGE 6; SPN</b>	<b>89</b>
	<b>BIJLAGE 7; WPN</b>	<b>91</b>
	<b>BIJLAGE 8; BOILSIM</b>	<b>93</b>
	<b>BIJLAGE 9; MMG</b>	<b>95</b>
	<b>BIJLAGE 10; TWIN-MODEL</b>	<b>98</b>
	<b>BIJLAGE 11; GREENCALC</b>	<b>100</b>
	<b>BIJLAGE 12; ECO-QUANTUM</b>	<b>103</b>
	<b>BIJLAGE 13; MILIEUMATEN</b>	<b>106</b>
	<b>BIJLAGE 14; SAMENVATTING KENMERKEN REKENINSTRUMENTEN</b>	<b>107</b>
	<b>BIJLAGE 15; ENERGIEBESPARINGSOPTIES</b>	<b>108</b>
	<b>BIJLAGE 16: ENERGIEGEBRUIK VOOR DE STEDENBOUWKUNDIGE THEMA'S PER HUISHOUDEN.</b>	<b>110</b>





# 1 INLEIDING

Energiebesparing in de gebouwde omgeving is een van de doelstellingen van de Nederlandse overheid. Om bij de planning van nieuwbouwwijken energiebesparing zo vroeg mogelijk in het planproces mee te kunnen nemen is het instrument Energievisie ontwikkeld, waarin enkele mogelijkheden voor de energievoorziening en het energiegebruik van de wijk worden doorberekend. Energiegebruik is niet het enige stedenbouwkundige thema op het gebied van ruimtelijke ordening. Watergebruik, materiaalgebruik, verkeer en groenvoorziening zijn enkele andere. De invloed van deze stedenbouwkundige thema's op het energiegebruik van een nieuwbouwwijk is het onderwerp van dit onderzoek.

In paragraaf 1.1 worden de vraagstelling en doelstelling van het onderzoek uiteengezet. Vervolgens wordt in paragraaf 1.2 de relatie tussen het energiegebruik en stedenbouwkundige thema's besproken. In paragraaf 1.3 worden in het kort het huidige energiegebruik in Nederland en de doelstellingen van de overheid met betrekking tot energiereductie aangegeven. Het hoofdstuk wordt afgesloten met de opbouw van dit rapport.

## 1.1 VRAAGSTELING EN DOELSTELLING VAN HET ONDERZOEK

Het energiegebruik in een nieuwbouwwijk wordt door zowel op gebouw als wijkniveau door verschillende aspecten beïnvloed. De materialen die in de bouw gebruikt worden kunnen van grote invloed zijn op het energiegebruik. Dubbel glas levert bijvoorbeeld een aanzienlijke besparing op. Een gescheiden watersysteem voor tapwater kost meestal meer energie dan het drinkwatersysteem dat nu gebruikelijk is.

Met behulp van stedelijke planning kan het openbaar vervoer en het gebruik van de fiets aangemoedigd en het autogebruik ontmoedigd worden. Het terugdringen van het autogebruik kan energiebesparing met zich mee brengen. Groenvoorziening is erg belangrijk in het kader van een leefbare woonomgeving. Beschaduwning en verdamping kunnen invloed hebben op het energiegebruik in gebouwen.

Zoals uit deze voorbeelden blijkt, hebben de thema's op elk een eigen manier invloed op het energiegebruik. De doelstellingen voor het terugdringen van het energiegebruik kunnen in een Energievisie worden vastgelegd. Dit leidt tot de onderzoeksvraag:

*Wat is de invloed van de verschillende stedenbouwkundige thema's: materiaalgebruik, waterhuishouding, groenvoorziening, verkeer, afvalverwijdering en binnenmilieu, op het totaal te verwachten energiegebruik van een nieuwbouwwijk en hoe kan dit energiegebruik berekend worden?*

Om de onderzoeksvraag te beantwoorden moeten deelvragen beantwoord worden. Deze vragen zijn in groepen in te delen. Ten eerste de vragen met betrekking tot de stedenbouw en bouwkundige thema's:

- Welke stedenbouwkundige thema's kunnen op wijkniveau onderscheiden worden?
- Welke bouwkundige thema's kunnen op gebouwniveau onderscheiden worden?

Ten tweede de vragen met betrekking tot energie:

- Wat zijn de energie gerelateerde aspecten van de stedenbouw- en bouwkundige thema's?
- Wat zijn de energie gerelateerde milieuproblemen in Nederland?

Ten derde vragen voor het inventariseren van de verschillende rekeninstrumenten:

- Welke verschillende rekeninstrumenten zijn er op het gebied van energiebesparing?
- Welke verschillende rekeninstrumenten zijn er het gebied van de andere bouw- en stedenbouwkundige thema's?
- Wat is de eindparameter van de verschillende rekeninstrumenten?
- Hoe komt deze eindparameter tot stand en welke inputvariabelen zijn hiervoor gebruikt?
- Welke systeemgrenzen (ruimtelijke afbakening, tijdsbestek en levensfasen) worden in het rekeninstrument gehanteerd?
- Komen alle relevante milieuproblemen binnen de rekeninstrumenten aan de orde?
- Worden alle relevante energiebesparingsopties in de verschillende rekeninstrumenten meegenomen?
- Wat is de wettelijke status van de verschillende rekeninstrumenten?
- Hoe dynamisch zijn de rekeninstrumenten opgesteld, kunnen nieuwe inzichten snel ingepast worden?

Tot slot de vragen over de relaties tussen energie, rekeninstrumenten en de Energievisie op een nieuwbouwwijk:

- Zijn er overeenkomsten, overlappingsen en discrepanties tussen de verschillende rekeninstrumenten?
- In hoeverre wordt bij de verschillende rekeninstrumenten rekening gehouden met het energiegebruik?
- Hoe grijpen de verschillende rekeninstrumenten in op de Energievisie van een nieuwbouwwijk?

Het doel van dit onderzoek is de invloed van stedenbouwkundige thema's op het energiegebruik van nieuwbouwwijken in kaart te brengen en vervolgens kijken welke rekeninstrumenten wel of niet kunnen bijdragen aan het opstellen van een Energievisie.

Met behulp van de enkele Energievisies, die onder andere bij ECN voor gemeenten geschreven zijn, wordt gekeken wat de invloed is van stedenbouwkundige thema's op de Energievisie van een nieuwbouwwijk.

## 1.2 ENERGIEGEBRUIK IN RELATIE TOT STEDENBOUWKUNDIGE THEMA'S

De definitie van een Energievisie zoals Novem die hanteert is:

In een Energievisie worden de energiebesparingskeuzen op wijkniveau tegen elkaar afgewogen waarbij rekening wordt gehouden met de fysieke ruimtelijke mogelijkheden van de locatie (W/E adviseurs duurzaam bouwen, 1997). Het gaat bij een Energievisie vooral om het toekomstig energiegebruik tijdens de fase waarin de wijk bewoond is. De maatregelen die genomen worden moeten het energiegebruik van de wijk omlaag brengen.

Het gaat in dit onderzoek om woningen en woonwijk gerelateerde dienstverlening, zoals scholen, gezondheidscentra, winkels en in de wijk gelegen kantoren. Nieuwe bedrijfs- en industrieterreinen worden buiten het onderzoek gelaten omdat deze groep veel te divers is met allemaal verschillende eisen en regelgeving. Energievisies slaan meestal op woonwijken. Het is echter wel mogelijk een Energievisie op te stellen voor een herstructureringswijk. In herstructureringswijken is reeds een energie-infrastructuur aanwezig, deze wordt meestal niet vervangen. Ook het aanbrenge van gevelisolatie kan een probleem zijn in oudere woningen, omdat de inhoud van deze woning aanzienlijk kleiner kan worden.

Een Energievisie wordt door gemeenten en betrokken partijen opgesteld om te helpen bij het maken van een keuze met betrekking tot de toekomstige energievoorziening. Door bij het ontwerp al rekening te houden met de keuze voor een efficiënte energievoorziening, die bij de locatie past, kan het energiegebruik van een nieuwbouwwijk ten opzichte van bestaande wijken verlaagd worden. Dit kan bijvoorbeeld door bij verkavelen al rekening te houden met maatregelen als het toepassen van passieve zonne-energie. Daarom is het kiezen van een energievoorziening voor een woonwijk in de voorfase van de planontwikkeling erg belangrijk. Met energievoorziening wordt zowel het opwekken en productie, als transport en levering aan de gebouwen bedoeld. De keuze voor een bepaalde energievoorziening is van grote invloed op de energie-infrastructuur en de keuze van een energiesysteem op gebouwniveau en visa versa. De energievoorziening is ook van invloed op de gehele levensduur van een wijk, omdat een woningwijk voor tientallen jaren gebruik maakt van dezelfde energievoorziening.

Energie is maar één van de thema's op het stedenbouwkundige vlak waarmee in het planproces rekening gehouden moet worden. Op stedenbouwkundig niveau zijn vele thema's waarmee in het planproces rekening gehouden moet worden. De thema's die in dit rapport aan bod komen zijn; watergebruik, verkeer, materiaalgebruik, groenvoorziening, afvalverwijdering en binnenmilieu.

### 1.3 ENERGIEGEBRUIK IN NEDERLAND

Nederland had in 1998 een verbruik van 95.130 miljoen kWh elektriciteit, 45.954 miljoen m<sup>3</sup> gas en 19.147 TJ warmte levering. Dit was samen met het gebruik van brandstof voor vervoer 5% van het totaal verbruik van de EU. De grootste afnemer van energie is met 40% de industrie. Huishoudens, transport en overige afnemers nemen elk met ongeveer 20% een evenredig aandeel voor hun rekening. De huishoudens namen 22% van het elektriciteitsverbruik, 25% van het gasverbruik en 40% van de geleverde warmte voor hun rekening. (EnergieNed, 1999)

Het gasverbruik is in verhouding tot andere Europese landen erg hoog in Nederland. Dit komt voor het grootste gedeelte door de goede beschikbaarheid van gas en de aansluiting van de meeste huishoudens op het gasnet. In de periode 1980-1998 is het gasverbruik van huishoudens aanzienlijk gedaald. Dit komt vooral door de verminderde vraag voor ruimteverwarming. De betere isolatie van de woningen en de HR-ketel zijn de grootste oorzaak van deze ontwikkeling. De vraag naar warmwater is in deze periode echter wel gestegen.

Sinds 1990 is het huishoudelijk elektriciteitsverbruik met 24% toegenomen. Dit kan voor een groot deel verklaard worden door gezinsverdunding en de stijging van de behoefte aan comfort dat zich uit in het gebruik van steeds meer elektrische apparaten. Ook in de toekomst wordt een verdere stijging van het elektriciteitsverbruik verwacht. Het aandeel van warmtelevering is in Nederland gering. (EnergieNed, 1999)

De Nederlandse overheid heeft in Kyoto afgesproken de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2012 ten opzichte van 1990 met 6% te verlagen. Om dit te bereiken is beleid ontwikkeld op het gebied van energiebesparing. De Nederlandse overheid heeft voor de komende jaren verschillende doelstellingen op het gebied van energiereductie. Voor het jaar 2020 streeft ze naar een energiereductie van 33 % ten opzichte van 1995 en een aandeel van duurzame bronnen in het energiegebruik van 10%.

Een groot deel van deze energiereductie kan in de gebouwde omgeving gehaald worden. Vooral in de nog te bouwen wijken kunnen grote energiebesparingen gehaald worden. Omdat de overheid tot 2030 ongeveer 1 miljoen woningen bij wil bouwen liggen hier kansen. Deze woningen zullen voor een groot deel in nieuwbouwwijken worden gebouwd. De aanleg en inrichting van een nieuwbouwwijk bieden mogelijkheden voor de opzet van een duurzame of efficiënte energievoorziening aangezien daar nog geen of een beperkte energie-infrastructuur aanwezig is.

## 1.4 OPBOUW VAN HET RAPPORT

In hoofdstuk 2 komen de energiegerelateerde aspecten van stedenbouwkundige en bouwkundige thema's aan de orde. Eerst wordt uitgelegd hoe een Energievisie tot stand komt. Vervolgens worden de energieaspecten van de stedenbouwkundige planning besproken. Tevens worden de energiegerelateerde milieuproblemen besproken.

In hoofdstuk 3 worden verschillende rekeninstrumenten geïnventariseerd. Eerst komen de rekeninstrumenten die kunnen helpen bij het opstellen van een Energievisie aan bod en vervolgens de rekeninstrumenten op het gebied van andere stedenbouwkundige thema's.

De volledigheid, de coherentie en combineerbaarheid van de instrumenten en de relatie met het energiegebruik worden in hoofdstuk 4 besproken.

In hoofdstuk 5 is eerst een berekening met Eco-Quantum en EPN gemaakt om de invloed op het energiegebruik van materialen te berekenen. Aan de hand van verschillende Energievisies wordt gekeken of de invloed van verschillende stedenbouwkundige thema's op het energiegebruik wel in de Energievisie aan bod kan komen.

Het rapport wordt afgesloten met conclusies.

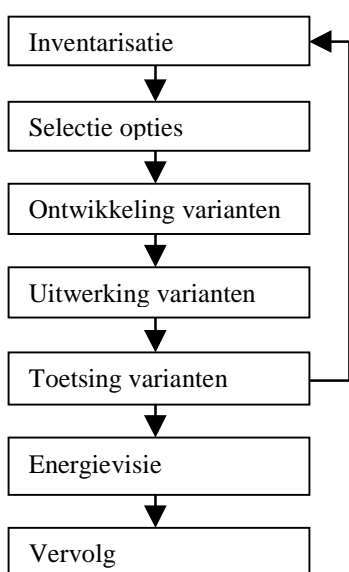
## 2 ENERGIEASPECTEN STEDENBOUW- EN BOUWKUNDIGE PLANVORMING

In dit hoofdstuk wordt uiteengezet hoe een Energievisie tot stand komt en wat het energiegebruik van een woonwijk omvat. Vervolgens wordt de rol van de Energievisie in het stedenbouwkundige planvormingsproces gegeven. In de paragraaf daarop komen de verschillende stedenbouwkundige thema's: bebouwing, waterhuishouding, groenvoorziening, verkeer, afvalverwijdering en hun subthema's op wijkniveau aan de orde. Tevens wordt de relatie tussen energie en de verschillende thema's aangegeven. Dit wordt ook gedaan voor de bouwkundige thema's. Deze thema's zijn binnenmilieu, materiaalgebruik, afvalverwijdering, watergebruik en groenvoorziening. Daarna worden in paragraaf 2.4 de verschillende milieuproblemen met betrekking tot opwekking en gebruik van energie besproken. Tot slot wordt in paragraaf 2.5 een referentiekader met betrekking tot rekeninstrumenten gegeven aan de hand van milieueffecten uit de levenscyclusanalyse (LCA) methode.

### 2.1 ENERGIEVISIE, HOE KOMT ZIJ TOT STAND?

Gemeenten, energiebedrijven en opdrachtgevers die van plan zijn om energie- en milieubewust te bouwen, kunnen woonwijken realiseren waarin 40% minder fossiele brandstof wordt gebruikt en 50% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot plaatsvindt ten opzichte van wijken die begin jaren '90 zijn gebouwd (Novem, 1997). In de Stad van de Zon in de gemeente Heerhugowaard bijvoorbeeld wordt gewerkt aan een emissieneutrale wijk. Hierbij is het belangrijk dat in een vroeg stadium van het stedenbouwkundig proces rekening wordt gehouden met de mogelijke opties. Het is nodig dat de verschillende betrokken partijen een gezamenlijke visie ontwikkelen op de energievoorziening.

**Figuur 2.1: Stappenplan voor de ontwikkeling van een Energievisie.**



Bron: (W/E adviseurs duurzaam bouwen, 1997)

**Tabel 2.1: Fysieke ruimtelijke kenmerken van een locatie.**



Bron: (W/E adviseurs duurzaam bouwen, 1997)

Realisatie van een goede energie-infrastructuur vereist een integrale aanpak op basis van een Energievisie. In een Energievisie staat hoe een efficiënte energievoorziening is te realiseren, rekening houdend met onder andere de fysiek ruimtelijke mogelijkheden van een locatie. Het opstellen van een Energievisie door gemeenten wordt in de nabije toekomst wellicht verplicht (Nationaal DuBo Centrum, 2000). Voor het opstellen van een Energievisie is door W/E adviseurs duurzaam bouwen een stappenplan ontwikkeld. In figuur 2.1 is aangegeven welke stappen doorlopen moeten worden om tot een Energievisie te komen.

In de inventarisatiestap wordt het beleid geïnventariseerd dat bepalend is voor de locatie en de uitgangspunten van verschillende betrokken partijen. Deze partijen kunnen onder andere architecten, aannemers en energiebedrijven zijn. De streefwaarden met betrekking tot het energieprestatieniveau en de CO<sub>2</sub>-reductie wordt bepaald. Tevens worden de fysieke ruimtelijke kenmerken van de locatie in kaart gebracht. Deze kenmerken zijn in tabel 2.1 weergegeven.

Bij de selectie van opties met betrekking tot de energievoorziening, wordt gekeken naar de mogelijkheden voor conversie en distributie van energie en naar de verschillende energiedragers. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de 'Energieladder':

1. Beperken van de energievraag
2. Gebruik duurzame energiebronnen
3. Maak efficiënt gebruik van eindige energiebronnen.

De derde stap van de Energievisie is het ontwikkelen van varianten. Hierbij worden concepten gekozen en een samenhangend pakket van maatregelen ontwikkeld.

In de volgende stap worden de effecten van iedere variant met behulp van berekeningen uitgewerkt. Hierbij wordt gelet op het energiegebruik, de emissies en de globale kosten.

Vervolgens worden de varianten getoetst aan de beleidsdoelstellingen en uitgangspunten van de betrokken partijen die in de eerste stap zijn geïnventariseerd. In de zesde stap wordt de Energievisie geschreven, hierin worden de voorkeursvarianten gerapporteerd en geven de betrokken partijen een onderbouwing van hun keuze. Op basis van deze Energievisie kan de gemeente richting geven aan de ontwikkeling van de energievoorziening van de nieuwbouwlocatie. De ontwikkeling van een Energievisie is een cyclisch proces, waarbij de te onderscheiden stappen diverse keren (kunnen) worden doorlopen. (W/E adviseurs duurzaam bouwen, 1997) Het stappenplan geeft aan hoe in de ideale situatie een Energievisie tot stand komt. Het doorlopen van dit stappenplan gebeurt in de praktijk niet zo strikt.

### **2.1.1 Onderwerpen die in een Energievisie aan de orde komen**

Energiebesparing kan op verschillende schaalniveaus in de gebouwde omgeving behaald worden. Zowel op gebouwniveau als op wijkniveau kunnen maatregelen getroffen worden die bijdragen leveren aan energiebesparing. In een Energievisie wordt uitgegaan van de 'energieladder'. Deze is in de vorige paragraaf behandeld. Bij elke stap worden enkele voorbeelden van verschillende opties gegeven die toegepast kunnen worden:

1. De energievraag kan op gebouwniveau beperkt worden door het toepassen van verschillende maatregelen. Isoleren, compact bouwen, schakelen van woningen, compartimenteren van vertrekken en daglichttoetreding zijn voorbeelden die de energievraag kunnen reduceren.
2. Het toepassen van duurzame bronnen kan bestaan uit toepassen van passieve zonne-energie door middel van ramen of serres. Naast passieve zonne-energie kunnen ook actieve zonne-energie, biomassa, windenergie en aardwarmte toegepast worden als duurzame bronnen. Toepassen van duurzame energiebronnen kan niet altijd in de wijk zelf plaats vinden. Door middel van verkoop van groene-stroomcertificaten, waarvan de afname voor een lange periode garandeerd is, aan de bewoners kan duurzame energie toch aan de wijk gebonden worden.

- Tot slot kan gebruik gemaakt worden van verschillende technieken om fossiele brandstoffen zo efficiënt mogelijk te gebruiken. Hierbij kan gedacht worden aan het toepassen van HR-ketels, lage-temperatuur-verwarming, benutting van restwarmte uit de omgeving en warmtepompen.

### 2.1.2 Energievisie in stedenbouwkundige planvorming

Bij stedenbouwkundige planvorming gaat het om de samenhang tussen de verschillende stedenbouwkundige thema's. Voor elk van deze thema's zijn verschillende organisaties en instanties verantwoordelijk voor de planning, uitvoering, onderhoud en beheer. Een Energievisie zou zoals gezegd in het begin van het planproces opgesteld moeten worden. De plaats van een Energievisie in het stedelijk planproces wordt in onderstaande figuur 2.2 weergegeven. Behalve een Energievisie worden ook documenten opgesteld voor de andere stedenbouwkundige thema's. Deze documenten worden hier verder niet besproken.

**Figuur 2.2: De plaats van de Energievisie in het planproces, waarbij ook de keuzen en documenten van het planproces zijn aangegeven.**

Initiatiefase	Programmafase	Ontwerpfase	Ontwikkelingsfase	
Uitgangssituatie	Wensen	Concepten	Inrichting	Kosten en realisatie
Startnotitie	Stedenbouwkundig programma van eisen	Structuurschets	Stedenbouwkundig plan	Exploitatie- en ontwikkelingsplan
<i><b>Energievisie</b></i>				

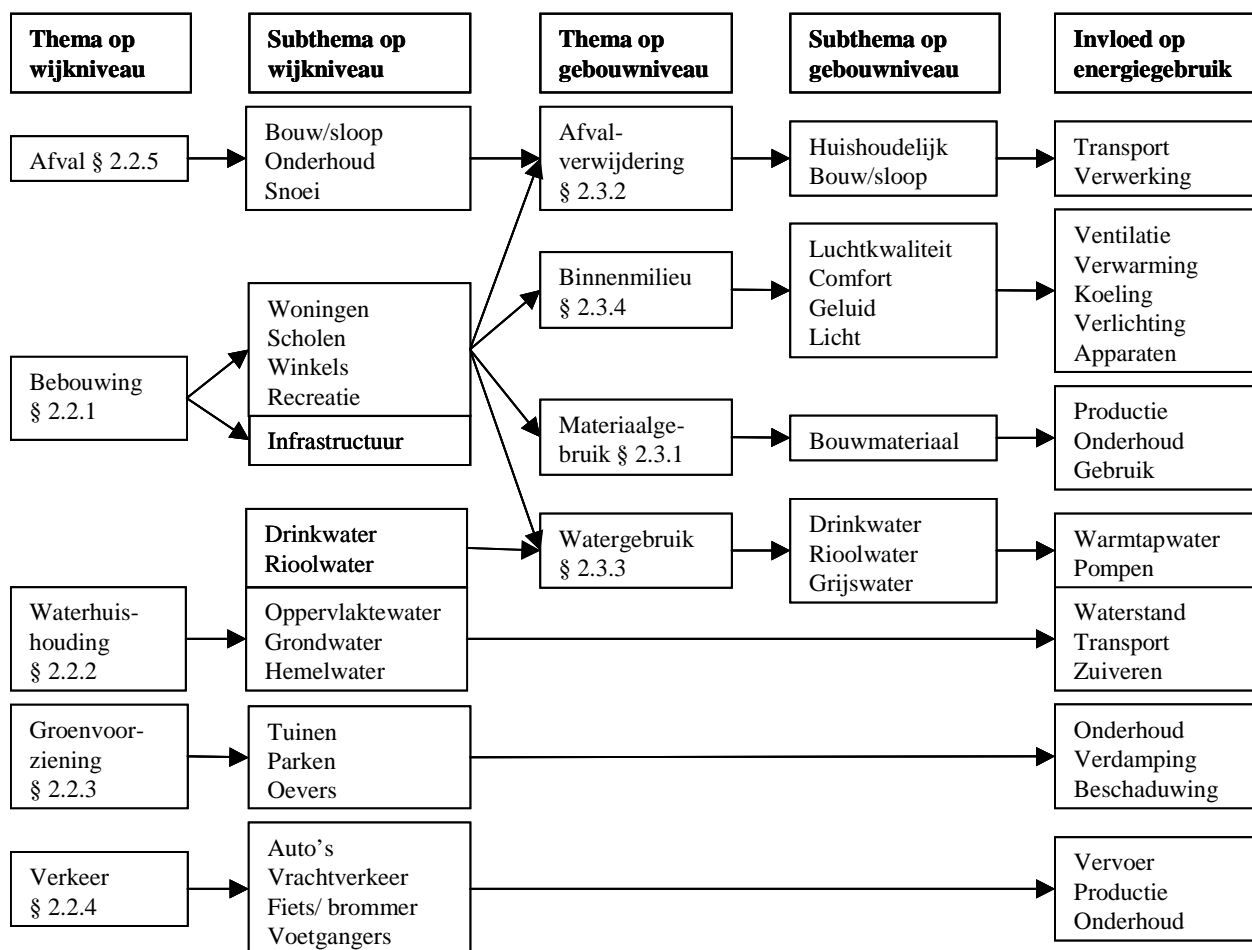
Bron: (Witberg en Zinger, 1999)

Bij opstellen van een Energievisie kan voor berekeningen gebruik gemaakt worden van enkele rekeninstrumenten. Voor woningen is dit de Energie Prestatie Norm (EPN). De waarde van deze norm staat in het Bouwbesluit en is verplicht, maar een hoger ambitieniveau kan natuurlijk ook. In paragraaf 3.1.1 wordt hier verder op ingegaan. Op wijkniveau zijn ook rekeninstrumenten ontwikkeld waarmee het ambitieniveau van CO<sub>2</sub>-reductie uitgedrukt wordt, dit is de Energie Prestatie op Locatie (EPL) en Optimale Energie-Infrastructuur (OEI), deze worden in paragraaf 3.1.2 en 3.1.3 verder uitgewerkt. Op het gebied van de andere stedenbouwkundige thema's als, watergebruik, verkeer, materiaalgebruik en groenvoorziening zijn soms ook rekeninstrumenten ontwikkeld. Deze rekeninstrumenten worden in hoofdstuk 3 besproken. De relatie van deze rekeninstrumenten met het energiegebruik is hierbij van belang.

## 2.2 THEMA'S OP WIJKNIVEAU

In het navolgende opgestelde schema (zie figuur 2.3) komen de stedenbouwkundige thema's op wijkniveau aan de orde. Dit zijn afvalverwijdering, bebouwing, waterhuishouding, groenvoorziening en verkeer. Elk thema kent verschillende subthema's. Het thema bebouwing kent een onderverdeling met eigen subthema's op gebouwniveau. In paragraaf 2.3 worden deze thema's verder uitgewerkt. De invloed van elk thema op het energiegebruik wordt behandeld.

**Figuur 2.3: Schema van stedenbouwkundige thema's op wijk- en gebouwniveau, de bijbehorende subthema's en de relatie van de thema's met het energiegebruik.**



## 2.2.1 Bebouwing

Met bebouwing worden de verschillende gebouwen bedoeld waaruit een wijk bestaat, waaronder woningen, scholen, winkels en gebouwen voor recreatie. Bij dit laatste kan men denken aan sporthallen en clubhuizen. De verschillende soorten infrastructuur als straten, sloten en bekabeling worden ook bij bebouwing gerekend. Het thema bebouwing is opgesplitst in thema's op gebouwniveau. Deze worden in paragraaf 2.3 verder uitgewerkt.

## 2.2.2 Waterhuishouding

De waterhuishouding van een wijk bestaat uit oppervlaktewater, grondwater, drinkwater, regenwater en rioolwater. Voor een goede watervoorziening is energie nodig. Bijna één procent van het nationale energiegebruik wordt gebruikt voor de drinkwaterketen. Dit is nodig voor de productie van drinkwater tot en met het verwerken afvalwater (DTO, 1997). Voornamelijk het zuiveren van het drinkwater en rioolwater vergt veel energie.

Veel hemelwater wordt zo snel mogelijk via het riool afgevoerd, waardoor verdroging in de hand gewerkt wordt. Tevens is bij hevige regenval de kans op overstort groot, waardoor



afvalwater in het oppervlaktewater terecht komt. Het oppervlaktewater vervult naast deze regulerende functie samen met de groenvoorziening ook een ecologische en recreatieve functie. Systemen om regenwater in de wijk te infiltreren en langer in de wijk vast te houden of om het te gebruiken voor huishoudwater worden steeds vaker toegepast. Soms wordt gebruik gemaakt van helofytenfilters die licht verontreinigd water uit de wijk zuiveren. Voor het rondpompen van het water in deze systemen is energie nodig. Voor het watergebruik op wijkniveau is geen rekeninstrument beoordeeld.

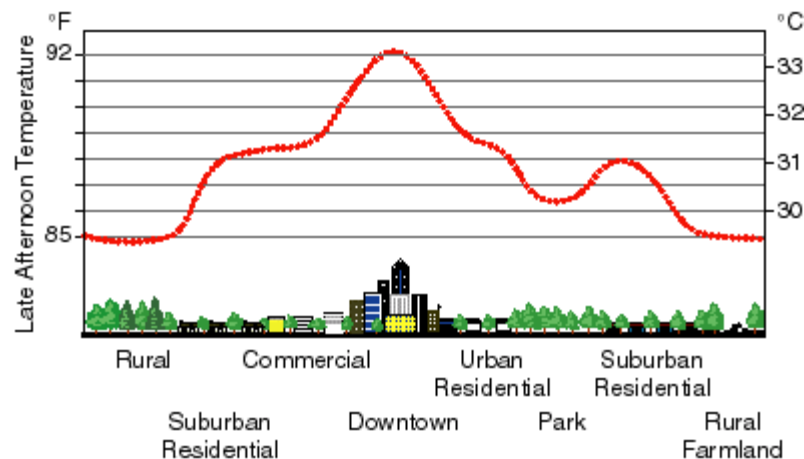
Een vegetatiedak kan gebruikt worden om hemelwater op te vangen zodat dit niet direct in het riool verdwijnt. Een voordeel van een vegetatiedak is het verdampende begroeide oppervlak, dat kan bijdragen het microklimaat in een wijk. (zie paragraaf 2.2.3) De isolatiewaarde van een vegetatiedak is niet bijzonder goed, gewoon isoleren blijft nodig.

### 2.2.3 Groenvoorziening

Groenvoorziening heeft een ecologische, recreatieve en esthetische functie en/ of kan dienen als buffer voor bijvoorbeeld geluid. De invloed van groen op het microklimaat in een wijk is belangrijk. Bomen kunnen verkoeling geven en het woonklimaat veraangenamen. Maar ze kunnen ook het toepassen van zonnepanelen en zonnecollectoren belemmeren. Over de beplanting in een tuin is in de Energievisie niet zoveel te zeggen, aangezien dit in de gebruiksfase door de bewoners geregeld wordt.

Begroeiing beïnvloedt de temperatuur in een stad. Uit onderzoek vooral in de Verenigde Staten is gebleken dat steden soms wel 3°C warmer zijn dan de omliggende gebieden (zie figuur 2.4). Het koelen van gebouwen is daar heel gewoon, maar wordt in Nederland ook steeds vaker toegepast. Koelen kost veel energie, dus als het buiten minder warm is dan hoeft er minder energie nodig om te koelen.

**Figuur 2.4: Temperatuurverschil tussen stad en ommeland.**



Bron: (Pon, 2000)

Bomen kunnen door middel van schaduwwerking en evapotranspiratie de omgeving afkoelen. Behalve dat kunnen ze ook wind vangen in de herfst waardoor het juist minder koud wordt. Bij een verdampingssnelheid van 1mm per uur per m<sup>2</sup> (één liter per uur) treedt 680 W/m<sup>2</sup> koeling op. De waterafgifte aan de lucht wordt uit de energievoorraad van de bodem en de lucht geput als gevolg van het opnemen van latente warmte. Dit uit zich in een temperatuursverlaging van de bodem en de lucht (Costa en James, 1995). In “Neerslag en Verdamping” van Buishand, T.A. en C.A. Velds (1980) wordt een uitleg gegeven hoe het verdampingspotentieel van

wateroppervlak, grasland en bossen berekend kan worden. In het boek wordt niet ingegaan op de temperatuurverschillen die dat op kan leveren ten opzichte van de omgeving. Er zijn verder geen rekeninstrumenten bekend die de invloed van begroeiing op het microklimaat berekenen.

Begroeiing beïnvloedt niet alleen het microklimaat maar zorgt ook voor schaduw. Voor de beschaduwing door een boom is de grootte van belang. Om van tevoren te kunnen voorspellen hoe groot een boom op een bepaalde plaats zal worden is de groeiplaatsberekening ontwikkeld (CROW en VHB, 1988). Op de groeiplaatsberekening wordt in dit onderzoek niet verder ingegaan, omdat er geen directe relatie met energiegebruik is. De uiteindelijke grootte van een boom hangt niet alleen af van de boomsoort maar ook van de groeiplaats. Bovengronds kunnen beperkingen optreden door bebouwingsdichtheid, verkeer en andere beplanting. Ondergronds is de groeiruimte beperkt door de aanwezigheid van kabels, leidingen en de cunetten van wegen.

Voor de beschaduwing door bomen is ook de transparantie van een boom van belang (zie tabel 2.2). Beschaduwing heeft een negatieve invloed op daglichttoetreding en op de opbrengst van zonnecollectoren. Hierbij kan het percentage doorgelaten zonlicht uit tabel 2.2 worden toegepast voor een reëlere benadering. Bij beschaduwing van een klein deel van een PV-paneel neemt het rendement aanzienlijk af. De transparantie van een boom is daarom voor PV-panelen minder belangrijk.

**Tabel 2.2: De doorgelaten hoeveelheid zonnestraling in procenten ten opzichte van de totale hoeveelheid opvallende zonnestraling.**

Boomsoort	Met blad	Zonder blad
Plataan (niet gesnoeid)	30%	65%
Linde (niet gesnoeid)	35%	70%
Iep	45%	70%
Nederlandse Populier	35%	80%
Lijsterbes	45%	80%
Berk	55%	80%
Ratelpopulier	55%	85%

Bron: (Stofberg et. al., 2000. p.43)

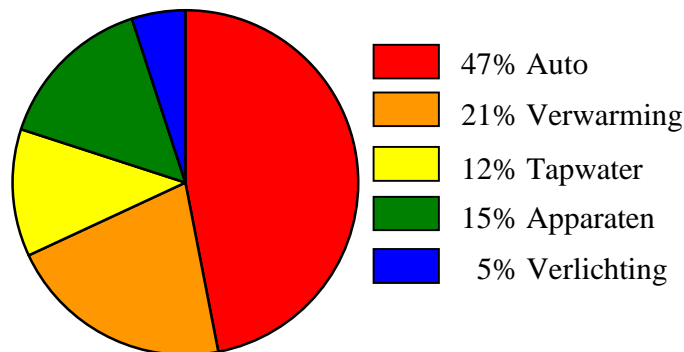
## 2.2.4 Verkeer

Verkeer is een invloedrijk thema met betrekking tot woonwijken. Vergroten van de leefbaarheid en de verkeersveiligheid en het beperken van het energiegebruik, de milieubelasting en het ruimtegebruik door de verkeersfuncties zijn belangrijke aandachtspunten bij verkeer. Mobiliteit is voor veel mensen belangrijk. Autogebruik nam in 1998 naar schatting 23% van het directe en indirecte energiegebruik van huishoudens in nieuwbouwwijken voor zijn rekening (Waals van der et. al., 1999). Direct energiegebruik is het gevolg van direct gebruik van brandstoffen en het indirecte energiegebruik hangt samen met de aankoop van producten en diensten. Volgens Kolkmeijer et. al. (2000) gaat bijna de helft van het energiegebruik van een modaal Nederlands huishouden op aan mobiliteit (zie figuur 2.5). Deze getallen lopen uiteen. Dit komt hoogst waarschijnlijk doordat in het rapport van Van der Waals et. al. ook het indirecte energiegebruik meegerekend is. Het maakt echter wel duidelijk dat bezuinigen op energiegebruik bij verkeer grote besparingen op kan leveren.

Van de gemaakte autoritten is ongeveer de helft korter dan 10 km, deze ritten zouden in veel gevallen geschikt kunnen zijn voor het gebruik van de fiets. Een goede infrastructuur voor loop- en fietsverkeer is daarbij van belang. In paragraaf 3.2.1 wordt ingegaan op de Verkeersprestatie op Locatie (VPL) die de energiebesparing die een goede infrastructuur met zich mee kan

brengen berekent. De andere aandachtspunten van verkeer kunnen door een goede infrastructuur ook gunstig beïnvloed worden.

**Figuur 2.5: Energiegebruik van een modaal huishouden in een nieuwbouwwijk.**



Bron: (Kolkmeijer, 2000)

### 2.2.5 Afvalverwijdering

Bij het thema afvalverwijdering wordt onderscheid gemaakt tussen bouw- en sloopafval, snoeiafval en huishoudelijk afval. Afvalverwijdering is voornamelijk een logistiek probleem, vooral het inzamelen van huishoudelijk afval. Dit laatste komt op het niveau van de gebouwen aan de orde. In deze paragraaf wordt ingegaan op bouw-, sloop- en snoeiafval.

Het is belangrijk dat het bouw- en sloopafval in een aantal fracties gescheiden wordt, zodat het materiaal hergebruikt kan worden. Hergebruik van materiaal als grondstof bij de bouw valt onder materiaalgebruik. Het hergebruiken van materialen kan energiebesparing opleveren, omdat productie uit secundaire grondstoffen vaak minder energie kost dan productie uit primaire grondstoffen, denk hierbij bijvoorbeeld aan de productie van glas. Dit vermeden energiegebruik is echter moeilijk in te schatten. Bouw- en sloopafval bestaat voornamelijk uit steenachtige materialen en verpakkingen die voor een belangrijk deel hergebruikt kunnen worden. Snoeiafval daarentegen kan gecomposteerd, of als biomassa gebruikt worden. Op het gebied van afval zijn geen algemene rekeninstrumenten bekend.

Voor afvalverwerking is een prioriteitsvolgorde aan te geven, vergelijkbaar met de voorkeursvolgorde van energiebesparingsmaatregelen. Deze voorkeursvolgorde wordt ook wel de ladder van Lansink genoemd, naar voormalig kamerlid Lansink die deze prioriteitsvolgorde heeft geïntroduceerd. De ladder bestaat uit de volgende stappen:

1. Preventie; eerst kwantitatief en dan kwalitatief. Bij kwalitatief dient het materiaal als grondstof voor hetzelfde product.
2. Hergebruik; het product wordt opnieuw gebruikt of het materiaal dient als grondstof voor een laagwaardiger toepassing.
3. Verbranden; met of zonder energierugwinning.
4. Storten.

## 2.3 THEMA'S OP GEBOUWNIVEAU

Hieronder komt een omschrijving van de thema's en subthema's die op een gebouw betrekking hebben. In figuur 2.3 zijn deze thema's en subthema's weergegeven. Dit zijn materiaalgebruik, afvalverwijdering, watergebruik en binnenmilieu. Enkele van de thema's op wijkniveau zijn terug te vinden op gebouwniveau. Er zijn duidelijke verschillen; de soorten subthema's zijn anders en binnenmilieu en materiaalgebruik zijn erbij gekomen. Het materiaalgebruik speelt natuurlijk ook op wijkniveau een rol, maar met betrekking tot energiegebruik is het materiaalgebruik van gebouwen van grotere invloed. Door bouwkundige maatregelen zoals het toepassen van HR-glas, kan energie bespaard worden.

### 2.3.1 Materiaalgebruik

Materiaalgebruik op gebouwniveau heeft betrekking op het materiaal dat voor de bouw van een woning nodig is en de productie van installaties die gebouwgebonden zijn, zoals verwarming en warmwaterketels. Isolatiematerialen zijn van grote invloed op de energievraag van een woning. Goede isolatie zorgt dat warmte beter in de woning vast gehouden wordt. Bij de keuze van materialen moet rekening gehouden worden met de milieueffecten gedurende de gehele levenscyclus.

Energiegebruik is een van de effecten die in een Levenscyclusanalyse (LCA) wordt meegenomen. Het produceren en vervoeren, onderhouden en vervangen van materialen kost energie. Bij dit thema gaat het om bouwmaterialen en materialen voor installaties. Het materiaalgebruik van bijvoorbeeld meubels en apparatuur tijdens de gebruiksfase van een gebouw kan niet meegenomen worden omdat het niet inzichtelijk is wat de toekomstige bewoners aanschaffen. In de paragrafen 3.2.5, 3.2.6, 3.2.7 en 3.2.8 wordt ingegaan op verschillende rekeninstrumenten die de milieueffecten van materialen en gebouwen berekenen. Instrumenten als energie-labeling en verwijderingsbijdrage voor witgoed en audioapparatuur vallen buiten het kader van dit onderzoek. Dit thema heeft betrekking op primaire en secundaire materialen.

### 2.3.2 Afvalverwijdering

Dit thema omvat al het afval dat afkomstig is van particuliere huishoudens met uitzondering van afvalwater en autowrakken. De zuivering van afvalwater uit het riool hoort bij het thema water op wijkniveau. De belangrijkste soorten huishoudelijk afval zijn; GFT-afval, glas, grof vuil, klein chemisch afval, oud papier en overige. Afvalverwijdering is voor het grootste gedeelte een logistiek probleem, omdat huishoudelijk afval uit verschillende soorten componenten bestaat die voor een groot deel gescheiden ingezameld worden. Het GFT en overig huishoudelijk afval wordt meestal huis aan huis opgehaald. Andere fracties zoals glas en voden moeten bewoners vaak zelf naar een verzamelplaats brengen. In sommige gemeenten zamelen particuliere instanties afval in zoals grof huisvuil en oud papier.

Het inzamelen en transport van afval kost energie. Op dit gebied zijn geen rekeninstrumenten beschikbaar. Wel kunnen geografische informatie systemen (GIS) als hulpmiddel worden gebruikt bij het uitstippelen van de beste routes in een woonwijk. Hierbij kan gekeken worden naar de hoeveelheid afval dat opgehaald moet worden, naar de werkuren van de vuilnismannen en naar de optimale route. Dit is echter geen algemeen instrument, maar wordt per gemeente zelf samengesteld als zij dat nodig achten.

Energie die teruggewonnen wordt uit afvalverbranding bedroeg in 1997 23,1 PJ, dit is 0,8% van het totale energiegebruik, hiervan was 15% warmtelevering en 85% elektriciteit (Nahuis, 2000).

Tevens kan GFT en snoeiafval gebruikt worden door energie uit biomassa te winnen. Dit kan zowel als biogas aangeboden worden of in elektriciteit omgezet worden. Elektriciteit en warmtelevering aan woningen worden al in de Energievisie meegenomen.

### **2.3.3 Watergebruik**

Het thema water bevat de componenten drinkwater, rioolwater en huishoudwater. Dit laatste is water, van mindere kwaliteit dan drinkwater, dat aan de woningen geleverd wordt voor huishoudelijk gebruik, zoals het toilet doorspoelen. Zuinig omgaan met water is belangrijk omdat het drinkwater van goede kwaliteit steeds schaarser wordt. Een gescheiden watersysteem voor drinkwater en huishoudwater wordt reeds toegepast. De infrastructuur hiervoor ligt op wijkniveau. In paragraaf 3.2.3 wordt ingegaan op de WaterPrestatieNorm (WPN) die het watergebruik van een woning berekent.

Door H. van Ewijk et. al. (1998) is onderzoek gedaan naar de ‘Energie-effecten van Ander Water systemen’. Dit zijn grijswater, waarbij bad- en douchewater voor toiletspoeling gebruikt wordt, huishoudwater dat via een tweede leidingnet aangevoerd wordt en regenwater dat op het dak opgevangen wordt. Ewijk et. al. hebben eerst de energie-effecten van de bestaande drinkwaterketen onderzocht. Hieruit bleek dat vooral de winning en productie fase en de rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI) de meeste energie gebruikten. Uit de vergelijkingen blijkt dat grijswater met vrij verval (dus zonder pomp) vrijwel altijd een energiebesparing oplevert, maar weinig bespaart op het drinkwatergebruik. Huishoudwater levert meestal ook energiebesparing op. De systemen waarbij pompen gebruikt worden, zijn meestal energetisch ongunstiger dan systemen met vrij verval. (Ewijk van et. al., 1998). Voor het vervolg van dit rapport wordt voor deze alternatieven voor drinkwatergebruik over huishoudwater gesproken. Het aandeel energie dat nodig is voor pompen is klein in vergelijking met het energiegebruik voor het verwarmen van tapwater. Het verwarmen van tapwater kost bij huishoudens in nieuwbouwwijken ongeveer evenveel energie als het verwarmen van de woning.

### **2.3.4 Binnenmilieu**

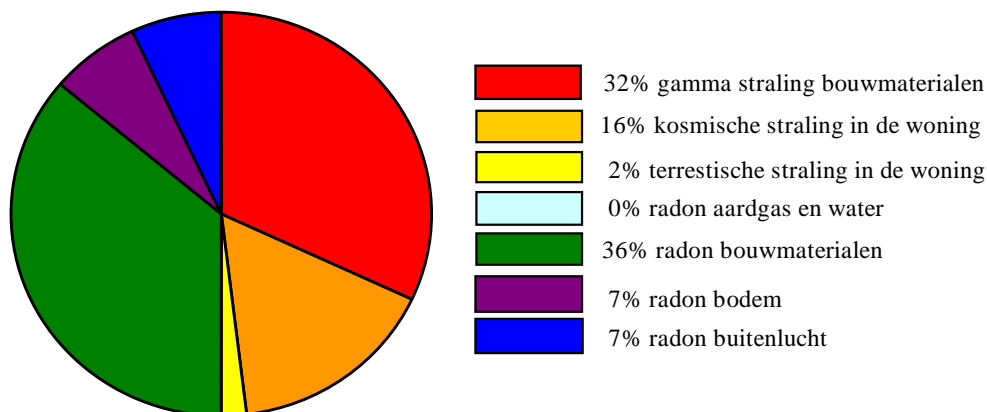
Onder het thema binnenmilieu wordt verstaan; comfort, luchtkwaliteit, licht, hoeveelheid geluid en het vochtgehalte in de woning. Betere bouwconstructies, verwarmingsapparaten, ventilatie en het terugdringen van VOS<sup>1</sup>-houdende producten hebben een gunstig effect op de kwaliteit van het binnenmilieu (RIVM, 1997). Verwarming en ventilatie hebben de grootste invloed op het energiegebruik. Ventilatie en afvoer van lucht zijn erg belangrijk om een goede luchtkwaliteit in de woning te waarborgen. Een onderdeel van de luchtkwaliteit is de hoeveelheid straling in de woning. In figuur 2.6 is te zien waar de verschillende soorten straling vandaan komen. In paragraaf 3.2.2 wordt ingegaan op de StralingsPrestatieNorm (SPN).

Rekeninstrumenten die geluidhinder van woningen berekenen worden niet in dit onderzoek meegenomen omdat de relatie met energiegebruik erg klein is.

---

<sup>1</sup> Vluchtige Organische Stoffen.

**Figuur 2.6: Soorten straling in de woning in procenten.**



Bron: (Schaap et. al., 1998)

### 2.3.5 Thema's die niet worden meegenomen

Op gebouwniveau wordt niet ingegaan op de thema's verkeer en groenvoorziening. Het is moeilijk te voorspellen hoe de inrichting van tuinen door particulieren zal zijn. Verkeer wordt in zijn geheel op wijkniveau behandeld.

Buitenmilieu waaronder het microklimaat en de luchtkwaliteit van de wijk wordt in andere thema's zoals verkeer en groen meegenomen. Geluidhinder bijvoorbeeld wordt voor het grootste deel door burelen en verkeer veroorzaakt. Het aandeel van de burelen ligt niet in het kader van dit onderzoek en de bron verkeer wordt al als een apart thema meegenomen. Daarom wordt buitenmilieu niet als zodanig behandeld. Geluidhinder in de woning is een belangrijk thema met betrekking tot het binnenmilieu. De relatie met energiegebruik in de woning is echter klein en daarom wordt dit niet verder in het onderzoek besproken.

Bodem is een stedenbouwkundig thema dat voor het bouwen van een nieuwbouwwijk van belang is. Het saneren van een vervuilde bodem kost veel geld, energie en tijd. Tevens moet grond soms verplaatst en opgehoogd worden voordat men kan bouwen. Dit heeft echter weinig te maken met het energiegebruik tijdens de gebruiksfase van een woonwijk.

## 2.4 ENERGIE GERELATEERDE MILIEUPROBLEMEN

De verschillende stedenbouwkundige thema's en het energiegebruik hebben effect op het milieu. De nationale overheid onderscheidt verschillende milieuproblemen. In deze paragraaf wordt ingegaan op milieuproblemen die aan het directe energiegebruik gerelateerd zijn.

De nationale overheid heeft in het Nationaal Milieubeleidsplan 3 (NMP 3) negen milieuthema's aan de orde gesteld. Dit zijn verschillende milieuproblemen die allemaal een andere oorzaak hebben en die verschillende gevolgen hebben voor de mens en natuur.

De verschillende milieuthema's uit het NMP 3 zijn:

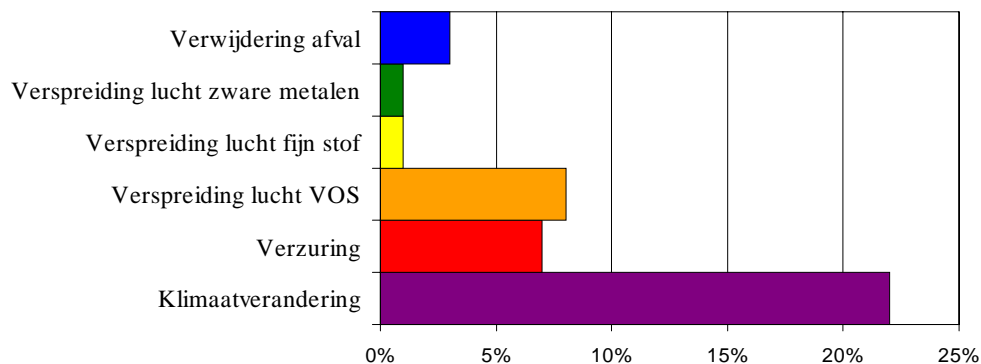
1. verandering van klimaat<sup>2</sup>
2. verzuring
3. vermesting
4. verspreiding
5. verontreiniging van de bodem
6. verwijdering
7. verstoring
8. verdroging
9. verspilling

Bron: (VROM, 1999)

In de gebouwde omgeving zijn de belangrijkste energiebronnen aardgas en elektriciteit. Daarnaast zorgt automobilititeit voor een groot deel van het energiegebruik (zie figuur 2.5). Het gebruik van energie draagt bij aan verschillende milieuproblemen zoals; klimaatverandering, verzuring en verspreiding van emissies in de lucht.

In figuur 2.7 wordt aangegeven voor hoeveel procent de elektriciteitsproductie bijdraagt aan een aantal milieuproblemen. Hierbij is verspreiding opgesplitst in verspreiding van zware metalen, fijn stof in de lucht en VOS in de lucht. De grootste relatieve bijdrage van het opwekken van energie is klimaatverandering. Dit komt vooral door de hoge CO<sub>2</sub>-uitstoot bij het opwekken van elektriciteit. Het energiebeleid van de rijksoverheid is vooral gericht op het terugdringen van CO<sub>2</sub>-uitstooten en liberalisatie van de energiemarkt. De gevolgen van dit laatste vormt geen onderdeel van dit onderzoek.

**Figuur 2.7: Bijdrage van Nederlandse elektriciteitsproductie aan milieuproblemen in percentage van totale milieubelasting per thema in 1995.**



Bron: (VROM, 1999)

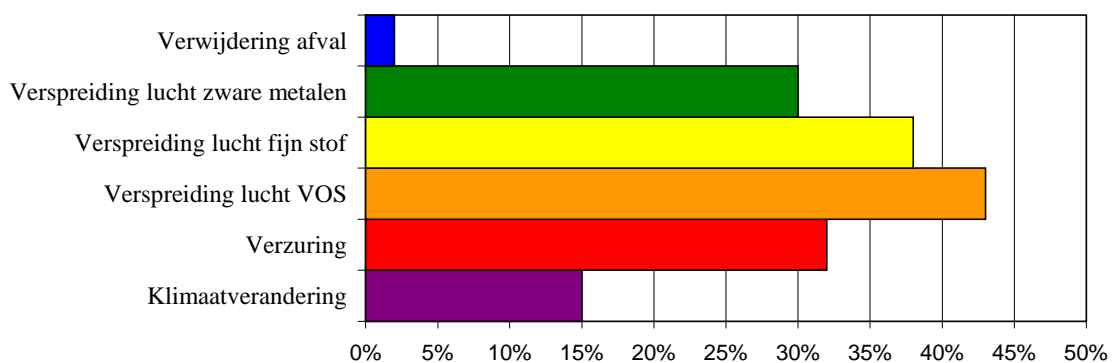
Het gebruik van aardgas door huishoudens is de afgelopen twee decennia aanzienlijk gedaald. Dit komt mede door betere isolatie van woningen en hoger rendement van verwarmingsketels. Behalve het verbeteren van het rendement van verwarmingsketel zijn ook maatregelen genomen om de verzurende emissies (met name NO<sub>x</sub>) te verlagen. De bijdrage van gas aan milieuproblemen bestaat voornamelijk uit CO<sub>2</sub>- en NO<sub>x</sub>-uitstoot. In 1998 werd voor huishoudelijk gebruik 46 miljard m<sup>3</sup> aardgas gebruikt (Nahuis, 1999).

<sup>2</sup> Onder verandering van klimaat wordt in het MNP 3 zowel het broeikaseffect als aantasting van de ozonlaag verstaan.

Weg verkeer is een van de grootste veroorzakers van CO<sub>2</sub>-uitstoot en verzurende stoffen. Bijna 10% van de CO<sub>2</sub>-emissie in 1998 werd veroorzaakt door personenauto's (Waals van der et. al., 1999).

**Figuur 2.8** Figuur 2.8 geeft een grafiek met de relatieve bijdrage van verkeer aan verschillende milieuproblemen. Behalve klimaatverandering draagt verkeer voor een groot deel bij aan de verspreiding van zware metalen, fijn stof en VOS in de lucht. Verkeer is een van de grootste veroorzakers van geluidhinder en draagt dus ook bij aan verstoring van de leefomgeving. Door de uitstoot van onder andere NO<sub>x</sub> is het aandeel van verkeer bij verzuring meer dan 30%. Op het gebied van deze milieuproblemen is Europees beleid gemaakt om auto's schoner te laten rijden, bijvoorbeeld door katalysatoren verplicht te stellen.

**Figuur 2.8: Bijdrage van verkeer aan milieuproblemen in percentage van totale belasting per thema in 1995.**



Bron: (VROM, 1999)

Het beleid dat gericht is op het terugdringen van het energiegebruik draagt ook bij aan de reductie van verzuring en verspreiding van andere energiegerelateerde emissies. Het beleid gericht op CO<sub>2</sub>-reductie bij verkeer leidt echter niet direct tot afname van geluidhinder.

## 2.5 INTEGRALE MILIEUANALYSE

In deze paragraaf wordt aan de hand van levenscyclusanalyse een referentiekader gegeven voor verschillende milieueffecten die in volgende hoofdstukken naast de rekeninstrumenten gelegd kan worden. Sommige van de rekeninstrumenten die in het volgende hoofdstuk aan bod komen zijn gebaseerd op de levenscyclusanalyse (LCA)-methode. LCA is de meest uitgewerkte milieuinventarisatie methode die er op het moment is en wordt als zodanig door het ministerie van VROM erkend.

In vele landen wordt van de LCA-methode gebruik gemaakt. Op internationaal niveau zijn ISO-standaarden ontwikkeld voor LCA-methode. Deze ISO-standaarden geven aan waaraan een LCA moet voldoen. (ISO, 1997) (ISO, 1998) (ISO, 2000a) en (ISO, 2000b) In Nederland zijn twee LCA-methoden verder uitgewerkt: de methode van het Centrum voor Milieukunde te Leiden (CML) en de Pré-methode (Eco-indicator '99). Met de LCA-methode kan de milieubelasting in getallen uitgedrukt worden. Uitgaande van grondstofwinning, gehele productieproces, transport, energiegebruik en afvalverwerking wordt een milieuprofiel opgesteld. Zie bijlage 2 voor een korte uitleg van de LCA methode.



De ISO-normen ten aanzien van LCA geven geen uitsluitel over verschillende milieueffecten die in een LCA beschouwd kunnen worden (ISO, 2000a). De milieueffecten die in de CML-methode zijn gekwantificeerd en de milieuschades uit de Eco-indicator staan in tabel 2.3. De milieueffecten die in de CMI-methode worden berekend dragen vooral bij aan milieuproblemen op mondiale schaal. In tabel 2.3 staan ook een aantal milieueffecten die niet in de CML-methode opgenomen zijn. Dit zijn milieueffecten die vooral van invloed zijn op lokaal niveau. Behalve het berekenen van milieueffecten kan ook een stap verder gegaan worden, waarbij de effecten gewogen worden. Voorbeelden hiervan zijn het TWIN-model, Eco-indicator '95 en Milieumaten. (Zie voor uitleg over Milieumaten bijlage 13.)

**Tabel 2.3: Milieueffecten in milieuprofiel van CML, milieuschades van de Eco-indicator en niet-geoperationaliseerde milieueffecten.**

Milieueffecten, CML	Niet gekwantificeerde milieueffecten	Milieuschade, Eco-indicator 99
<b>Uitputting</b> Abiotische grondstoffen Biotische grondstoffen		Schade aan grondstoffen
<b>Verontreiniging</b> Broeikaseffect Aantasting ozonlaag Verzuring Vermesting Humane toxiciteit Ecotoxiciteit Fotochemische oxydantvorming	<i>Geluidhinder</i> <i>Geurhinder</i> <i>Straling</i>  <i>Aantasting landschap</i> <i>Verdroging</i>	Schade aan gezondheid      Schade aan ecosystemen

Bron: (Heijungs, 1992) en (Goedkoop en Spiensma, 1999)

Omdat de CML-methode breed geaccepteerd is in de bouwwereld wordt de CML-methode in hoofdstuk 4 gebruikt als referentie bij de vergelijking tussen verschillende rekeninstrumenten. De Eco-indicator wordt vooral in de industrie toegepast.



### 3 REKENINSTRUMENTEN

In dit hoofdstuk worden verschillende rekeninstrumenten geïnventariseerd met betrekking tot de verschillende thema's op gebouw- en wijkniveau. Aan de hand van deze rekeninstrumenten wordt in hoofdstuk 4 bekeken wat de invloed is op het energiegebruik van woonwijken. Eerst worden de rekeninstrumenten die als hulpmiddel kunnen dienen bij het opstellen van een Energievisie besproken: de EPN, de EPL en het OEI-rekenmodel. Vervolgens wordt ingegaan op de verschillende rekeninstrumenten per stedenbouwkundig thema. Een korte omschrijving van de verschillende rekeninstrumenten wordt gegeven. Op de volgende vragen wordt geprobeerd per rekeninstrument antwoord te geven.

1. Wat is de eindparameter van het rekeninstrument?
2. Hoe komt deze eindparameter tot stand en welke inputvariabelen zijn hiervoor gebruikt?
3. Welke systeemgrenzen (ruimtelijke afbakening, tijdsbestek en levensfasen) worden in het rekeninstrument gehanteerd?
4. Op welke manier komen verschillende milieueffecten aan de orde?
5. Worden alle relevante energiebesparingsopties in het rekeninstrument meegenomen?
6. Hoe dynamisch zijn de rekeninstrumenten opgesteld, kunnen nieuwe inzichten snel ingepast worden?
7. Wat is de wettelijke status van de rekeninstrumenten?

#### 3.1 REKENINSTRUMENTEN VOOR HET OPSTELLEN VAN DE ENERGIEVISIE

In Energievisies kan worden aangegeven hoe de Optimale Energie Infrastructuur (OEI) eruit komt te zien, gelet op de mogelijkheden van de locatie en de verwachte toekomstige ontwikkelingen. OEI is een programma van Novem waarin gemeenten en projectteams begeleid worden bij de ontwikkeling van een energie-infrastructuur. Bij het plannen van een energievoorziening van een woonwijk kan de Energie Prestatie op Locatie (EPL) een belangrijk hulpmiddel zijn. In de EPL is de Energie Prestatie Norm (EPN) voor woningen verdisconteerd. Hieronder wordt eerst de EPN en vervolgens de EPL uiteengezet. Tevens heeft Novem een rekeninstrument ontwikkeld waarin behalve de EPL en CO<sub>2</sub>-uitstoot ook een kostenraming gemaakt wordt. Dit rekenprogramma heet OEI-rekenmodel en wordt in paragraaf 3.1.3 besproken.

##### 3.1.1 EPN

De Energieprestatienorm (EPN) is de norm voor de energieprestatie van gebouwen. Van de EPN bestaan twee versies, één voor woningen en woongebouwen en één voor utiliteitsbouw. Tenzij anders vermeld wordt uitgegaan van de EPN voor woningbouw. De EPN wordt uitgegeven door het Nederlands Normalisatie Instituut.

##### **Parameter**

De energieprestatie wordt uitgedrukt in de energieprestatiecoëfficiënt (EPC). De EPC is een maat voor de gemiddelde energie-efficiëntie van een gebouw, inclusief technische installaties. De EPC is een dimensieloos getal, hoe lager de EPC hoe energiezuiniger de woning of het

woongebouw. Het is mogelijk om woningen te bouwen met een EPC van 0. Dit houdt in dat het primaire energiegebruik van de woning netto geen CO<sub>2</sub>-uitstoot meer heeft. De EPC wordt bepaald door het berekende jaarlijks primaire karakteristiek energiegebruik te delen door een genormeerd gebruik gebaseerd op kenmerken van de woning. In de hoogte van het genormeerd gebruik wordt rekening gehouden met het gegeven dat grote woningen of woongebouwen bij gelijke keuze van technische maatregelen meer energie gebruiken. Ook wordt rekening gehouden met het gegeven dat een woning of woongebouw, met relatief meer verliesgevend oppervlak bij gelijke keuze van technische maatregelen, meer warmteverlies door transmissie heeft. In formule ziet dat er zo uit:

$$EPC = \frac{Q_{pres;tot}}{330 \cdot A_{g;verwz} + 65 \cdot A_{verlies}}$$

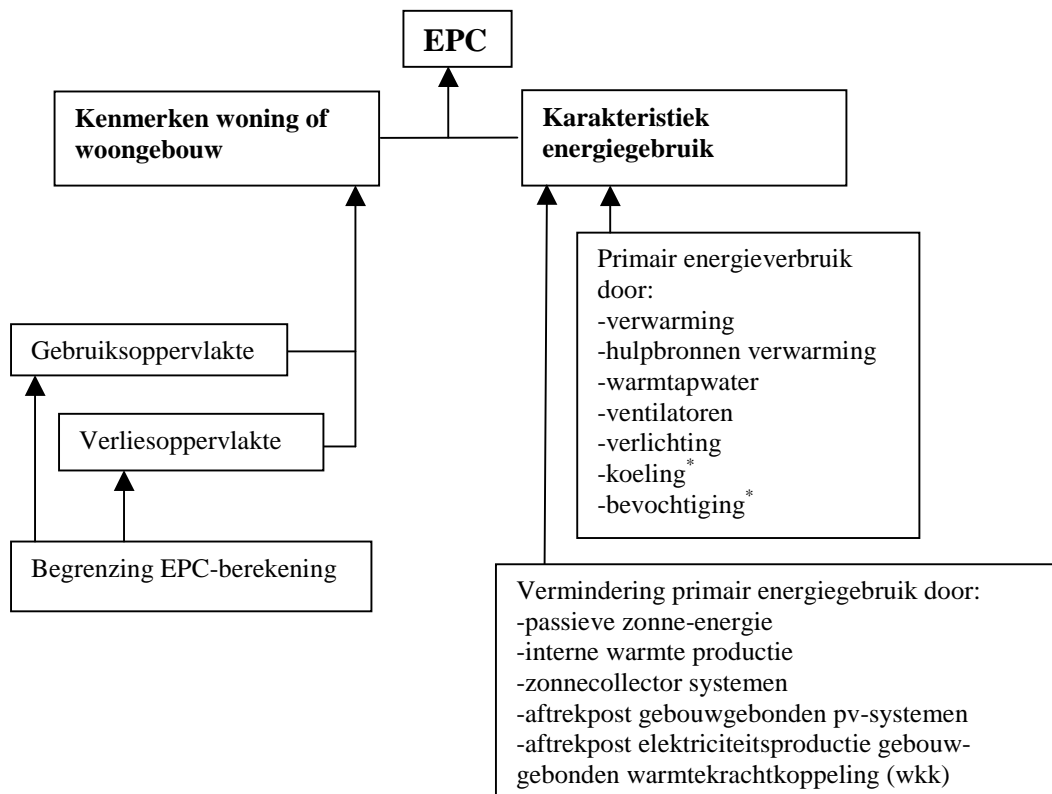
waarin:

$Q_{Pres;tot}$  is de getalswaarde van het karakteristieke energiegebruik in MJ,  
 $A_{g;verwz}$  is de getalswaarde van de gebruiksoppervlakte van de verwarmde zones van de woning of woongebouw in m<sup>2</sup>,  
 $A_{verlies}$  is de getalswaarde van de totale verliesoppervlakte van de woning of het woongebouw in m<sup>2</sup>.

### Inputvariabelen en rekenmethodiek

In figuur 3.1 wordt ingegaan op het principe van de EPC. De werkwijze voor de bepaling van de EPC is hierin weergegeven: aan de linkerkant de bepaling van de woningkenmerken en aan de rechterkant de bepaling van het karakteristiek energiegebruik.

**Figuur 3.1: Principe van de bepaling van de EPC op hoofdlijnen.**



\*Komt in de woningbouw nauwelijks voor.

Bron: (Nederlands Normalisatie Instituut, 1998) pp. 18;(Stofberg et. al., 2000)

De rechterzijde van het schema geeft aan wat het karakteristieke energiegebruik van de woning is. In de bepalingsmethode van het karakteristieke energiegebruik wordt afzonderlijk het jaarlijkse primaire energiegebruik van de woning of het woongebouw bepaald voor verwarming, de werking van mechanische ventilatie, verlichting en de bereiding van warmtapwater. Het aantal tappunten wordt bepaald door de kranen in douche, bad en keuken. Hierbij kan dus een onderschatting ontstaan door de warmwater tappunten in bijvoorbeeld een slaapkamer niet mee te rekenen. Omwille van de afstemming met de EPN voor utiliteitsgebouwen zijn ook elementen toegevoegd die voor woning en woongebouwen slechts incidenteel een rol spelen, zoals koeling en bevochtiging.

Het energiegebruik dat nodig is voor het functioneren van de installaties voor verwarming en bereiding van warmtapwater, de hulpenergie, wordt ook in rekening gebracht. Bij het berekenen van het primaire energiegebruik voor verwarming wordt de zogenaamde warmtebehoefte bepaald. Bij het bepalen van de warmtebehoefte wordt rekening gehouden met het warmteverlies en de winst door passieve zonne-energie. Bij het berekenen van het energiegebruik voor warmtapwater wordt rekening gehouden met de warmteverliezen van de leidingen. Verlichting en ventilatie worden aan de hand van een forfaitaire waarde in de berekening opgenomen (Nederlands Normalisatie Instituut, 1998). Zie bijlage 2 voor een uitgebreide toelichting.

In de EPN wordt het energiegebruik van elektrische apparaten en liften niet berekend. De reden dat elektrische huishoudelijke apparaten niet berekend worden, is dat deze niet gebouwgebonden zijn. Liften zijn echter wel gebouwgebonden. Door de toenemende vergrijzing van de bevolking zullen woongebouwen waarschijnlijk steeds vaker met een lift toegerust worden. Het opnemen van een forfaitaire waarde voor het energiegebruik van liften in de EPN zou een oplossing kunnen zijn.

Rechtsonder in het schema wordt de vermindering van het primaire energiegebruik aangegeven. De eventuele bijdrage van gebouwgebonden zonnecollectoren en PV-systemen en de elektriciteitslevering van een gebouwgebonden warmtekrachtinstallatie wordt op het energiegebruik in mindering gebracht. Bij benutting van zonne-energie wordt rekening gehouden met beschaduwing door obstakels.

### **Systeemgrenzen**

De linkerkant van het schema geeft aan wat de kenmerken van de woning of woongebouwen zijn. De begrenzing van de woning of het woongebouw voor de EPC-berekening wordt in principe gelegd om de woning of het woongebouw heen. De woning wordt in een aantal verwarmde en onverwarmde zones opgedeeld. De begrenzing voor de EPC-berekening omvat daarmee het totaal aan verwarmde zones waaronder de verblijfsgebieden en toilet en badruimte vallen. Aangrenzende onverwarmde serres en bergruimtes vallen dus niet binnen de begrenzing. De begrenzende scheidingsconstructies vormen de basis voor de bepaling van het totale verliesoppervlak. Warmteverlies naar aangrenzende ruimten op een ander perceel, dus een andere woning, worden buiten beschouwing gelaten. Dit wordt gedaan onder de aanname dat de temperatuur in beide woningen gelijk is. Tevens worden belemmeringen door andere percelen buiten beschouwing gelaten, zoals een hoog gebouw aan de overkant van de straat.

In de EPN wordt niet ingegaan op de levensduur van de gebouwen of installaties omdat met een jaarlijks gebruik wordt gerekend.

In de EPN wordt alleen gekeken naar het energiegebruik van de gebruiksfase van gebouwen. De rest van de levenscyclus van een gebouw wordt buiten beschouwing gelaten. Het primaire brandstofgebruik om elektriciteit in de centrale op te wekken wordt wel mee gerekend.

### Milieueffecten

De EPN is ontwikkeld om het fossiele energiegebruik van gebouwen terug te dringen te einde de CO<sub>2</sub>-uitstoot te beperken. Uitstoot van andere emissies, zoals NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub>, worden niet beoordeeld.

### Energiebesparingsopties

In de EPN komen verschillende energiebesparingsopties aan de orde. Een aantal opties wordt in de EPN onderschat of is niet opgenomen. Dit is gedaan omdat deze maatregelen in strijd zijn met het principe in het Bouwbesluit van vrije indeelbaarheid of omdat deze niet met zekerheid gehandhaafd blijven. Een aantal voorbeelden van maatregelen die niet of slechts ten dele worden meegenomen zijn:

- Compartimeteren, zoals het toepassen van tochtportalen en een gesloten keuken.
- Voorkomen van een sterk opgaande warme luchtstroom door voldoende grote vensterbanken die onder het gordijn uitsteken.
- Toepassing van thermostatische radiatorcransen; deze zorgen voor een goede temperatuurregeling van de radiatoren in het betreffende vertrek.
- Het gebruik van spaarlampen, en zuinige elektrische apparaten.

### Dynamiek

Via wijzigingsbladen worden de rekenregels en methodieken van EPN aangepast aan nieuwe inzichten. Deze wijzigingsbladen zijn bindend en hebben dus consequenties voor eerder gemaakte berekeningen tot dat vergunning verleend is. In de praktijk is echter de controle op de EPN niet goed geregeld zodat gebouwen in werkelijkheid een hogere EPC-waarde kunnen hebben dan van te voren is berekend.

### Wettelijke status

De EPN is in het Bouwbesluit opgenomen en wordt ook wel aangeduid met NEN 5128. Voor utiliteitsbouw is ook een norm van kracht, de NEN 2916. Alle nieuw te bouwen woningen moeten volgens het Bouwbesluit sinds 1 januari 2000 een EPC van 1,0 halen. Voor woningen en utiliteitsgebouwen gelden verschillende EPC-waarden zoals in tabel 3.1 is aangegeven. De berekening van de EPC maakt onderdeel uit van de aanvraag van een bouwvergunning en daarmee van de vergunning zelf. Het bevoegd gezag dient vervolgens toe te zien op naleving van de vergunning.

**Tabel 3.1: EPC-eisen van verschillende gebouwen in een nieuwbouwwijk per 1 januari 2000.**

Gebouwfunctie	EPC-eis per 1 januari 2000
woongebouw	1,0
bijeenkomst	2,4
onderwijs	1,5
sport	2,2
winkel	3,5

Bron: (Novem, 2000)

### 3.1.2 EPL

De Energie Prestatie op Locatie (EPL) is een rekeninstrument dat inzicht geeft in de mogelijkheden om het fossiele brandstofgebruik van een nieuwbouwlocatie zo veel als mogelijk te verlagen. De EPL is een hulpmiddel voor gemeenten bij het vaststellen van hun energiebeleid voor nieuwbouwlocaties. Op stedenbouwkundig niveau maakt de EPL verschillende vormen

van energieopwekking en distributie vergelijkbaar. In opdracht van VROM, EZ en Novem is de EPL door het Centrum voor Energiebesparing en Schone Technologie (CE) ontwikkeld.

### Parameter

De EPL wordt uitgedrukt in een getal tussen 0 en 10, dat aangeeft hoe hoog het berekende verbruik van primaire fossiele brandstoffen is. De EPL wordt aan de hand van de volgende formule berekend:

$$EPL = 10 - 4 \cdot \frac{B_{keuze}}{B_{ref}}$$

waarin:

- B* is het brandstofverbruik in de locatie berekend met *E* · *C* met daar in:
- E* is Energievraag aan de meter van het gebouw. Deze wordt uitgedrukt in GJ/jaar
- C* is Correctiefactor voor de brandstofinhoud van de geleverde energiedrager. Deze wordt uitgedrukt in GJ<sup>-1</sup>.

Het rekeninstrument is zo vorm gegeven dat een locatie waarin geheel geen fossiele brandstof meer gebruikt wordt, een 10 als waarde krijgt. Een hogere waarde dan een 10 kan niet gehaald worden. Een wijk met gelijke waarden aan de referentiesituatie heeft een EPL-waarde van 6,0. Voor de referentiewaarde geldt dat deze berekend wordt met woningen met een EPC van 1,0 met een aansluiting op het gas- en elektriciteitsnet, een HR-ketel, geen toepassing van actieve zonne-energie en gemiddeld zongericht is gebouwd. (Boels et. al., 1999)

### Inputvariabelen en rekenmethodiek

De EPL wordt berekend over nieuwbouwwijken waarin zowel woningen, woongebouwen als utiliteitsgebouwen staan. Het gaat om de energievraag aan de meter (*E*) van de gebouwen. Het energiegebruik van elk gebouw wordt apart berekend aan de hand van krachtfuncties, lichtfuncties, koeling en verwarming. Hiervoor zijn normwaarden opgesteld. Deze normwaarden staan in een tabel voor vier soorten gebouwen met verschillende EPN-waarden per energiedrager. Hoe deze tabel tot stand gekomen is blijkt niet uit de beschikbare literatuur. De energievraag ontstaat door het gebruik van energie voor de verschillende functies plus het elektriciteitsgebruik van niet gebouwgebonden apparaten, zoals computers, wasmachines en andere apparatuur op te tellen.

De zelfopwekking van elektriciteit en warmte binnen het gebouw, zoals het toepassen van PV-panelen en zonneboilers, wordt op de energievraag in mindering gebracht. Voor PV-panelen wordt een forfaitaire waarde gehanteerd tenzij aangetoond kan worden dat de opbrengst hoger is. Andere manieren van zelfopwekking moeten door middel van berekeningen aangetoond worden.

Naast de energievraag van het gebouw worden enkele energiefuncties op wijkniveau, zoals straatverlichting en bemaling, meegenomen in de berekening. Hiervoor is een forfaitaire waarde berekend per aantal m<sup>2</sup> vloeroppervlak van een gebouw. Deze wordt bij het elektriciteitsverbruik opgeteld. De energievraag aan de meter is dus het energiegebruik van de gebouwen plus het energiegebruik van de utilitaire functies min de zelfopwekking.

De correctiefactor (*C*) geeft voorlopig alleen de fossiele koolstofinhoud per GJ energie per energiedrager aan. De energiedragers zijn gas, elektriciteit en warmte. Duurzame opwekking heeft een correctiefactor van 0 terwijl energieopwekking door middel van gas een correctiefactor van 15 heeft. (Boels et. al., 1999) In Bijlage 3 staat een tabel met inputvariabelen en verdere uitleg over de EPL. In bijlage 3 staat een uitgebreidere uitleg over de EPL.

### **Systeemgrenzen**

De EPL wordt over een nieuw te bouwen wijk berekend. Deze wordt bij de berekening opgedeeld in groepen gebouwen met dezelfde EPN en energiedrager. Bestaande bebouwing is in principe buiten beschouwing gelaten. De duurzame energie die binnen de wijk opgewekt wordt kan bijdragen aan een verlaging van de EPL. Warmtelevering van buiten de wijk, aan de wijk wordt echter ook gewaardeerd.

In de berekening van de EPL wordt uitgegaan van een levensduur voor de energie-infrastructuur van 30 jaar inclusief de aanloopperiode. Het fossiele brandstofgebruik van de locatie wordt over 30 jaar voor de betreffende keuzen voor EPN, energiedragers en productiemiddelen berekend. In de EPL wordt alleen gekeken naar de fase waarin het energiegebruik van de wijk plaatsvindt, en de manier waarop deze opgewekt worden.

### **Milieueffecten**

In de huidige EPL wordt alleen de fossiele koolstofinhoud van de gebruikte brandstof toegerekend. Dit wordt in de C-factor gedaan. Deze is direct te vertalen naar CO<sub>2</sub>-emissies. In een later stadium kunnen ook andere milieu-aspecten worden gewaardeerd. NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> worden niet meegenomen omdat die per apparaat verschillend zijn. Dit zou volgens de opstellers de EPL-systematiek ongewenst complex maken. Tevens wordt verwacht dat deze emissies door andere instrumenten van de overheid de komende jaren verder zullen dalen. (Rooijers et. al., 1998)

### **Energiebesparingsopties**

Op wijkniveau kan in de EPL gekozen worden tussen verschillende energiebesparende opties die afhankelijk zijn van de gekozen energiedrager. Voor de levering van energie aan gebouwen kunnen verschillende manieren gekozen worden. De meest gangbare zijn gas en elektriciteit. Een minder gangbare methode is "All electric", waarbij elektrische warmtepompen voor verwarming gebruikt kunnen worden.

Elektriciteit kan op verschillende manieren opgewekt worden. Een voorbeeld van duurzame elektriciteitsopwekking is het toepassen van PV-panelen op gebouwen. Met zonnecollectoren kan duurzame warmte gewonnen worden. Voor warmte kan ook gebruik gemaakt worden van verschillende efficiënte systemen: warmtekrachtkoppeling, restwarmte van een nabijgelegen elektriciteitscentrale of afvalverbrandingsinstallatie (AVI) en warmtepompen op wijkniveau. De correctiefactor kan zelf berekend worden, hetgeen betekent dat andere nieuw te ontwikkelen energiebesparingsopties mogelijk ook doorberekend kunnen worden.

Duurzame energie die niet in de wijk wordt gegenereerd kan niet in de EPL gewaardeerd worden. Terwijl het toepassen van warmtelevering van een nabij gelegen centrale buiten de wijk wel gewaardeerd wordt. Over deze ongelijkheid is discussie ontstaan. Duidelijk omschreven administratieve regels voor buiten de locatie opgewekte duurzame energie, kan hiervoor een oplossing bieden. De verkoop van groene-stroomcertificaten zou bijvoorbeeld in de EPL gewaardeerd kunnen worden. Een voorwaarde die hierbij gesteld moet worden is dat de certificaten gebouwgebonden zijn en voor een lange periode, bijvoorbeeld 20 jaar vast liggen.

### **Dynamiek**

Ieder jaar komt een EPL-monitor uit waarin verschillende nieuwbouwlocaties zijn opgenomen. Over de rekenmethode is nog steeds een discussie gaande, die door Novem wordt geleid. Dit heeft vooral betrekking op het actualiseren van de gekozen uitgangspunten. De EPC-waarde die in een tabel in de EPL is opgenomen heeft sinds januari 2000 1,0 als wettelijke norm, veel gemeenten ambiëren een lagere EPC, maar in de tabel staat alleen een lagere EPC-waarde van 0,75. Tussenliggende en lagere waarden kunnen dus niet goed berekend worden.



### **Wettelijke status**

De EPL kent geen wettelijk kader. Bij de ontwikkeling van het rekeninstrument werd wel over een wettelijke verankering gesproken, dit is echter op de lange termijn geschoven. Gemeenten kunnen echter wel een EPL-waarde waarnaar zij streven in hun milieubeleidsplannen opnemen.

### **3.1.3 Het OEI-rekenmodel**

OEI betekent Optimale Energie-Infrastructuur. Het OEI-programma is ontworpen door Novem om gemeenten te helpen bij het maken van keuzen voor de energie-infrastructuur van een nieuw te bouwen wijk. Novem geeft ondersteuning aan gemeenten om in samenwerking met lokale partijen te komen tot een optimale energie-infrastructuur. Zij doet dit door lokale procesbegeleiding, gebruik makend van verschillende instrumenten om de kennis bij de betrokken partijen te verhogen. In het kader van dit programma is het OEI-rekenmodel ontwikkeld. Dit is een computerprogramma dat het energiegebruik, kosten en een aantal emissies van verschillende varianten van energie-infrastructuur van een nieuwbouwwijk berekent.

#### **Parameter**

Het OEI-rekenmodel kent verschillende soorten output. Ten eerste kan het energiegebruik (in MJ per jaar) van woningen, energiezone en nieuwbouwlocatie berekend worden. Tevens wordt de EPL-waarde van de locatie berekend. Daarnaast berekent het programma ook de kosten van de gekozen energie-infrastructuur in gulden. Tot slot berekent het programma CO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>- en SO<sub>x</sub>-emissies in kg per jaar.

#### **Inputvariabelen en rekenmethodiek**

Het OEI-rekenmodel kent drie niveaus: woning, energiezone en locatie. Het model zoekt in volgorde van kosteneffectiviteit naar de energiebesparende maatregelen die nodig zijn om de gewenste EPC-waarde te bereiken. Van tevoren kunnen voorkeuren voor bepaalde maatregelen en energiebesparende opties worden aangegeven. Op basis van de woningkarakteristieken wordt volgens de EPN-methode het energiegebruik per woning per jaar berekend. Voor elektriciteitsgebruik is daar het verbruik van apparaten aan toegevoegd. In bijlage 4 staat een tabel met de inputvariabelen van het OEI-rekenmodel.

Nadat de energievraag per woning is berekend wordt de energievraag aan de grens van de energiezone berekend. Deze ontstaat door het aantal woningen met de energievraag per woning te vermenigvuldigen, rekening houdend met distributieverliezen. Met de geldende distributieverliezen wordt de energievraag aan de centrale (bron) berekend. Deze wordt via het omzettingsrendement omgerekend naar totale benodigde primaire energie voor de betreffende locatie. Vervolgens kunnen met andere energiedragers en energiebesparende opties verschillende varianten doorgerekend worden. De keuze voor de energiedrager bepaald de uitstoot van de emissies op woning, energiezone en locatieniveau.

Behalve het energiegebruik worden ook de kosten van de betreffende energie-infrastructuur berekend. De investeringskosten worden lineair uitgesmeerd over de looptijd van de bouw van de energiezone. Nadat de vervangingsperiode is verstreken keren deze kosten terug. De vervangingsperiode is per product verschillend. De onderhouds- en beheerkosten worden uitgedrukt in een percentage van de investeringen die afhangt van de soort investering.

#### **Systeemgrenzen**

De drie niveaus uit het OEI-rekenmodel hebben elk een eigen afbakening:

- Woning, bestaande uit twee-onder-één-kap, rij- en meergezinswoningen. Het aantal m<sup>2</sup> vloeroppervlak van utiliteitsgebouwen wordt omgerekend naar een aantal rijwoningen.

- Energiezone, bestaande uit woningen met eenzelfde EPC-waarde, gebouwd in dezelfde periode en op dezelfde energie-infrastructuur zijn aangesloten. Dit kan inhouden dat een locatie uit maar één energiezone bestaat. Een energiezone bestaat uit minstens 300 woningen.
- Locatie, welke uit minimaal uit 350 woningen bestaat.

De levensduur voor onderhoud, beheer en vervanging van de verschillende installaties en energiebesparende maatregelen, distributienetten en energieopwekkingcentrales staan in een tabel. Deze lopen uiteen van 15-25 jaar. In het programma moet aangegeven worden hoe lang de bouw van de energiezones en locatie duurt. De levensduur van de wijk of woningen wordt niet genoemd in de handleiding.

Het OEI-rekenmodel gaat in op de bouw en gebruiksfase van de woning en wijk. De investeringskosten worden over de bouwfase uitgesmeerd. Het energiegebruik en de uitstoot van emissies worden over de gebruiksfase berekend.

### **Energiebesparingsopties**

De energiebesparende opties op woningniveau zijn dezelfde als die in de EPN aan bod zijn gekomen. Hieraan toegevoegd zijn “hotfill”, dit is een machine die gebruik maakt van warmtapwater, en warmtevragende apparatuur. Per energiezone kan gekozen worden voor centrale of decentrale opwekking van energie. Voor centrale opwekking geldt het Nederlands gemiddelde en voor decentrale opwekking kan gekozen worden voor warmtekrachtkoppeling met elektriciteitsproductie of elektrische warmtepompen. Tevens kan de elektriciteit duurzaam opgewekt worden, met bijvoorbeeld PV- panelen.

### **Dynamiek**

Het computerprogramma wordt regelmatig herzien door middel van nieuwe versies en update van de oude versie. Bij de update komt ook een nieuwe toelichting uit.

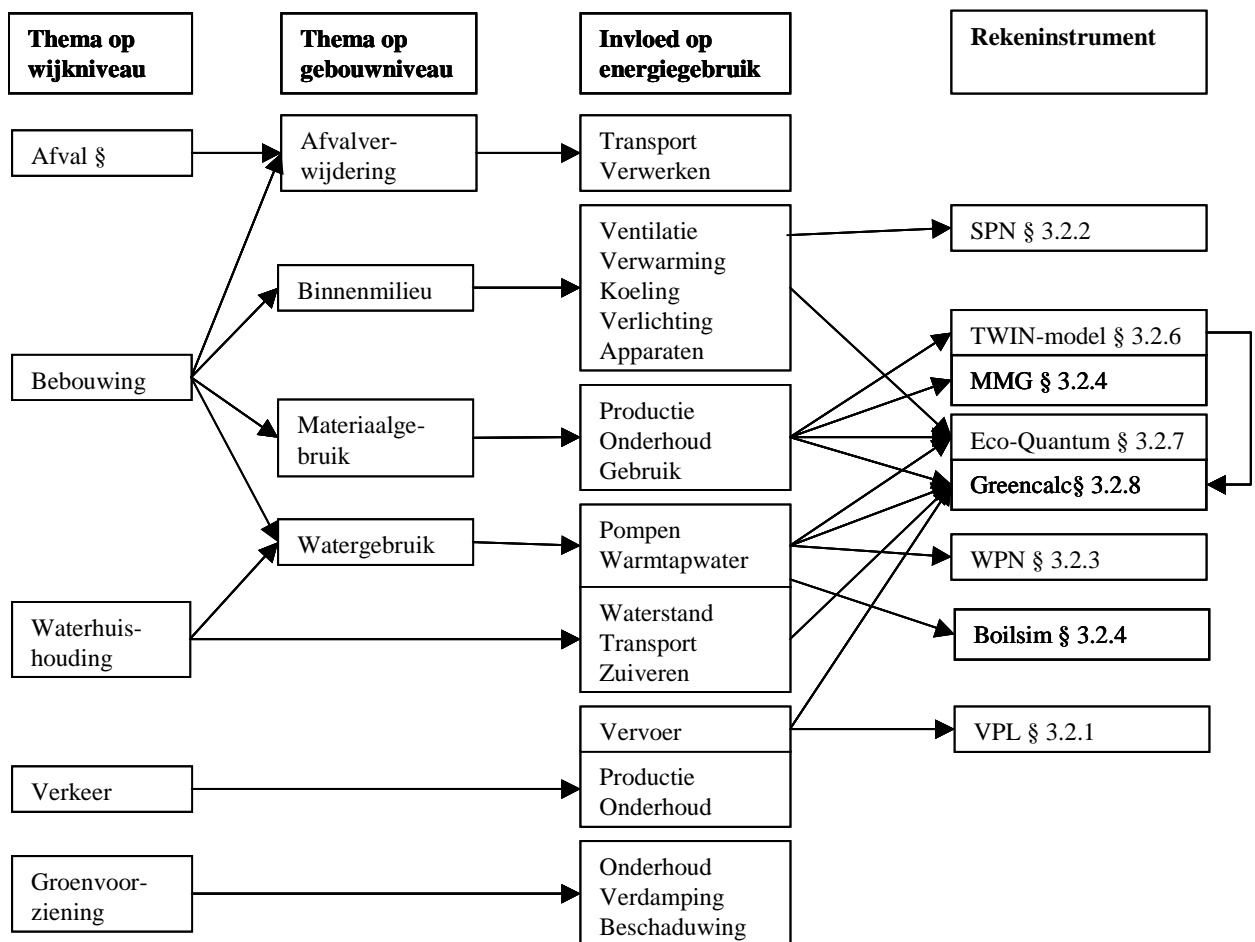
### **Wettelijk kader**

Het OEI-programma is niet wettelijk verplicht en evenmin is het toepassen van OEI-rekenmodel verplicht om door gemeenten gebruikt te worden. Novem geeft echter ondersteuning en subsidies aan gemeenten die aan het OEI-programma mee doen. Het OEI-rekenmodel maakt daar onderdeel van uit. Het OEI-rekenmodel wordt dan ook regelmatig gebruikt bij het opstellen van Energievisies.

## 3.2 REKENINSTRUMENTEN VOOR ANDERE STEDENBOUWKUNDIGE THEMA'S

In deze paragraaf is een inventarisatie gemaakt van verschillende rekeninstrumenten op het gebied van de stedenbouwkundige thema's. Aan de hand van de vragen uit de inleiding van hoofdstuk 3 worden deze rekeninstrumenten besproken. In figuur 3.2 staan de verschillende rekeninstrumenten in relatie tot de stedenbouwkundige thema's en het energiegebruik. In de volgende paragrafen worden deze instrumenten toegelicht.

**Figuur 3.2: Schema van de stedenbouwkundige thema's op wijk- en woningniveau, de invloed van deze thema's op het energiegebruik en het bijbehorende rekeninstrumenten.**



### 3.2.1 VPL

De VerkeersPrestatie op Locatie (VPL) is een instrument waarmee lokale overheden het mobiliteitsgebonden energiegebruik en de lokale milieueffecten van verkeer kunnen beperken. Dit wordt gedaan door maatregelen op het gebied van ruimtelijke ordening en inrichting toe te passen. De VPL is in opdracht van Novem ontwikkeld door DHV en Goudappel Coffeng. De VPL is niet alleen een rekeninstrument maar ook een beschrijving van een proces. VPL vergelijkt het effect van ontwerpvarianten van woonwijken in nieuwbouwalocaties en herstructureringsgebieden op het energiegebruik. Het uitgangspunt hierbij is dat een slim

ontwerp van de ontsluiting en de inrichting van woon- en werkgebieden ervoor zorgt dat bewoners als vanzelfsprekend de meest energie-efficiënte vervoerswijze nemen (Klimbie, 1999). Op deze aanname is het principe van de VPL gebaseerd, maar het moet in de praktijk nog blijken dat bewoners minder van de auto gebruik maken als er een goede fietsinfrastructuur aanwezig is.

### **Parameter**

De VPL-waarde drukt het energiegebruik in MJ per huishouden per jaar uit. De VPL-waarde wordt ook weergegeven in indexcijfers, waarbij de referentievariant 100 is. Deze referentievariant is een wijk met gelijksoortige kenmerken of een scenario waarin “business as usual” wordt toegepast. Verschillende scenario’s worden voor de wijk berekend. In de toekomst is het de bedoeling dat de VPL net als de EPL een waarde tussen de 0 en 10 krijgt, waarbij 10 het minste energiegebruik kent.

### **Inputvariabelen en rekenmethodiek**

De invoer bestaat voornamelijk uit gegevens met betrekking tot ruimtelijke aspecten die de vervoerswijze beïnvloeden. In bijlage 5 staat een tabel met deze inputvariabelen en de benodigde gegevens. De variabelen met betrekking tot de woonomgeving zoals woningtypen, aantal woningen en voorzieningen worden eerst ingevoerd. Vervolgens worden het wegennet zoals, straten, fiets- en voetpaden, en de openbaar vervoervoorzieningen, zoals bushaltes ingevoerd. Aan de hand van deze gegevens wordt een model van de locatie gemaakt. Hierbij worden eerst het voetpadennet, vervolgens het fietspadennet en de fietsvoorzieningen en tot slot de wegen voor auto’s en openbaar vervoer ontworpen.

Vervolgens worden in een verkeersmodel<sup>3</sup> de verkeersstromen per vervoersmiddel in de wijk berekend. De wegen in de wijk zijn in delen, zogenaamde links, opgedeeld en per link wordt berekend welke vervoersmiddelen daar gebruik van maken en met welke frequentie. Aan de hand van het energiegebruik van de verschillende voertuigen en de temperatuur van de motor wordt het energiegebruik van het verkeer per huishouden in MJ per jaar berekend. Op deze manier kunnen verschillende scenario’s met verschillende wegenpatronen en openbaar vervoervoorzieningen worden doorgerekend.

Voor het berekenen van het energiegebruik voor openbaar vervoer moet rekening gehouden worden met de bezettingsgraad. Dit is het aantal mensen dat van het openbaarvervoer gebruikt maakt in vergelijking tot het aantal beschikbare plaatsen. Voor een eerlijke beoordeling wordt ook rekening gehouden met de bezettingsgraad van auto’s. De berekende alternatieven worden in indexcijfers uitgedrukt en tegen elkaar afgezet, hierbij wordt een referentiealternatief gekozen met de waarde 100.

### **Systeemgrenzen**

In de VPL wordt uitgegaan van verschillende schaalniveaus. Op elk niveau kunnen maatregelen getroffen worden. Er zijn maatregelen voor het niveau van het structuurplan die uit 1.000-10.000 woningen bestaat, voor het deelplan van 600-3.000 woningen en voor het verkavelingsplan bestaande uit 200-400 woningen. Op basis van een bottom-up strategie wordt naar verschillende schaalniveaus gekeken. Voor de voetganger 1x1 km, voor het fietsverkeer 4x4 km en voor auto en openbaar vervoer op wijkniveau en de ontsluiting. Deze schalen zijn zo ontworpen dat op kleine schaal de ontsluiting voor voetgangers goed is op middelgrote schaal de bereikbaarheid per fiets goed is en tot slot de auto aan bod komt.

Bij het berekenen van het energiegebruik wordt wel rekening gehouden met de winning, raffinage, productie en transport van brandstoffen en elektriciteit. Het energiegebruik om een voertuig te bouwen en de infrastructuur worden niet meegenomen in de berekening.

---

<sup>3</sup> Een simultaan multimodaal verkeersprogramma dat door verschillende adviesbureaus en gemeenten wordt gebruikt.

### **Milieuproblemen**

De VPL wordt berekend aan de hand van de daling van het energiegebruik. De reductie van CO<sub>2</sub> wordt als indicator van het broeikaseffect bekeken. De VPL kan ook een verbetering opleveren aan verkeersveiligheid en leefbaarheid, door vermindering van geluidhinder en verbetering van de ruimtelijke kwaliteit. Deze zijn echter niet uitgedrukt in de VLP-voorbeelden van het Centrum voor Energiebesparing en Schone Technologie (CE). Verder wordt niet ingegaan op verschillende milieuproblemen met betrekking tot verkeer. Het terugdringen van geluidhinder wordt afgeleid van de VPL maar dit is niet het doel. Echter doordat er steeds minder ruimte is om te bouwen en wijken soms aan drukke wegen liggen is geluidsreductie wel van belang.

### **Energiebesparingsopties**

Door in een vroeg stadium de VPL toe te passen, op structuurplanniveau dus, staan de meeste mogelijkheden voor de inrichting van een wijk nog open. Wordt de VPL in een later stadium in het plan ingevoerd dan kunnen keuzen met betrekking tot wegen, haltes en andere voorzieningen niet meer ingepast worden.

De verschillende energiebesparende opties worden vooral door het terugdringen van het autoverkeer bereikt. Goede aanleg van fiets- en voetgangersroutes en goede openbaar vervoer voorzieningen moeten mensen er toe bewegen de auto voor de korte afstand te laten staan. Ook maatregelen op het gebied van parkeren, voor zowel de auto als de fiets en carpoolen dragen daar aan bij.

Energiezuinige technieken en innovaties worden niet gewaardeerd in de VPL. Er wordt uitgegaan van het Nederlands gemiddelde wagenpark. Dus de toepassingen van zuiniger technieken in bestaande auto's worden niet meegerekend, tenzij de gebruikte gegevens bij implementatie van nieuwe technieken aangepast worden. Nieuwe methoden van vervoermiddelen als de skeeler, ligfiets en Smart worden op andere schaalniveaus gebruikt en worden dus niet op waarde geschat.

### **Dynamiek**

De VPL bevindt zich nog in een proeffase en zal derhalve nog aangepast worden. De VPL wordt nog niet in een getal uitgedrukt zoals de EPL, dit is in de toekomst wel de bedoeling. Aan de hand van proeven met toepassingen in gemeenten wordt gekeken wat de invloed van het rekeninstrument op het energiegebruik, geluid en verkeer is. Wel wordt er over gedacht de VPL op een hoger schaalniveau zoals een regio toe te passen.

### **Wettelijk kader**

Het instrument is niet wettelijk verankerd en dit is voor zover bekend ook niet de bedoeling.

## **3.2.2 SPN**

Op het gebied van straling is de StralingsPrestatieNorm (SPN) ontwikkeld voor nieuw te bouwen woningen. In de SPN wordt de hoeveelheid radon- en gammastraling berekend die een bewoner van een nieuwbouwwoning in een jaar oploopt.

### **Parameter**

Het is de bedoeling dat de SPN net als de EPN in een normgetal uitgedrukt wordt. Hierin wordt de hoeveelheid straling die een bewoner per jaar vanuit de woning ontvangt uitgedrukt. De potentiële stralingsbelasting wordt uitgedrukt in de effectieve stralingsdosis waarvan de eenheid mSv/jaar is. Uitgegaan wordt van stationaire omstandigheden omdat het een jaargemiddelde betreft.

### **Inputvariabelen en rekenmethodiek**

Voor het berekenen van de SPN zijn gegevens nodig met betrekking tot het gebouw, materiaal en bewonersgedrag. Met betrekking tot het gebouw wordt naar de verblijfsruimten gekeken. Voor verschillende materialen zijn andere forfaitaire activiteitenconcentraties voorgesteld. Bij materialen is de straling afhankelijk van de massa. Ventilatie is erg belangrijk om ophoping van straling tegen te gaan. Het ventilatiegedrag van bewoners moet dan ook meegenomen worden. Vooralsnog worden de minimale ventilatiewaarden uit het Bouwbesluit als input gehanteerd. (Schaap et. al., 1998) Tevens is een correctiefactor met een forfaitaire waarde voor het gebruikersgedrag ingevoerd. Voor een uitgebreide toelichting zie bijlage 6.

### **Systeemgrenzen**

In de SPN worden alleen woningspecifieke bronnen in beschouwing genomen. Alleen het stralingsniveau in de verblijfsruimten wordt meegenomen omdat de bewoners daar meestal een lange periode verblijven. Aan ruimten die wel in de woning liggen maar geen verblijfsruimte zijn en aan ruimten buiten de woning worden geen eisen gesteld. De invloed van deze ruimten op de verblijfsruimten wordt wel in de berekening meegenomen.

De ouderdom van materialen wordt meegenomen omdat sommige materialen minder straling uitzenden naar mate ze ouder worden. Verder wordt alleen de gebruiksfase van een gebouw meegenomen in de berekening.

### **Milieuproblemen**

Alleen gamma- en radonstraling worden in de SPN berekend. Zoals in figuur 2.6 is te zien worden de meeste soorten straling die in de woning voorkomen hierdoor gedekt.

### **Energiebesparingsopties**

Met betrekking tot het energiegebruik zijn geen opties opgenomen in het instrument. Wel hebben het ventilatiesysteem en materialen die toegepast worden invloed op het energiegebruik. Met betrekking tot ventilatiesystemen worden nu nog de minimale waarden van het Bouwbesluit ingevoerd. Het is mogelijk dat gebalanceerde ventilatiesystemen in de toekomst ook in de berekening meegenomen worden. Isolatiemateriaal heeft weinig invloed op het stralingsniveau van een woning.

### **Dynamiek**

Door middel van normbladen kan de norm actueel gehouden worden. Vooral inzichten die te maken hebben met bewonersgedrag kunnen dan ingepast worden. Via wijzigingsbladen kunnen de nieuwe forfaitaire correctiefactoren opgenomen worden in de SPN.

### **Wettelijke status**

De SPN wordt binnen enkele jaren een wettelijke norm. Novem verwacht dat de norm eind 2001 in het Bouwbesluit is opgenomen (Novem, 1999).

## **3.2.3 WPN**

De Waterprestatienorm (WPN) drukt het watergebruik van een woning uit. De installaties en producten die gebruikt worden in een woning zijn van invloed op dit gebruik.

### **Parameter**

De eindparameter van de WPN is de waterprestatiecoëfficiënt (WPC). De WPC drukt het watergebruik van de watertoestellen in een woning gedeeld door het normverbruik uit. Het watergebruik van een toestel is gegeven in liters per dag.

### **Inputvariabelen en rekenmethodiek**

De WPC wordt bepaald door de som van de watergebruiken van alle in de woning aanwezige relevante verbruiksfuncties gedeeld door de som van de normverbruiken. De gebruikte installaties zijn closet, bad, keuken- en badkamerkranen, douche en douchepaneel. Niet gebouwgebonden functies als was- en vaatwasmachine worden buiten beschouwing gelaten. Tevens wordt het opwarmingswater uit waterleidingen berekend. Bij de bepaling van het volume van het opwarmingswater worden uitsluitend de aansluitpunten voor douche in badruimten en het tappunt bij het aanrecht beschouwd. Eventuele overige warmwatertappunten, bijvoorbeeld in een slaapkamer, worden buiten beschouwing gelaten. In bijlage 7 staat een tabel met de verschillende inputvariabelen. Veel waarden in de WPN zijn vaste waarden die in een tabel zijn opgenomen zoals de inhoud van een bad en het debiet van leidingen. Het normgebruik voor een woning is vastgesteld op 124,2 liter per dag.

### **Systeemgrenzen**

De woning wordt als grens gehanteerd. Als warmwater uit een collectief systeem komt dan wordt pas vanaf de woning de lengte van het leidingnet bepaald voor leidingverliezen. De WPN is net als de EPN een normwaarde. Alleen het watergebruik van de toestellen die in de woning aanwezig zijn wordt berekend.

### **Milieuproblemen**

De WPN heeft alleen betrekking op waterbesparing. In de WPN is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende soorten water zoals drinkwater, warmtapwater en huishoudwater (inclusief regenwater en gezuiverd grijswater). De norm waardeert dus niet drinkwaterbesparing maar waterbesparing in het algemeen.

### **Energiebesparingsopties**

In de WPN komen geen energiebesparende opties aan de orde. Voor het berekenen van het opwarmingswaterverlies wordt geen rekening gehouden met de verwarmingsinstallatie.

### **Dynamiek**

Over aanpassingen van nieuwe inzichten en waarden is niets specifiek bekend. Voor de WPN zullen waarschijnlijk dezelfde regels gelden als voor de EPN.

### **Wettelijk kader**

De norm is in de zomer van 2000 in een zogenaamde groene versie uitgekomen. Naar aanleiding van commentaar en discussie wordt dan de werkelijke norm opgesteld. Deze zal dan net als de EPN en de SPN in het Bouwbesluit opgenomen worden. De wettelijke grenswaarden die de WPC niet mag overschrijden moeten nog door de minister van VROM vastgesteld worden.

## **3.2.4 Boilsim**

In het waterbesparingsvademecum (Wieringen, 1999) wordt Tapsim genoemd om de energiebesparing van warmtapwater te modelleren. Tapsim is echter opgenomen in het rekenmodel Boilsim dat op Europees niveau wordt vormgegeven. Daarom wordt in deze paragraaf ingegaan op Boilsim.

Boilsim is een computersimulatieprogramma dat het jaarlijks energiegebruik van centrale verwarmings- en warmtapwaterinstallaties berekent. Het doel van het programma is het berekenen van mogelijke energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie bij ruimteverwarming en warmwaterproductie.

### **Parameter**

De output van Boilsim is energiegebruik in MJ per jaar.

### **Inputvariabelen en rekenmethodiek**

Boilsim bestaat uit verschillende modules: energiebesparing bij verwarmingsketels, vervangen van oude ketels en energiebesparing bij warmtapwaterinstallaties. Voor de laatste module staan de inputvariabelen in tabel B8.1 in bijlage 8. De gebruiker kan zelf gegevens invoeren, zoals rendement en energiebron, met betrekking tot verwarmings- en warmtapwaterinstallatie. Uit de beschikbare literatuur is niet bekend welke waarden berekend moeten worden, wat de aannames voor het gebruik zullen zijn en welke waarden forfaitair worden.

### **Systeemgrenzen**

Het energiegebruik van een installatie wordt over een jaar berekend. Tevens wordt de woning als grens genomen. De leidingverliezen, de kamertemperatuur en de temperatuur van de ruimte waarin de installatie staat wordt meegenomen.

Alleen het energiegebruik van een installatie in de gebruiksfase wordt meegenomen in Boilsim. Het energiegebruik gedurende andere fasen van de levenscyclus van de installaties en van onderhoud en reparaties wordt niet meegerekend.

### **Milieuproblemen**

Het besparen van energie en de reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot is alles waar Boilsim betrekking op heeft.

### **Energiebesparingsopties**

Boilsim berekent alleen het energiegebruik van verwarmingsketels, geisers en combiketels. In Boilsim wordt geen aandacht besteed aan warmtekrachtkoppeling, zonneboilers en warmtepompen. Tevens wordt geen aandacht geschonken aan warmteterugwinunits.

### **Dynamiek**

Het rekeninstrument is nog in ontwikkeling. Omdat het rekeninstrument op Europees niveau ontwikkeld wordt neemt dit veel tijd in beslag.

### **Wettelijk kader**

Het programma is een hulpmiddel voor fabrikanten, installateurs en consumenten. Met behulp van dit rekeninstrument is in de toekomst misschien de energie A-F labeling mogelijk voor verwarmings- en warmtapwaterinstallaties.

## **3.2.5 MMG**

MMG staat voor Materiaalgebonden Milieuprofiel van een Gebouw. Een prototype voor deze norm is door TNO Bouw opgesteld. De bepalingmethode is gebaseerd op de LCA methodiek, om te komen tot genormeerde milieu-informatie van gebouwen. Hierbij is rekening gehouden met bestaande milieu-instrumenten als Eco-Quantum en GreenCalc en met de MRPI-handleiding, zie achtereenvolgens paragraaf 3.2.7, paragraaf 3.2.8 en bijlage 13.

### **Parameter**

Het MMG kan op verschillende manieren uitgedrukt worden, namelijk in een milieuprofiel van milieueffecten, milieumaten (in bijlage 13 staat een uitleg over milieumaten) of in een eindscore die uit één getal bestaat. Dit laatste is het streven van het MMG maar deze is nog niet verder uitgewerkt. De LCA-methode van het CML (zie paragraaf 2.5) wordt gebruikt voor de berekening van de milieueffecten. Deze kunnen omgezet worden in de milieumaten (zie bijlage 13) van het Milieuberaad Bouw (MBB).



### **Inputvariabelen en rekenmethodiek**

In het MMG wordt een gebouw gemodelleerd aan de hand van een vast schema. In dit schema bestaat een gebouw uit verschillende elementen, deze elementen zijn weer opgebouwd uit verschillende constructieonderdelen. In bijlage 9 staat tabel B9.1 waarin de variabelen en daarbij benodigde gegevens staan vermeld. Nadat de constructieonderdelen gespecificeerd zijn kan de gebruiker kiezen tussen een vereenvoudigde of een specifieke methode om de milieuprestatie te berekenen.

In bijlage 9 figuur B9.1 staat het schema over de te nemen stappen om tot een materiaalgebonden milieuprestatie van een gebouw te komen. In de specifieke methode worden drie fasen onderscheiden. Dit zijn de productie-, gebruik- en afdankfase van een gebouw. Over alle onderdelen moet dan per fase een LCA uitgevoerd worden. Vervolgens moeten alle milieuingrepen van alle onderdelen bij elkaar opgeteld worden. Tot slot worden deze herleid naar de functionele eenheid van het gebouw.

Bij de vereenvoudigde methode wordt gekozen uit een vaste set constructieonderdelen. Vervolgens wordt in plaats van een volledige LCA-studie een referentieprofiel uit gestandaardiseerde matrices gehaald. Deze matrices bevatten referentiemilieuprofielen van verschillende bouwonderdelen. De gebruiker kan kiezen uit matrices voor milieueffect of milieumaten. De laatste 2 stappen zijn hetzelfde als bij de specifieke methode.

### **Systeemgrenzen**

Het gebouw wordt opgedeeld in constructieonderdelen en onderdelen die tot de inrichting behoren. Het gebruiksoppervlak wordt bepaald aan de hand van NEN 2580<sup>4</sup>. Het gebruiksoppervlak is het oppervlak binnen de opgaande scheidingsconstructies. De afbakening tussen woningen en niet voor woning bestemde gebouwen kent nog geen methode.

De levensduur van een gebouw wordt op 75 jaar gesteld. De verschillende constructieonderdelen kunnen een andere levensduur hebben. Deze is afhankelijk van de economische levensduur.

Binnen de bepalingmethode wordt niet gesproken over bouwmaterialen of producten. Het laagste niveau is het (constructie) onderdeel dat een samenstelling is van bouwproducten en materialen. Op deze manier wordt voorkomen dat bouwproducten en materialen op het laagste niveau op milieueffecten kunnen concurreren.

Van alle constructieonderdelen moeten de verschillende materiaalstromen uit de productiefase, gebruiksfase en afdankfase onderscheiden worden. Per fase worden alle activiteiten uit de LCA methode die van toepassing zijn, zoals grondstofwinning, transport, productie en afvalverwerking meegenomen.

### **Milieuproblemen**

In het MMG-prototype is sprake van de gangbare milieueffecten uit LCA-studies. In tabel 3.2 staan de milieueffecten en milieumaten die in het MMG gebruikt worden. Van sommige andere milieueffecten is het niet zeker of deze in het MMG worden opgenomen. Radonstraling wordt waarschijnlijk niet meegenomen omdat hiervoor al een andere wettelijke norm voor van kracht is, namelijk de SPN. Dit is vreemd omdat de SPN alleen de straling tijdens de gebruiksfase berekend en niet tijdens de productiefase. De straling die vrijkomt in de andere fasen wordt op deze manier niet berekend.

Niet vernieuwbare energie en afval worden ook in het milieuprofiel van het MMG opgenomen, dit zijn echter geen milieueffecten op zich. Zowel energiegebruik en afvalverwijdering kunnen verschillende milieu-ingrepen veroorzaken.

---

<sup>4</sup> Oppervlakten en inhouden van gebouwen - Termen, definities en bepalingmethoden,

**Tabel 3.2: Milieueffecten en milieumaten die in het MMG gebruikt worden.**

<b>Milieueffecten</b>	<b>Milieumaten</b>
Grondstofuitputting	Grondstoffen
Brandstofuitputting	
Broeikaseffect	Emissies
Ozonlaagaantasting	
Zomersmog	
Humane toxiciteit	
Ecotoxiciteit water	
Verzuring	
Verresting	Energie
Energie niet vernieuwbaar	
Afval	Afval
Gevaarlijk afval	
Radioactief afval	

Bron: (Scholten en De Groot-van Dam, 1999)

### **Energiebesparingopties**

Het MMG heeft alleen betrekking op het milieuprofiel van materialen en gebouwen. Energiebesparende opties komen daar aan niet te pas. Wel wordt het energiegebruik van de productie tot en met afvalfase geïnventariseerd. Het is bij een vergelijking dus mogelijk voor een materiaal te kiezen dat minder energie gebruikt of energie bespaart. Alle energiezuinige materialen zijn in de specifieke methode een optie. In de vereenvoudigde methode moeten ze echter wel in de database zijn opgenomen.

### **Dynamiek**

Over de dynamiek van het MMG is nog niets bekend, omdat het instrument nog een prototype is. Als het door het Nederlands Normalisatie Instituut wordt uitgegeven kunnen nieuwe inzichten in wijzigingsbladen uitgegeven worden. Tevens is het belangrijk dat het LCA-gegevensbestand en LCA-gegevens de huidige situatie beschrijven.

### **Wettelijk kader**

Het is de bedoeling dat het Nederlands Normalisatie Instituut een bepalingsmethode uitbrengt. Vervolgens kan de politiek minimale grenswaarden voor milieuprestaties in het Bouwbesluit vastleggen. Dit vindt op zijn vroegst in 2001 plaats.

## **3.2.6 TWIN-Model**

Het TWIN-model is ontworpen door de heer M. Haas. Het TWIN-model is in principe gebaseerd op de LCA-methode, ontwikkeld door het Centrum voor Milieukunde in Leiden (Heijungs, 1992). Een korte samenvatting van de LCA-methode staat in bijlage 2. Het TWIN-model bestaat uit twee delen, te weten een kwalitatief en een kwantitatief onderdeel en uit twee matrices, één voor milieu- en één voor gezondheidsbeoordeling. Het TWIN-model is bedoeld voor het beoordelen van gebouwcomponenten en bouwmaterialen maar kan ook op productniveau worden toegepast.

### **Parameter**

Het eindresultaat van het TWIN-model is een milieu-index. Hierin is het milieuprofiel, vergelijkbaar met die van een LCA, De milieucriteria worden gewogen en geclassificeerd en vervolgens uitgedrukt op een schaal van 1 tot en met 7. De gezondheidscriteria worden op een schaal van +, 0 en – gerangschikt.

### **Inputvariabelen en rekenmethodiek**

Inputvariabelen bestaan uit productgegevens die de gebruiker van het model zelf moet leveren. Men kan ook gebruik maken van LCA-gegevens, die moeten echter aangevuld worden met kwalitatieve gegevens. Het TWIN-model bestaat uit 6 stappen. De eerste stap is een processtudie, hierin worden alle processen die nodig zijn voor de productie op een rij gezet. In de tweede stap worden relevante milieu- en gezondheidsingrepen geïnventariseerd. Tijdens de derde stap, de aggregatiestap, worden de milieu-ingrepen gesorteerd naar milieueffecten. In de vierde stap worden de kwantitatieve gegevens volgens de equivalentmethode van het CML gewogen en bij elkaar opgeteld. De kwalitatieve gegevens worden zoveel mogelijk gekwantificeerd met behulp van een puntensysteem (zie bijlage 10). De normalisatie is de vijfde stap. Hierin worden de milieueffecten vergeleken met een referentiemilieubelasting. De milieubelasting wordt uitgedrukt in milieubelastingpunten (MBP). De laatste stap omvat weging van de milieueffecten. Voor de weging is gebruikgemaakt van de Eco-indicator methode.

### **Systeemgrenzen**

Een functionele eenheid van bouwproducten, -materialen en -onderdelen geldt als grens. Verder is de afbakening van het LCA-systeem niet duidelijk vastgesteld. In het TWIN-model wordt uitgegaan van een levensduur van een gebouw van 75 jaar. Voor de afzonderlijke onderdelen wordt de technische levensduur aangehouden.

De volgende fasen uit de levenscyclus van een gebouw worden onderscheiden: grondstoffen, productiematerialen, constructie van het gebouw, gebruik en onderhoud, sloop van het gebouw en afvalverwerking. De levenscyclus van een gebouw wordt zo in de berekening mee genomen. Het is echter niet nodig om van alle effectcriteria van alle levensfasen uit de matrix gegevens te verzamelen (zie tabel B10.1 in bijlage 10) De energie-effecten van het gebruik, onderhoud en de sloop van het gebouw en afvalverwijdering worden dus niet meegenomen in de milieu-index. Dit is vreemd omdat het energiegebruik tijdens de gebruiksfase van een gebouw een aanzienlijk deel kan vormen.

### **Milieuproblemen**

In het TWIN-model wordt een onderscheid gemaakt tussen milieucriteria en gezondheidscriteria. De eerste worden ingedeeld in grondstoffen, verontreiniging, afval, hinder, aantasting, energie, herbruikbaarheid, repareerbaarheid en levensduur. Voor het wegen van het milieucriterium verontreiniging is gebruik gemaakt van sub-criteria die bij de Eco-indicator 95 aansluiten. In tabel B 10.1 staan per milieucriteria de effectcriteria waaruit ze worden samengesteld weergegeven. Energie is geen milieueffect, want de milieu-impact van energie wordt onder andere in het broeikas effect meegenomen. Aantasting en hinder zijn in de gangbare LCA-studies meestal niet gekwantificeerd. In het TWIN-model is hiervoor dan ook een kwalitatieve methode gebruikt.

Voor de gezondheidscriteria worden fysische agentia, chemische agentia, biologische agentia, ergonomie en veiligheid beoordeeld. Hiervoor zijn in het algemeen nog geen kwantitatieve gegevens beschikbaar, dus wordt hier van de kwalitatieve methode gebruik gemaakt.

### **Energiebesparingsopties**

Het TWIN-model is gericht op het berekenen van milieueffecten van producten. Energiebesparende opties komen daar niet specifiek bij aan de orde. Met het TWIN-model kunnen de milieueffecten van bijvoorbeeld isolatiemateriaal berekenen worden.

### **Dynamiek**

Voor de nog niet kwantificeerbare aspecten is in het model al ruimte gemaakt. Deze wordt vooralsnog opgevuld met kwalitatieve gegevens. Zodra hiervoor echter kwantitatieve gegevens en methoden beschikbaar komen, kunnen deze gemakkelijk ingevoerd worden.

### Wettelijk kader

Het TWIN-model is niet wettelijk verankerd. Er zijn geen aanwijzingen dat dit zal gebeuren, aangezien de overheid zelf bezig is het MMG te ontwikkelen.

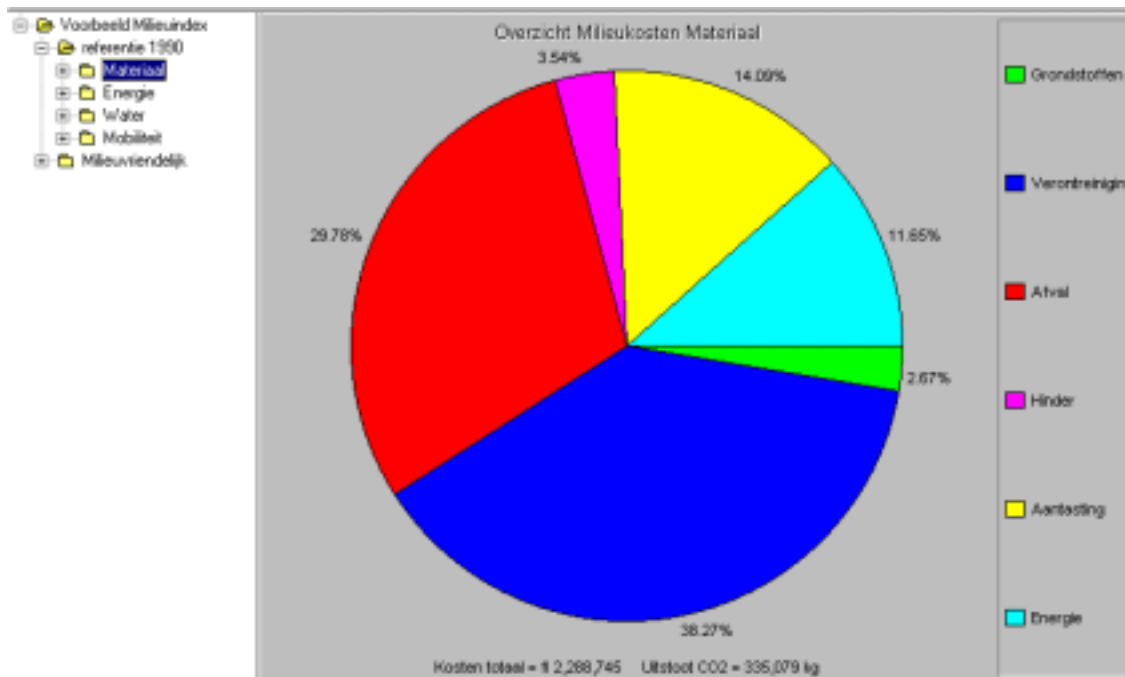
### 3.2.7 GreenCalc

GreenCalc is ontworpen door DGMR, Sureac en NIBE ten behoeve van de Rijksgebouwendienst. Tevens maken enkele adviesbureaus en gemeenten gebruik van het programma. GreenCalc is een computerprogramma dat de milieueffecten van kantoorgebouwen berekent. Deze berekening kan zowel betrekking hebben op een bouwproject van een nieuwbouwkantoor, als op een kantoor dat gerenoveerd wordt. Het programma is speciaal ontworpen voor kantoorgebouwen, maar zal in de toekomst ook voor woningbouw geschikt gemaakt worden. GreenCalc is ingedeeld in vier modules waarover de milieueffecten worden beschouwd. Deze modules zijn materiaal, energie, water en mobiliteit.

#### Parameter

In GreenCalc worden eerst per module de milieueffecten uitgerekend, deze worden uiteindelijk vertaald in milieukosten en uitgedrukt in guldens of Euro's. Figuur 3.3 laat een voorbeeld zien van een outputschermb van de materiaalmodule uit GreenCalc. Voor energiegebruik, watergebruik en verkeer worden ook de milieukosten berekend. Deze worden opgeteld zodat de totale milieukosten van het gebouw bekend zijn. Deze milieukosten worden vervolgens vergeleken met een referentiegebouw, zodat er een milieu-index ontstaat. In tabel 3.3 staat een voorbeeld van deze milieu-index. De indexwaarde van het referentiegebouw wordt op 100 gesteld en een alternatief dat duurzamer is zal een hogere indexwaarde hebben. De milieukosten van het alternatief dienen in ieder geval lager te zijn dan die van het referentiegebouw.

**Figuur 3.3: Voorbeeld van een outputschermb van GreenCalc waarin de milieukosten van het materiaalgebruik staan weergegeven.**



**Tabel 3.3: Voorbeeld van een overzicht van milieukosten van een kantoor over de gehele levensduur van het gebouw uit GreenCalc in gulden.**

	Milieukosten (f)	Referentiekosten (f)	Milieu-index
Materiaal	1.516.215	2.288.745	151
Energiegebruik	1.146.361	6.423.415	560
Watergebruik	139.247	362.691	260
Mobiliteit	637.741	724.496	114
Totaal	3.439.564	9.799.346	285

### **Inputvariabelen en rekenmethodiek**

Per module kunnen in de invoerschermen verschillende keuzen gemaakt worden. De meeste inputvariabelen kunnen uit tabellen gekozen worden. Sommige kan de gebruiker echter zelf invullen. Het nadeel van deze keuzelijst is dat nieuwe producten en materialen niet in de database zijn opgenomen. In bijlage 11 staat tabel B11.1 met de verschillende inputvariabelen.

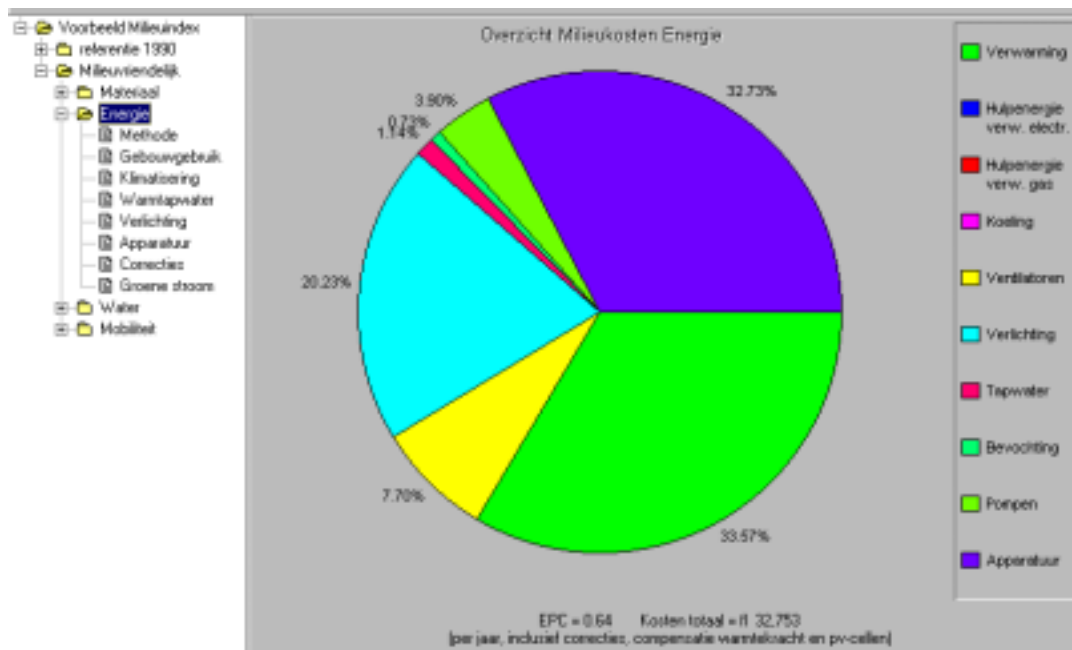
De materiaalmodule wordt volgens het TWIN-model berekend. Hiervan worden enkel de eerste twee stappen toegepast, zodat alleen de verschillende milieueffecten berekend worden. Een verdere uitleg over het TWIN-model staat in paragraaf 3.2.5. Uit een gegevensbestand kunnen via een boomstructuur de materialen per gebouwonderdeel gekozen worden. Het programma rekent de milieueffecten uit. Aan de hand van deze milieueffecten worden de milieukosten berekend en de verhouding tussen milieucriteria gegeven. In figuur 3.4 worden de milieucriteria die in GreenCalc worden berekend getoond. Het is onduidelijk welke gegevensbestanden voor materialen in GreenCalc gebruikt wordt.

Met de watermodule worden de effecten van het zuinig gebruik van drinkwater, de keuze van sanitair en de toepassing van grijswatercircuits berekend. Dit wordt gedaan met de waterprestatiemethode die door bureau OpMaat is ontwikkeld. Het watergebruik en de daarbijbehorende milieukosten komen in een tabel te staan.

De energiemodule is gebaseerd op de EPN-methode voor utiliteitsgebouwen (NEN 2916). Tevens kunnen gegevens uit de computerprogramma's die de EPC berekenen (NPR 2917) geïmporteerd worden. Behalve deze EPN-gegevens moeten nog gegevens voor apparaatgebruik en liften worden ingevoerd. Het energiegebruik hangt af van het aantal personen dat in het gebouw gaat werken, de aanwezigheidsgraad en het vloeroppervlak. De energiemodule rekent met de invoergegevens ook een vereenvoudigde EPC uit. Hierbij moeten echter wel de verschillen met de NEN 2916 in acht genomen worden. En bij veranderingen in de andere modules die van invloed zijn op het energiegebruik moet de EPC opnieuw berekend worden. Het energiegebruik wordt conform de EPN in MJ uitgedrukt. In figuur 3.4 wordt een overzicht gegeven van de milieukosten van het energiegebruik. Het aandeel van verschillende energiegebruikers is in een cirkeldiagram uitgedrukt.

GreenCalc berekent ook de milieueffecten ten gevolge van mobiliteit. Hiervoor zijn 25 scenario's samengesteld, deze geven inzicht in de bereikbaarheid en keuze van vervoersmiddelen. De module berekent de hoeveelheden van de schadelijke stoffen die vrijkomen door energie-emissies bij het gebruik van die vervoersmiddelen.

**Figuur 3.4: Voorbeeld van een outputschermb van GreenCalc waarin de milieukosten van het energiegebruik staan weergegeven.**



Tot slot worden alle milieukosten van de verschillende modules berekend. Milieukosten zijn de verborgen en toekomstige maatschappelijke kosten die samenhangen met het herstel, bestrijding en preventie van milieueffecten. Bijvoorbeeld preventiekosten door een gebouw te isoleren of herstelkosten voor het planten van bomen om CO<sub>2</sub> in te vangen. Deze worden berekend over de milieucriteria. Voor het berekenen van deze kosten is een uitvoerig onderzoek gedaan door onder andere wetenschappers van de TU-Eindhoven. Uit het programma zelf blijkt echter niet hoe deze tot stand gekomen zijn. Omdat de milieukosten al bij milieueffecten bepaald worden kunnen ze vervolgens bij elkaar opgeteld worden en vindt er geen weging meer plaats. Zie voor extra uitleg met betrekking tot GreenCalc bijlage 5. Grondstofgebruik, verontreiniging en energiegebruik worden op deze manier bij elkaar opgeteld. Dit zijn echter totaal verschillende effecten. Bovendien is het energiegebruik ook al verwerkt in verontreiniging en op deze wijze wordt het dubbel geteld.

### Systemgrenzen

De levensduur van een gebouw is op 75 jaar gesteld. Dit kan niet aangepast worden. Het gebouw en het gehele oppervlak van het bedrijfsterrein is de grens voor de modules materiaal, energie en water. De verkeersmodule rekt met een bevolkingsdichtheid in een straal van 25 km rond het gebouw. Dit is namelijk de straal waarbinnen het merendeel van de gebruikers van kantoorgebouwen woont.

In de materiaalmodule wordt de gehele levenscyclus van de producten in de berekening meegenomen. GreenCalc berekent de milieubelasting van een gebouw(ontwerp) uitgedrukt in guldens over de totale levensduur van het gebouw. In de beschikbare literatuur staat niet expliciet dat de gehele levenscyclus van het gebouw meegerekend wordt. Dit is echter wel waarschijnlijk omdat uitgegaan wordt van de LCA-methode.

### Milieueffecten

In tabel 3.4 wordt aangegeven welke milieueffecten in de milieucriteria zijn opgenomen. Het is in GreenCalc niet mogelijk om een milieuprofiel met verschillende milieueffecten te genereren. Voor het aanbrengen van verbeteringen in de milieuprestatie van een gebouw zou een

milieuprofiel van materiaal-, energie- en watergebruik en verkeer handig zijn, zodat inzichtelijk blijft waar de eindscore vandaan komt. Aan niet gekwantificeerde milieueffecten zijn milieubelastingspunten toegekend. Stank, geluid en licht worden in punten per ton (pnt/ton) uitgedrukt.

**Tabel 3.4: Milieueffeten berekening in de materiaalmodule van GreenCalc.**

Milieueffect	Eenheid	milieucriteria
Uitputting grondstoffen		Grondstoffen
Uitputting energiebronnen	pnt/ ton	
Broeikaseffect	kg CO <sub>2</sub> / ton	Verontreiniging
Ozonlaagaantasting	kg cfk/ ton	
Pesticiden	kg/ ton	
Zware metalen	kg lood / ton	
Zomersmog	kg etheen /ton	
Wintersmog	kg stof/ ton	
Verzuring	kg SO <sub>2</sub> / ton	
Vermesting	kg fosfaat/ ton	
Afval	kg/ ton	Afval
Stank	pnt/ ton	Hinder
Geluid	pnt/ ton	
Licht	pnt/ ton	
Kans op calamiteiten	pnt/ ton	
Aantasting	pnt/ ton	Aantasting
Totaal energiegebruik <sup>1</sup>	MJ/ ton	Energie

1: Opgeslagen in het materiaal en vervoer naar de bouwplaats.

Bron: (Linden et. al., 2000)

### Energiebesparingsopties

Zonnecollectoren voor warmte en warmwaterbereiding zitten in de energiemodule van GreenCalc, maar PV-systemen niet. De opbrengst van PV-panelen kan echter wel als een correctiepost meegenomen worden in de berekeningen. GreenCalc rekent het gebruik van groene stroom wel direct als reductiepost mee. In de energiemodule wordt tevens het elektriciteitsverbruik van liften en apparaten zoals computers meegerekend.

In GreenCalc moet ook de oriëntatie en het aandeel glasoppervlak in de gevel aangegeven worden. Tevens kunnen verschillende soorten isolatie gekozen worden.

Ten aanzien van energiebesparing met betrekking tot verkeer moet de afstand tot de OV-haltes aangegeven worden en de ligging van het kantoor ten opzichte van uitvalswegen.

### Dynamiek

Van GreenCalc komt eens per half jaar een update uit, bijvoorbeeld met een nieuwe database met materiaalgegevens. De gebruiker krijgt deze als een onderhoudsovereenkomst is afgesloten.

### Wettelijk kader

GreenCalc is niet in de wet verankerd. Het programma wordt gebruikt door de Rijksgebouwendienst en veel gemeenten. Bij de ontwikkeling van het MMG is geprobeerd aansluiting met GreenCalc te vinden. Maar het MMG kent een hele andere opzet en milieuprofiel dan het TWIN-model dat als basis voor GreenCalc is gebruikt.

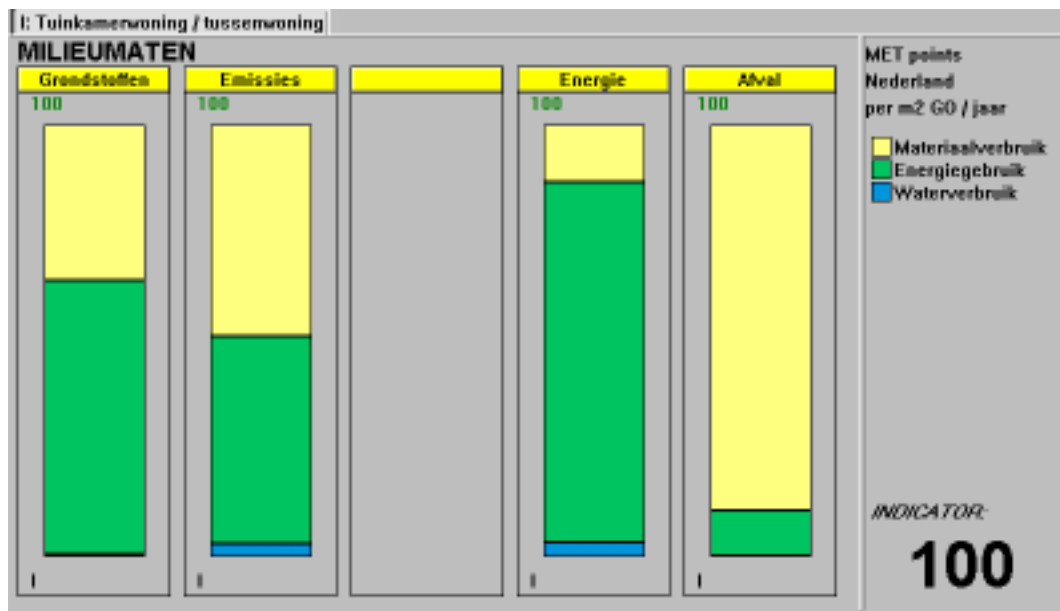
### 3.2.8 Eco-Quantum

De Eco-Quantum is een rekeninstrument dat de milieuprestatie over de totale levenscyclus van een woning berekent. Het is ontwikkeld door Stuurgroep Experimentele Volkshuisvesting (SEV) en Stichting Bouwresearch (SBR) en is bedoeld voor architecten en projectontwikkelaars.

#### Parameter

De uitkomst van de berekeningen kan op vier manieren worden weergegeven. Ten eerste in hoeveelheden waar gerekend wordt in kg voor materiaal, MJ voor energie en m<sup>3</sup> voor water. Ten tweede 13 milieueffecten waarbij de LCA-equivalenten gehanteerd worden. Ten derde door middel van de 5 milieumaten van het Milieuberaad Bouw (MBB) zie ook bijlage 13. In figuur 3.5 staat een voorbeeld van een outputschermdisplay van Eco-Quantum met milieumaten. Hier is duidelijk te zien dat hinder een nog niet geoperationaliseerde milieumaat is.

**Figuur 3.5: Voorbeeld van een outputschermdisplay waarin de milieumaten en indicator van een berekening in Eco-Quantum zijn weergegeven.**



Tot slot kan Eco-Quantum weergegeven worden in één indicator. Voor deze indicator wordt de MET-pointmethode van TNO/TU Delft gehanteerd. De milieu-indicator geeft de milieubelasting van de ontwerpwooning ten opzichte van de referentiewoning aan. De referentiewoningen van Novem zijn op 100 gesteld. Een lagere score dan 100 betekent een betere milieuprestatie. Het wordt door de makers van Eco-Quantum afgeraden de milieu-indicator voor externe doeleinden te gebruiken, omdat er geen algemene overeenstemming over de gebruikte weegfactoren is. De gebruiker kan in Eco-Quantum zijn eigen weegset in voeren. De eenheid in Eco-Quantum is het aantal emissies per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak per jaar. In bijlage 12 staat een uitgebreidere toelichting over de Eco-Quantum.

#### Inputvariabelen en rekenmethodiek

In bijlage 4 is een tabel opgenomen met de inputvariabelen uit Eco-Quantum. De invoergegevens bestaan uit vier onderdelen: gebouw-, energie-, waterprestatie- en materiaalgegevens. De laatste is het meest uitgewerkt. Via een boomstructuur kunnen keuzen gemaakt worden voor toegepaste componenten en materialen. De database van Eco-Quantum



bestaat uit honderd bouwmaterialen en energieopwekkingsprocessen. Het milieubestand bestaat uit 1312 scores voor de milieueffecten per 1 kg bouw materiaal. De input voor de materialen zijn LCA-studies die nu nog op literatuur gebaseerd zijn. Vanaf 2001 wil men echter de gegevens van MilieuRelevante ProductInformatie (MRPI-kaarten) invoeren in de database. (Zie bijlage 13 over toelichting MRPI.) Op deze manier wordt de database gevuld met productgegevens van leveranciers.

In het computerprogramma is het niet inzichtelijk welke materialen de milieubelasting per milieu-ingreep veroorzaken. Hiervoor zou naar de LCA-gegevens gekeken moeten worden. Echter, bij de detailgegevens per alternatief wordt sporadisch de brongegevens vermeld.

In Eco-Quantum kunnen keuzen gemaakt worden met betrekking tot installaties en zonne-energie systemen. De gevolgen voor deze keuzen worden niet doorgerekend in het energiegebruik en dus ook niet volledig in het milieuprofiel. Eco-Quantum gaat namelijk uit van de invoergegevens uit de EPN om de milieueffecten van het energiegebruik te berekenen. Het energiegebruik tijdens de levenscyclus van de installaties wordt wel meegenomen. In Eco-Quantum verandert het energiegebruik niet als de materialen veranderen, maar de keuze van het isolatiemateriaal kan het energiegebruik beïnvloeden. Het is dus belangrijk goed in de gaten te houden welke materiaalkeuzen gemaakt worden, zodat de EPN opnieuw berekend wordt als de keuzen van invloed zijn op het energiegebruik.

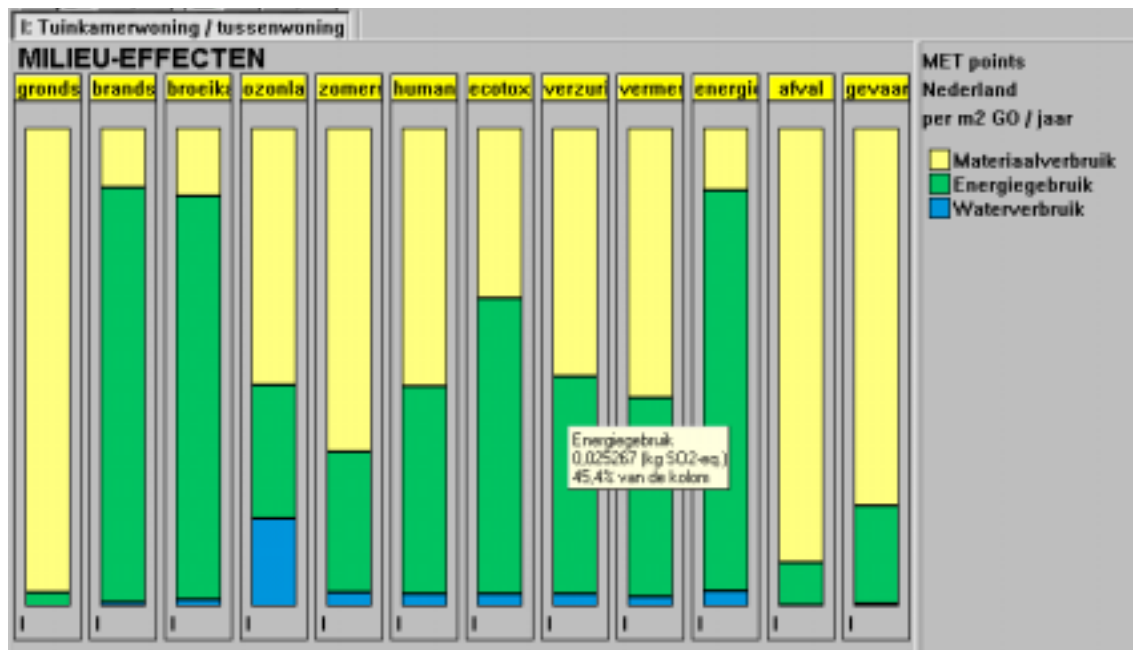
### **Systeemgrenzen**

De milieuprestatie van een gebouw wordt berekend aan de hand van de invoergegevens over de woning. Voor de levensduur van de woning wordt 75 jaar aangehouden. Installaties gaan veel korter mee, tussen de 10-35 jaar. Deze moeten dan ook vervangen worden tijdens de levensduur van het gebouw. Tevens wordt het onderhoud, zoals schilderwerk, in de berekening opgenomen. In de Eco-Quantum wordt de gehele levenscyclus van een gebouw in rekening gebracht.

### **Milieueffecten**

In bijlage 4 figuur 4.1 staat welke milieueffecten in Eco-Quantum berekend worden. Een voorbeeld van een outputscherf van Eco-Quantum waarin de gebruikte milieueffecten zijn weergegeven staat in figuur 3.6. Dit zijn voornamelijk de milieueffecten die in de CML-methode zijn geoperationaliseerd (zie paragraaf 2.5 voor de LCA-methode van het CML). In de Eco-Quantum zijn echter twee andere indicatoren toegevoegd. Dit zijn energie en afval, deze laatste is opgesplitst in niet-gevaarlijk en gevaarlijk afval. Deze indicatoren zijn geen milieueffecten maar zeggen wel veel over het materiaalgebruik. Afval en energiegebruik zijn milieu-ingrepen, deze zijn in de ook LCA-studie meegenomen en omgerekend naar milieueffecten. Het scherm geeft nu dus afval en energie eigenlijk twee maal weer: één maal verwerkt in de milieueffecten en één maal direct.

**Figuur 3.6: Voorbeeld van een outputscherm waarin de milieueffecten van Eco-Quantum zijn weergegeven.**



### Energiebesparingsopties

In Eco-Quantum zijn energiebesparende opties opgenomen voor het materiaalgebruik van een gebouw, zoals isolatie en dubbelglas. Welke materiaalgebonden opties in de database terechtkomen hangt in de toekomst af van de MRPI-kaarten die geleverd worden. Men kan een verzoek indienen tot het opnemen van een optie bij Stichting BouwResearch (SBR) of Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting (SEV). Op het gebied van energie worden de energiebesparingsopties uit de EPN gehanteerd. Het energiegebruik van huishoudelijke apparaten wordt ook niet berekend.

Meergezinshuizen, zoals portiekwoningen en flats, kunnen nog niet berekend worden in Eco-Quantum. In het rekeninstrument is geen methode opgenomen om vloeren en plafonds tussen verschillende woningen van elkaar te scheiden. Eventuele energiebesparende voordelen van deze meergezinshuizen kunnen derhalve niet berekend worden.

### Dynamiek

De nieuwe MRPI-gegevens worden in een database opgenomen. MRPI-gegevens hebben een geldigheidsduur van 4 jaar, daarna moet voor het product of materiaal weer opnieuw een MRPI-certificaat aangevraagd worden. Tevens zijn er plannen om in 2001 het EPN-computerprogramma te linken met Eco-Quantum. Op deze manier kan men zien wat de invloed is van een verandering in het isolatiemateriaal of installatie op de EPC. Het is niet mogelijk om zelf LCA-gegevens in te voeren.

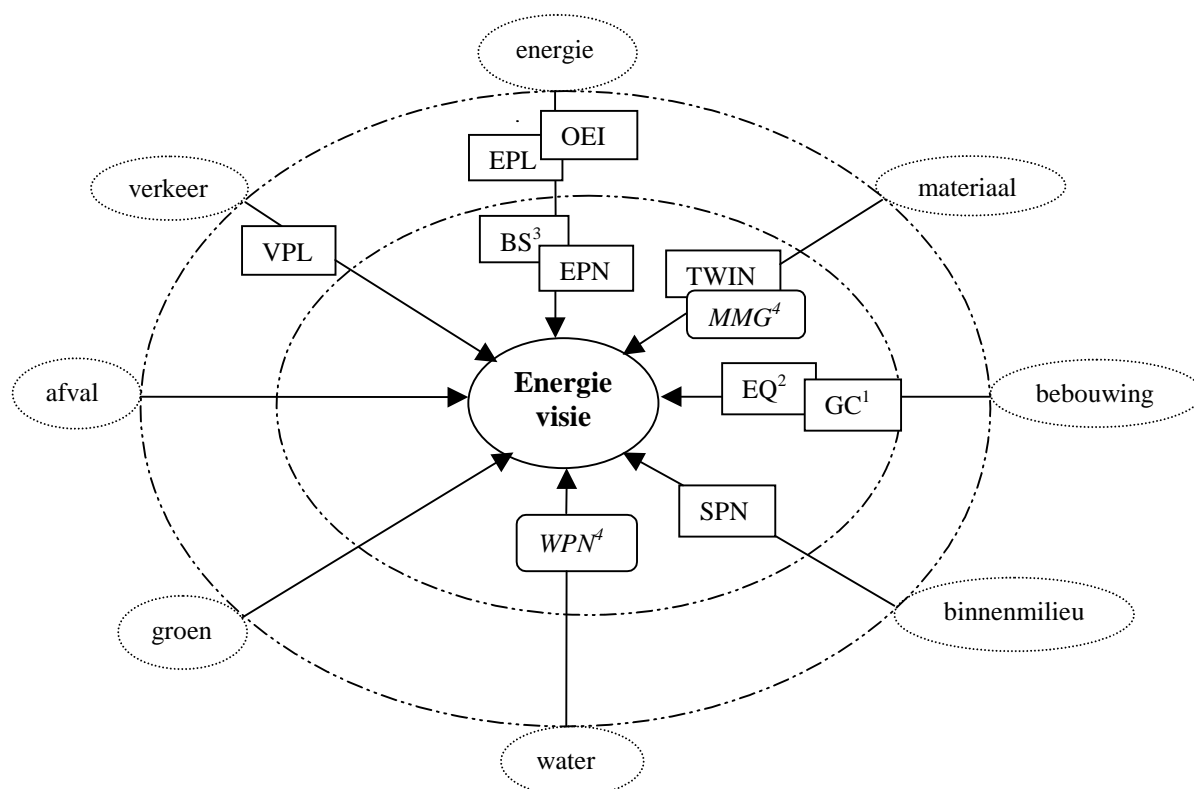
### Wettelijk kader

Het rekeninstrument kent geen wettelijk kader. Het MMG-model probeert een aansluiting te vinden bij de MRPI en de Eco-Quantum. Misschien kunnen in de toekomst MMG-gegevens in de database van Eco-Quantum opgenomen worden.

## 4 RELATIES TUSSEN REKENINSTRUMENTEN

In onderstaand schema (figuur 4.1) worden rekeninstrumenten op gebouw- en wijkniveau in relatie tot de Energievisie weergegeven. In tegenstelling tot figuur 2.3 en figuur 3.2 is energie in dit schema ook als een stedenbouwkundig thema opgenomen. Aan de buitenkant van het schema zijn de in dit onderzoek beschouwde stedenbouwkundige thema's weergegeven. De ring daarbinnen geeft de betreffende rekeninstrumenten op wijkniveau. De binnenste ring geeft de rekeninstrumenten op gebouwniveau per stedenbouwkundig thema weer. Voor groen en afval zijn geen instrumenten beschikbaar en voor materiaal, energie en bebouwing zijn juist verschillende instrumenten.

**Figuur 4.1: Schema van de stedenbouwkundige thema's en de bijbehorende rekeninstrumenten in relatie tot de Energievisie.**



- 1: GreenCalc
- 2: Eco-Quantum
- 3: Boilsim
- 4: WPN en MMG zijn nog in ontwikkeling

In paragraaf 4.1 worden overlappings en discrepanties van de rekeninstrumenten besproken. In paragraaf 4.2.1 wordt gekeken hoe energiebesparende opties in de rekeninstrumenten aan bod komen en welk aandeel van het energiegebruik nu door de rekeninstrumenten wordt berekend. In paragraaf 4.3 worden de onderling relaties tussen de instrumenten in kaart gebracht.

## 4.1 OVERLAPPINGEN EN DISCREPANTIES TUSSEN REKENINSTRUMENTEN

Aan de hand van de verschillende kenmerken van de rekeninstrumenten worden de discrepanties en overlappingsen tussen de rekeninstrumenten besproken. Per kenmerk is een tabel gemaakt waarin het betreffende kenmerk is afgezet tegen de rekeninstrumenten. In bijlage 14 zijn al deze tabellen samengevoegd tot een algeheel overzicht.

### 4.1.1 Parameter

In deze paragraaf wordt ingegaan op de verschillende parameters en achterliggende dimensies van de rekeninstrumenten. In tabel 4.1 zijn deze op een rijtje gezet.

**Tabel 4.1: Instrumenten met bijbehorende parameters en achterliggende dimensies.**

Instrument	Eind parameter	Dimensie
EPN	Normgetal, (1,0-0)	MJ/jaar
EPL	Normgetal, (0-10)	MJ/jaar
OEI	Energiegebruik en EPL	MJ/jaar
	Emissie	gram/GJ
	Kosten	guldens
VPL	Indexcijfer, referentie=100, 99=beter	MJ/jaar
WPN	Normgetal, (-)	liters/dag
SPN	Normgetal, (-)	mSv/jaar
Boilsim	Energiegebruik	MJ/jaar
MMG	Milieuprofiel, milieumaten en milieu-indicator	
TWIN-model	Milieu-index, (1 tot 7 en +,0 of -)	
GreenCalc	Milieueffecten	guldens
	Milieu-index; referentie=100, 101=beter	
Eco-Quantum	EPC	
	Milieuprofiel, milieumaten	
	Milieu-indicator, referentie= 100, 99=beter	
	Hoeveelheden	kg/m <sup>2</sup>

De energiegerelateerde rekeninstrumenten kennen allemaal een andere eindparameter. Vooral de tegenstelling tussen de EPN, waarbij een score van 0 en de EPL, waarbij 10 de beste score is, valt op. Het OEI-rekenmodel rekent behalve het energiegebruik ook een EPL-score uit. Dit is tevens het enige instrument dat direct de uitstoot van CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub> en NO<sub>x</sub> uitrekent. De uitkomsten van berekeningen van EPN, EPL, OEI, VPL en Boilsim en de energiemodules in Eco-Quantum en GreenCalc hebben allemaal de achterliggende dimensie MJ/jaar. Het is niet mogelijk deze gegevens met elkaar te vergelijken of op te tellen, omdat op andere vlakken de rekeninstrumenten te verschillend zijn.

De rekeninstrumenten die de milieubelasting uitrekenen (MMG, TWIN-model, Eco-Quantum en GreenCalc) maken allemaal gebruik van LCA-gegevens en kennen derhalve ook een soort milieuprofiel. De milieueffecten binnen de milieuprofielen komen echter niet overeen (zie kopje milieueffecten). De parameters van deze instrumenten worden op verschillende manieren uitgedrukt. De eindparameter van GreenCalc is in guldens. Dit zijn echter niet de directe investeringskosten die voortkomen uit de aanleg of bouw van het gebouw, maar zogenaamde milieukosten. In het OEI-rekenmodel zijn de kosten wel direct afhankelijk van de aanleg van de energievoorziening in de wijk.

## 4.1.2 Inputvariabelen en rekenmethodiek

Behalve de parameters zijn ook de inputvariabelen en rekenwaarden met elkaar vergeleken. In tabel 4.2 zijn rekenwaarden en vaste waarden per instrument aangegeven.

**Tabel 4.2: Rekenwaarden en vaste waarden die per rekeninstrument gebruikt worden.**

Instrument	Rekenwaarden	Vaste waarden
EPN	Vaste rekenwaarden constructies, oriëntatie, installaties, reductie, correctie. Deze mogen ook zelf berekend worden.	Forfaitaire waarden: koeling, verlichting.
EPL	Vaste rekenwaarden energiefuncties en dragers, duurzame energie. Deze mogen ook zelf berekend worden.	Forfaitaire waarde: energiegebruik gebouw, utiliteitsfuncties.
OEI	Rekent met basisgegevens, tenzij anders is ingevoerd, naar EPC toe, mits dit binnen de reikwijdte blijft.	Forfaitaire waarden: energiegebruik, rentelast en inflatie.
VPL	Programma berekent het energiegebruik aan de hand van ruimtelijke gegevens.	Forfaitaire waarde: brandstofgebruik en bezettingsgraad.
SPN	Aan de hand van vaste activiteitenconcentraties wordt de stralingsbelasting berekend.	Forfaitaire waarde: correctie factoren.
WPN	Vaste rekenwaarde normgebruik, gebruikersgedrag en leidingsoort.	Forfaitaire waarde als het toestel onbekend is.
Boilsim	Berekening aan de hand van eigenschappen van installaties, gebouw en gebruikersgedrag.	Waarden voor type ketels in tabel.
MMG	Vereenvoudigde variant; LCA-berekeningen met defaultwaarden uit matrices. Specifieke variant; zelf een LCA uitvoeren.	Forfaitaire waarden milieueffecten in matrices.
TWIN-model	Berekent kwantitatieve gegevens met LCA-methode. Rekening houdend met levensduur, reparatiebaarheid, herbruikbaarheid.	Voor kwalitatieve gegevens defaultwaarden in tabellen.
GreenCalc	Berekeningen met defaultwaarden uit databestand. Rekening houdend met vervanging en recycling.	Importerende gegevens uit EPN-computerprogramma.
Eco-Quantum	Berekeningen met defaultwaarden uit databestand. Rekening houdend met vervanging en recycling.	Invoer Q-waarden uit de EPN voor energiemodule.

Zowel de EPL als het OEI-rekenmodel rekenen met de energievraag aan de meter. Dit houdt in dat, in tegenstelling tot de EPN, ook het elektriciteitsverbruik van huishoudelijke apparaten meegerekend wordt. De instrumenten berekenen het toekomstig energiegebruik, daarom is het verwarrend dat over energiegebruik aan de meter gesproken wordt, als of het gemeten wordt.

In GreenCalc, OEI en EPL worden niet-gebouwgebonden apparaten meegerekend. De uitkomsten van berekeningen van de energiemodule van GreenCalc omvatten dus een groter energiegebruik dan de EPN-berekening. GreenCalc berekent ook een soort EPC, deze is vereenvoudigd ten opzichte van de werkelijke EPN-methodiek. (Zie ook paragraaf 3.2.7)

In de EPL is voor niet-gebouwgebonden apparaten een forfaitaire waarde opgenomen. Het energiegebruik van deze apparaten is verrekend met het gebouwgebonden energiegebruik en in tabellen opgenomen. In het OEI-rekenmodel zijn de waarden ook in tabellen opgenomen maar kunnen relevante apparaten geselecteerd worden. In geen van de andere rekeninstrumenten wordt rekening gehouden met deze huishoudelijke apparatuur.

Het verschil tussen Eco-Quantum en GreenCalc is dat Eco-Quantum alleen gebruik maakt van op kwantitatieve gegevens gebaseerde LCA-studies, GreenCalc maakt ook gebruik van

kwalitatieve gegevens uit andere literatuur. Daarnaast is Eco-Quantum ontwikkeld voor woningbouw en GreenCalc voor kantoorgebouwen.

Behalve energie, materialen en water betreft GreenCalc ook verkeer in de berekeningen van de milieuprestatie. Hier wordt van een andere methode gebruik gemaakt dan de VPL. De VPL berekent het energiegebruik aan de hand van de gehele locatie terwijl GreenCalc het kantoorgebouw centraal stelt en daar vanuit het energiegebruik berekend. Het is daarom niet mogelijk om de gegevens of de methode van de VPL in GreenCalc te gebruiken.

### 4.1.3 Systeemgrenzen

De rekeninstrumenten kennen verschillende soorten systeemgrenzen. In tabel 4.3 wordt per instrument de levensfasen waarover gerekend wordt en de ruimtelijke en temporele afbakening gegeven.

**Tabel 4.3: Systeemgrenzen bestaande uit ruimtelijke afbakening, tijdsbestek en levensfasen van de verschillende rekeninstrumenten.**

Instrument	Ruimtelijke grens	Tijdsbestek	Levensfasen
EPN	De woning, verwarmde zones	-	Gebruiksfase van gebouw
EPL	De gehele nieuwbouwwijk	Wijk 30 jaar	Gebruiksfase van de wijk + energieopwekking
OEI	Gehele nieuwbouwwijk opgedeeld in energiezones	-	
VPL	1000-10000 of 600-3000 of 200-400 woningen/ wijk	-	Gebruiksfase van de wijk + energiegebruik winning, productie en transport van brandstoffen
Boilsim	Installatiesysteem in de woning.		Gebruiksfase van installatie.
SPN	De verblijfsruimten in de woning, zonder toilet en badkamer	-	Gebruiksfase van de woning.
WPN	Woning of woongebouw	-	Gebruiksfase van de woning
MMG	Woning of woongebouw, constructieonderdelen	Gebouw 75 jaar	Volgens LCA-methode en opgesplitst naar product-, gebouw-, en afdankfase
TWIN-model	Gebouw, product of materiaal via functionele eenheid.	Gebouw 75 jaar	Volgens de LCA-methode
GreenCalc	Kantoorgebouw + verkeer: 25 km rond gebouw	Gebouw 75 jaar	Volgens de LCA-methode
Eco-Quantum	De woning	Gebouw 75 jaar	Volgens de LCA-methode

De EPL, het OEI-rekenmodel en de VPL berekenen het energiegebruik over de gehele wijk. In de VPL wordt daarbij onderscheid gemaakt naar de grootte van de wijk. Bij de EPL en het OEI-rekenmodel wordt de wijk opgesplitst in groepen woningen met dezelfde energiedrager en woningen met dezelfde EPC.

De systeemgrenzen liggen bij de overige instrumenten om het gebouw heen. Het is bij de EPN en de SPN duidelijk wat wel en niet tot de woning gerekend wordt. Beide rekeninstrumenten trekken hun grenzen rond de verblijfsruimten. Deze grenzen komen echter niet overeen. Bij de SPN worden bad- en toiletruimte niet tot de verblijfsruimten gerekend en bij EPN wel.

Bij Eco-Quantum, GreenCalc en MMG ligt dat anders. Hier kiest de gebruiker uit een vaste set constructieonderdelen. Een schuur of garage kan ook bij het gebouw betrokken worden terwijl

dat bij de SPN en EPN niet kan. Omdat de ruimtelijke grenzen verschillend zijn kunnen de gegevens niet meer met elkaar vergeleken of met elkaar uitgewisseld worden.

In het MMG is het constructieonderdeel de kleinste mogelijke eenheid. Bij Eco-Quantum en GreenCalc zijn het producten, terwijl met het TWIN-model ook de milieubelasting van een materiaal bepaald kan worden. In het TWIN-model kiest de gebruiker de functionele eenheid en bepaalt zodoende de grenzen van het gebouw.

MMG, TWIN-model, GreenCalc en Eco-Quantum kennen aan gebouwen een levensduur van 75 jaar toe. De andere instrumenten werken niet met een bepaald tijdsbestek. De EPL is hierop een uitzondering, deze berekent het jaarlijks fossiele brandstof gebruik over 30 jaar.

De meeste instrumenten hebben betrekking op de gebruiksfase van het gebouw of wijk. MMG, TWIN-model, Greencalc en Eco-Quantum zijn daarentegen allemaal gebaseerd op de LCA-methode en berekenen de milieubelasting over de verschillende levensfasen van een materiaal, constructieonderdeel of gebouw.

De VPL rekent ook het energiegebruik uit dat nodig is om brandstof of elektriciteit te maken. Dit is gedaan om het energiegebruik dat nodig is om elektriciteit te produceren te kunnen vergelijken met het brandstofgebruik van auto's, anders zou het een oneerlijke vergelijking zijn. In de VPL, EPN en OEI wordt ook het rendement van de elektriciteitscentrale of warmte levering meegerekend.

#### 4.1.4 Milieueffecten

In paragraaf 2.5 zijn milieueffecten die in de LCA-methode van het CML berekend worden besproken. Omdat deze methode op het moment algemeen is geaccepteerd wordt worden de CML-milieueffecten als referentiekader gebruikt. Tevens zijn de meeste milieurekeninstrumenten gebaseerd op de CML-methode In tabel 4.4 worden per instrument de milieueffecten die aan bod komen weergegeven.

**Tabel 4.4: De milieueffecten die in de instrumenten aan bod komen.**

Instrument	Milieueffecten
EPN	Energie, CO <sub>2</sub>
EPL	Energie, CO <sub>2</sub>
OEI	Energie, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub>
VPL	Energie, CO <sub>2</sub> (NO <sub>x</sub> , terugdringen geluidhinder en verbeteren ruimtelijke kwaliteit)
SPN	Gamma en radon straling.
WPN	Watergebruik.
Boilsim	Energie, CO <sub>2</sub> .
MMG	Uitputting abiotische en biotische grondstoffen, broeikaseffect, ozonlaag aantasting, zomersmog, humane toxiciteit, ecotoxiciteit voor water en land, verzuring, vermesting
TWIN-model	Verzuring, vermesting, broeikaseffect, ozonlaag aantasting, zomer- en wintersmog, zware metalen, pesticiden, warmte + grondstoffen, hinder, aantasting, afval, energie. Tevens zijn criteria voor gezondheid opgesteld
GreenCalc	Uitputting grond- en brandstoffen, broeikaseffect, ozonlaag aantasting, verzuring, zware metalen, afval, zomer- en wintersmog, pesticiden, hinder, aantasting, kans calamiteiten, energiegebruik
Eco-Quantum	Uitputting grond- en brandstoffen, broeikaseffect, ozonlaag aantasting, zomersmog, verzuring, vermesting, humane en ecotoxiciteit, energiegebruik, afval, gevaarlijk afval.

Ondanks dat de instrumenten die de milieubelasting berekenen gebruik maken van de LCA-methode zitten er verschillen tussen de milieuprofielen. Zoals blijkt uit tabel 4.5 zijn niet alle milieueffecten die worden berekend hetzelfde, de milieuprofielen kunnen daarom niet met elkaar vergeleken worden. Alleen informatie die met hetzelfde programma gegenereerd is kan vergeleken worden

**Tabel 4.5: Milieueffecten die in rekeninstrumenten aan bod komen.**

Milieueffecten	MMG	TWIN	GC	EQ
Abiotische grondstoffen	■			
Biotische grondstoffen				
Brandstoffen				
Broeikaseneffect				
Ozonlaag aantasting				
Verzuring				
Vermesting				
Humane toxiciteit				
Ecotoxiciteit water				
Zware metalen		■	■	
Pesticiden		■	■	
Ecotoxiciteit land	■			
Zomersmog	■			
Wintersmog				
Landschapsaantasting		■	■	
Hinder		■	■	
Warmte		■	■	
Energiegebruik	■	■	■	■
Afval		■	■	■
Gevaarlijk afval				■
Kans op calamiteiten		■	■	

De oranje vakjes geven de milieueffecten aan die met de CML-methode berekend worden (zie paragraaf 2.5). De milieueffecten: uitputting van grondstoffen en brandstoffen, broeikaseneffect, ozonlaagaantasting, verzuring en vermesting worden door alle milieu-instrumenten berekend. De rekeninstrumenten verschillen onderling wat betreft: smogvorming, humane en ecotoxiciteit, hinder en landschapsaantasting. Tevens worden in het TWIN-model en GreenCalc naast milieueffecten ook enkele milieu-ingrepen, zoals zware metalen en pesticiden, direct berekend, deze worden echter in beide rekeninstrumenten effectcriteria genoemd. Deze milieu-ingrepen worden normaal gesproken in de milieueffecten humane en ecotoxiciteit opgenomen. Energiegebruik en afval worden door alle milieu-instrumenten berekend. Zowel energiegebruik als afval veroorzaken verschillende milieueffecten. Gevaarlijk afval wordt alleen in Eco-Quantum gewaardeerd terwijl pesticiden, zware metalen en warmte door GreenCalc en het TWIN-model in milieucriteria zijn opgenomen. Naast een aantal milieucriteria berekent het TWIN-model ook een aantal gezondheidscriteria.

Straling wordt in geen van de milieu-instrumenten meegenomen. De reden die hiervoor bij het MMG gegeven wordt, is dat de SPN al straling berekend. Het materiaalgebonden milieuprofiel is op deze manier onvolledig. De SPN berekent alleen het stralingsniveau tijdens de gebruiksfase van een gebouw. De straling die tijdens het productieproces of de afvalfase vrijkomt wordt nu in geen enkel instrument berekend.



### 4.1.5 Dynamiek en status

De dynamiek van de rekeninstrumenten verschilt per instrument. Voor rekeninstrumenten die in het Bouwbesluit zijn of worden opgenomen, geldt dat nieuwe inzichten in wijzigingsbladen op worden genomen. In tabel 4.6 is aangegeven van welke rekeninstrumenten de normwaarden in het Bouwbesluit zijn opgenomen.

**Tabel 4.6: De wettelijke status van de verschillende rekeninstrumenten.**

<b>Instrument</b>	<b>Wettelijke status</b>
EPN	Bouwbesluit
EPL	Vrijwillig
OEI	Vrijwillig
VPL	Vrijwillig
SPN	Bouwbesluit
WPN	In de toekomst in Bouwbesluit
Boilsim	Vrijwillig
MMG	In de toekomst in Bouwbesluit
TWIN-model	Vrijwillig
GreenCalc	Vrijwillig
Eco-Quantum	Vrijwillig

Alleen de normwaarden uit de EPN en de SPN zijn tot nu toe opgenomen in het Bouwbesluit. In de toekomst zullen ook normwaarde voor de WPN en het MMG in het Bouwbesluit opgenomen worden. De andere instrumenten zijn hulpmiddelen voor de gebruiker waarbij geen sprake is van wettelijke verankering.

## 4.2 ENERGIEGEBRUIK EN REKENINSTRUMENTEN

In onderstaande paragraaf wordt ingegaan op de invloed die de verschillende rekeninstrumenten hebben op het berekende energiegebruik. In paragraaf 4.2.1 wordt gekeken welke energiebesparingsopties nu in de rekeninstrumenten aan bod komen. In paragraaf 4.2.2 wordt aan de hand van de verschillende stedenbouwkundige thema's gekeken welk aandeel van het energiegebruik door een instrument berekend worden.

### 4.2.1 Energiebesparingsopties die in de rekeninstrumenten aan bod komen

Om energie te besparen zijn verschillende maatregelen mogelijk. Dit zijn energiebesparende opties op zowel gebouw- als op wijkniveau. In bijlage 15 is een tabel opgenomen waarin een groot aantal energiebesparende opties is weergegeven die in de literatuur genoemd worden. (Stofberg et. al., 2000) (Kolkmeijer, 2000) (Waals van der et. al., 1999). Achter elke optie is aangegeven in welke rekeninstrumenten deze opties aan de orde komen. In deze paragraaf worden de belangrijkste energiebesparingsopties behandeld.

Maatregelen op wijkniveau komen minder goed in de rekeninstrumenten terug dan maatregelen op woningniveau. De maatregelen op wijkniveau zijn echter van groot belang voor een energiezuinige wijk. Energiebesparende opties op wijkniveau liggen namelijk vaak voor een lange periode vast. Opties als compact bouwen, noord-zuid verkaveling, olopende bebouwing van zuid naar noord en groenvoorziening worden in geen enkel instrument direct gewaardeerd. Ook in de EPL worden deze opties niet meegenomen, terwijl dat rekeninstrument gericht is op wijkniveau. In de EPN worden noord-zuid verkaveling en daglichttoetreding wel berekend, deze

kunnen dus indirect meegenomen worden in de EPL-berekening. In de EPL moeten dan voorwaarden geschept worden om deze maatregelen toe te kunnen passen door extra eisen te stellen aan maatregelen op gebouwniveau.

Actieve zonne-energie als het gebruik van PV-panelen en zonnecollectoren worden in de EPN aan de hand van een tabel met forfaitaire waarden gegeven. In GreenCalc kan een zonneboiler wel maar een PV-paneel niet direct gewaardeerd worden. Voor de energieopbrengst van een PV-paneel moet een correctie door de gebruiker zelf berekend en ingevoerd worden. Het voordeel van deze correctiepost is dat ook andere, nieuwe energiebesparende technieken die nog niet in de EPN en GreenCalc zijn opgenomen toch gewaardeerd kunnen worden.

In de VPL wordt eerst de verkeersinfrastructuur aangelegd. Hieruit ontstaat het verkavelingspatroon. De verkavelingsrichting is zoals gezegd voor het toepassen van zonne-energie belangrijk. Als door een energiezuinige verkeersstructuur een noord-zuid verkaveling niet meer mogelijk is dan gaat dat ten koste van energiebesparing voor passieve en actieve zonne-energie. De energiebesparing door passieve zonne-energie kan groter zijn dan de besparing door het toepassen van een goede verkeersinfrastructuur.

De invloed van begroeiing op het klimaat in de wijk of gebouwen wordt in geen enkel rekeninstrument gewaardeerd. De schaduwwerking van een boom wordt niet expliciet in de EPN genoemd. Wel komt beschaduwing door een opstakel aan de orde. Dit zou dus ook een boom kunnen zijn.

Alleen in het OEI-rekenmodel en in GreenCalc wordt het afnemen van groene stroom meegerekend. De EPL, EPN en Eco-Quantum berekenen dit echter niet. Bij Novem wordt gediscussieerd over het waarderen in de EPL van duurzame energie dat buiten de wijk wordt opgewekt. Dit kan bijvoorbeeld door groene-stroomcertificaten voor een lange tijd vast te leggen ( bron: Discussiedag Novem).

Het terugdringen van het energiegebruik kan onder andere door het beperken van de warmtevraag. Door goede isolatie van de gebouwschil en leidingen wordt de warmte vastgehouden. Deze maatregelen worden zowel in de EPN, Eco-Quantum en GreenCalc gewaardeerd. Een andere optie om het weglekken van warmte te beperken is compartimenteren (ruimtes van elkaar scheiden door middel van deuren en muren). In de EPN wordt alleen onderscheid gemaakt tussen een open trap in de woonkamer en een trap in een hal. Verder wordt deze optie in geen enkel instrument besproken.

Groene dakbedekking is geen optie die ingevoerd kan worden bij GreenCalc of Eco-Quantum. Begroeiing op het dak kan door het verdampingspotentieel in de zomer een bijdrage leveren aan het koel houden van een gebouw. Een nadeel van begroeiing op het dak is dat de draagconstructie sterker moet zijn. De warmte-isolatie van een begroeid dak is niet hoog, isoleren blijft dus noodzakelijk.

## **4.2.2 Aandeel energiegebruik per rekeninstrument**

In tabel 4.7 wordt per rekeninstrument aangegeven welk energiegebruik per thema berekend wordt. Per thema is een indicatie gegeven hoeveel procent van het energiegebruik het thema bijdraagt aan het totaal energiegebruik per gemiddeld Nederlands huishouden (Wentink, 2000). In bijlage 16 staat een uitgebreide uitleg van de gemaakte berekeningen voor tabel 4.7.

Het energiegebruik voor verwarming is opgesplitst in gas en elektriciteit. Dit geldt ook voor het energiegebruik voor het bereiden van warm water. Er is voor het elektriciteitsgebruik uitgegaan van een rendement van 40% van de centrale. Onder huishoudelijke apparaten wordt zowel

koken, witgoed, audioapparatuur en apparaten voor het reinigen van de woning verstaan. Het apparaatgebruik omvat 66% van het totaal elektriciteitsgebruik. Verlichting komt met 16% op de tweedeplaats.

77% van het totale gasverbruik van een huishouden wordt gebruikt voor verwarming. 19 % is voor het verwarmen van tapwater en 4% voor koken. Voor koken wordt 151 kWh elektriciteitgebruik.

Voor vervoer wordt 37,7 GJ gebruikt voor personenauto's. Hierbij is rekeninggehouden met de verschillende soorten brandstoffen en het aantal kilometers per soort auto. Maar 4,4 GJ energie per jaar wordt gebruikt door openbaar vervoer.

**Tabel 4.7: Het energiegebruik dat de rekeninstrumenten van de stedenbouwkundige thema's berekenen.**

Wijk	Gebouw	Invloed op energiegebruik	E P N	E P L	O E I	V P L	S P N	W P N	B S	M G	T W I N	G C	E Q	Energiegebruik per thema in % van totaal energiegebruik
Afvval		Transport												0,2
		Verwerking												-2,0
Bebouwing	Materiaal-gebruik	Infrastructuur												0,9
		Productie												5,8
		Onderhoud												
		Gebruik												
	Binnen-milieu	Ventilatie												0,6
		Verwarming												34,8
		Koeling												0,1
		Verlichting												3,1
		Apparaten												14,3
	Waterhuis-houding	Water-gebruik	Warmtapwater											11,1
Pompen													-	
Waterstand														-
Transport														0,5
Zuiveren														1,2
Groenvoor-ziening		Onderhoud											-	
		Verdamping <sup>1</sup>												-0,1
		Beschaduwing												-
Verkeer		Brandstof											26,9	
		Productie											0,0	
		Onderhoud												0,4

<sup>1</sup> Dit is de maximale besparing als gevolg van verminderde koeling  
Bron: (Wentink, 2000)

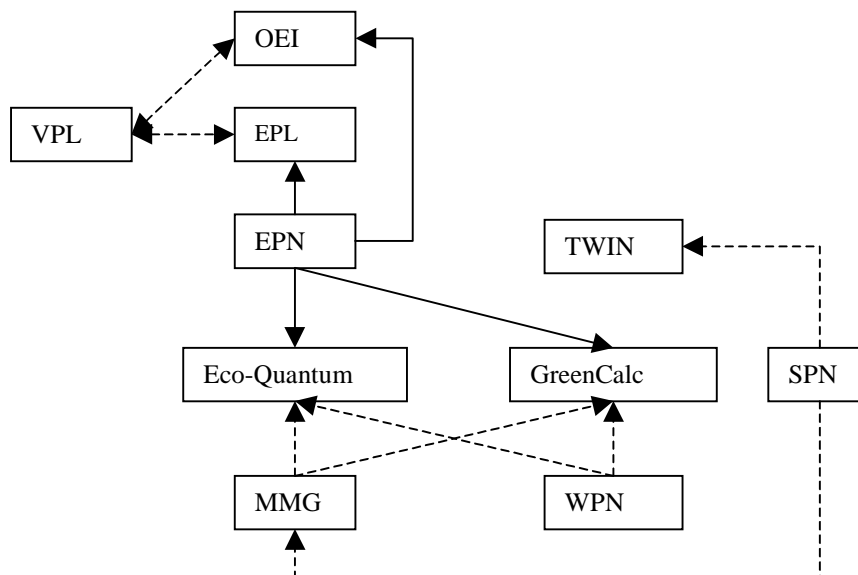
De groene vakjes geven aan welke energieaspecten de instrumenten berekenen. De oranje vakjes geven aan dat het rekeninstrument een indirecte relatie met energiegebruik heeft of maar een deel van het energiegebruik berekent. Vooral het aandeel energiegebruik van verwarming en verkeer vallen direct op.

Per huishouden wordt, als bovenstaande thema's meegerekend worden, gemiddeld 157 GJ energie per jaar gebruikt (Wentink, 2000). Als in een Energievisie alleen rekening gehouden wordt met de EPN, EPL en OEI dan wordt ongeveer 64% van het totale energiegebruik voorspeld. Als verkeer ook in de Energievisie opgenomen zou worden dan levert dat 27% extra informatie op.

### 4.3 KOPPELINGEN TUSSEN INSTRUMENTEN

Op dit moment maken zowel GreenCalc en Eco-Quantum gebruik van gegevens uit de EPN. In figuur 4.2 zijn bestaande koppelingen tussen instrumenten aangegeven met een ondoorbroken lijn. De stippellijnen geven koppelingen aan die eventueel gemaakt kunnen worden, maar er in de praktijk nog niet zijn.

**Figuur 4.2: Koppelingen tussen de verschillende instrumenten.**



Tussen het OEI-rekenmodel, EPL en VPL zit een relatie op energiegebied van infrastructurele utiliteitsfuncties. In de VPL worden fiets- en voetgangersroutes zo gebruiksvriendelijk mogelijk ontworpen; behalve korte routes en goede ontsluiting is het voor het gebruik van paden van belang dat deze aantrekkelijk en (sociaal) veilig zijn. Goede verlichting is daarbij noodzakelijk. In de EPL is verlichting echter als een forfaitaire waarde in de berekening opgenomen. Dus de effecten van extra verlichting in een wijk op het energiegebruik worden niet berekend.

Tussen de EPN en de EPL en het OEI-rekenmodel is een directe relatie. De EPL gebruikt de gegevens uit de EPN, deze zijn in een tabel gekoppeld aan forfaitaire rekenwaarden. In deze tabel is ook het energiegebruik van niet gebouwgebonden apparaten opgenomen. De maatregelen die effect hebben op de EPN hebben ook effect op de EPL maar niet altijd andersom.

Zowel in Eco-Quantum als in GreenCalc worden de  $Q_{\text{prim}}$  gegevens uit de EPN ingevoerd. Op het moment is er geen interactie tussen Eco-Quantum of GreenCalc met de EPN. In 2001 worden de EPN en Eco-Quantum waarschijnlijk gekoppeld. Het is op dit moment niet duidelijk hoe deze koppeling wordt vormgegeven. Tevens kunnen in de toekomst de WPN en het MMG met Eco-Quantum gekoppeld worden, om zo een volledig milieuprofiel te krijgen. Vooralsnog sluiten deze instrumenten niet op elkaar aan. Vooral op het gebied van allocatie en keuzen ten aanzien van systeemafbakening van de LCA zijn ze verschillend.

GreenCalc maakt in de watermodule al gebruik van de voorloper van de WPN. De WPN is ontworpen voor woningen en GreenCalc voor kantoren. Dit heeft tot gevolg dat de WPN minder inputvariabelen dan GreenCalc heeft; zo komt het bevochtigen van het gebouw niet in de WPN voor. Tevens berekent GreenCalc de invloed van huishoudwater in plaats van drinkwater op het

milieu. Ondanks dat Eco-Quantum voor woningen ontworpen is, gelden dezelfde problemen ten aanzien van de inputvariabelen.

Het MMG en GreenCalc passen niet goed in elkaar omdat GreenCalc al gebruik maakt van het TWIN-model. Het TWIN-model beschouwt andere milieueffecten dan het MMG. Het gebruik van gegevens uit het MMG voor Eco-Quantum ligt meer voor de hand.

Systemen waarbij water uit de omgeving voor huishoudens gebruikt wordt, gebruiken energie. Met een rekenwaarde in de EPL in plaats van de huidige forfaitaire waarde zou het energiegebruik van deze utilitaire functie per wijk meegerekend kunnen worden. Als deze systemen van duurzame energie gebruik maken kan de waarde 0 ingevoerd worden. Op deze manier blijft het energiegebruik van het watersysteem inzichtelijk. De koppeling met de WPN is hiervoor ongeschikt omdat de WPN alleen het watergebruik berekent en geen onderscheid maakt tussen drinkwater en huishoudwater.

De milieuprestatie van infrastructuur wordt in geen enkel instrument berekend. Terwijl een groot deel van het oppervlak van een woonwijk door infrastructuur bedekt is. Het materiaal gebruik van wegen en paden is hierbij waarschijnlijk de grootste post, maar ook het onderhoud van de infrastructuur kost energie.

#### 4.4 RELATIES REKENINSTRUMENTEN

Een onderscheid kan gemaakt worden tussen rekeninstrumenten die de milieubelasting berekenen en rekeninstrumenten die waarden met betrekking tot een onderwerp berekenen. De eerste zijn Eco-Quantum, GreenCalc, MMG en het TWIN-model. Deze nemen de gehele levenscyclus van producten mee en berekenen tevens een groot aantal milieueffecten. De tweede groep bestaat uit EPN, EPL, VPL, SPN, WPN en Boilsim. Deze instrumenten beoordelen een waarde per thema. Bij energie is dit vaak in relatie tot de uitstoot van het broeikasgas CO<sub>2</sub>.

De kenmerken van de verschillende rekeninstrumenten sluiten niet op elkaar aan. De rekeninstrumenten hebben allemaal een andere eindparameter. Ondanks dat de achterliggende dimensie van de energieberekeningen MJ/jaar is, kunnen deze toch niet met elkaar vergeleken of opgeteld worden. De inputvariabelen waarover de berekeningen gemaakt worden zijn per instrument verschillend. Zo berekent de EPL en het OEI wel het energiegebruik van huishoudelijke apparaten en de EPN niet.

Voor het berekenen van het totale energiegebruik zijn niet voor alle stedenbouwkundige thema's uit dit onderzoek rekeninstrumenten beschikbaar. Tevens berekenen sommige instrumenten helemaal geen energiegebruik, zoals de WPN en de SPN. Als de rekeninstrumenten goed op elkaar aan zouden sluiten dan zou in een Energievisie met de EPN, OEI-rekenmodel en de VPL ongeveer 90% van het energiegebruik van de besproken thema's berekend kunnen worden. Als het energiegebruik van materialen en water met Eco-Quantum of Greencalc ook berekend wordt dan zou dat zelfs een 98% van het energiegebruik dekken.

Voor het berekenen van deze 98% van het energiegebruik is het belangrijk dat instrumenten op elkaar aansluiten. Zo worden de uitkomsten van de EPN als input gebruikt in andere instrumenten. De relatie tussen de EPN en Eco-Quantum en tussen EPN en GreenCalc is wederkerig, maar er is nog geen koppeling tussen de EPN en deze instrumenten. Een koppeling tussen het MMG met Eco-Quantum en GreenCalc zou ook kunnen, maar dan moeten wel eerst de milieuprofielen gelijk getrokken worden. Een verandering in het ene instrument kan gevolgen hebben voor de uitkomst van een ander instrument. De instrumenten sluiten echter vaak zo slecht aan dat een koppeling nu nog niet mogelijk is.

In het volgende hoofdstuk wordt aan de hand van Eco-Quantum en enkele energievisies gekeken of het mogelijk is het energiegebruik van materialen te berekenen.

## 5 CASESTUDIE ENERGIEVISIE

In dit hoofdstuk wordt geprobeerd op de volgende vragen antwoord te geven:

- Welke stedenbouwkundige thema's worden in de huidige Energievisies meegenomen?
- Kunnen bestaande rekeninstrumenten bijdragen aan beter inzicht van het totale energiegebruik van een woonwijk?

Voor de tweede vraag is in paragraaf 5.1 met Eco-Quantum berekend wat het aandeel energiegebruik van materiaalgebruik, de gebruiksfase en watergebruik van een woning is. Om de EPC-waarde te verlagen zijn twee maatregelen voor drie Novem referentiewoningen doorgerekend: beter isoleren en het toepassen van een PV-systeem. Het doel van deze berekening is deze naast de in paragraaf 5.2 besproken Energievisies te leggen om zo de invloed van materiaalgebruik op het energiegebruik in te schatten.

In paragraaf 5.2 worden de Energievisies van de gemeente Emmen, Nieuwegein en Haarlem samengevat en besproken. Hierbij wordt gekeken of de, in de Energievisie, beoogde doelstellingen met de voorgestelde maatregelen gehaald zullen worden. Tevens wordt gekeken of de berekening uit Eco-Quantum bijdraagt aan een vollediger beeld van het energiegebruik. Behalve het energiegebruik van materialen wordt ook gekeken of het energiegebruik van verkeer invloed heeft.

Het hoofdstuk wordt afgesloten met een conclusie over de volledigheid van deze Energievisies.

### 5.1 BEREKENING ENERGIEGEBRUIK VAN WONINGEN.

In deze paragraaf is gekeken of het energiegebruik van materialen met behulp van Eco-Quantum berekend kan worden. Er is voor Eco-Quantum gekozen omdat dit rekenprogramma het energiegebruik van woningen berekend en al enkele voorbeeldberekeningen heeft opgenomen voor Novem referentiewoningen. In het kader van dit onderzoek is het niet mogelijk om een VPL over de wijken uit de Energievisies uit te voeren. Daarvoor is de VPL een veel te specialistisch en uitgebreid instrument. Over de invloed van groenvoorziening en afval verwijdering is niets te berekenen aangezien hiervoor nog geen instrumenten zijn.

Met behulp van het EPN-rekenprogramma NPR 5129 en Eco-Quantum zijn aan de hand van Novem referentiewoningen berekeningen gemaakt met betrekking tot het energiegebruik. Bij de berekeningen is uitgegaan van Novem referentie: tuinkamer tussenwoning, tuinkamer kopwoning en twee-onder-één-kapwoning. De EPC voor deze woningen is respectievelijk 0,89, 1,0 en 0,99. Alle woningen zijn aangesloten op het gas en elektriciteitsnet, voorzien van een combiketel en een warmte-terugwin-ventilatiesysteem (WTW) en hebben een isolatiewaarde met een  $R_c$  van 3,0. Deze gegevens zijn zowel in de NPR 5129 als in de Eco-Quantum ingevoerd.

In Eco-quantum wordt alleen het directe energiegebruik van gebouwgebonden apparaten meegenomen. Tevens wordt het energiegebruik van materiaalgebruik en watergebruik berekend. Het aandeel energiegebruik voor de productie van materialen is in verhouding tot het energiegebruik van de woning tijdens de gebruiksfase gering, namelijk rond de 13%. Het aandeel energie dat nodig is voor het aanvoeren en zuiveren van drinkwater is met 3% veel kleiner.

Om het energiegebruik te verlagen kunnen verschillende maatregelen genomen worden. Voor de vergelijking is om de EPC-waarde te verlagen eerst gerekend met een isolatiewaarde met een

$R_c$  van 4,0 voor de muren, dak en vloer. Bij de volgende berekening zijn in plaats van extra isolatie de referentiewoningen met 4 m<sup>2</sup> PV-panelen uitgerust<sup>5</sup>. Deze zijn op het zuiden gericht met een hellingshoek van 37° en hebben per m<sup>2</sup> een piekvermogen van 105 W. De EPC-waarden zijn in het rekenprogramma van de EPN uitgerekend en vervolgens zijn de  $Q_{prim}$ -waarden in Eco-Quantum ingevoerd. De  $R_c$ -waarden van isolatie zijn ingevoerd in verschillende referentiewoningen en het energiegebruik is vervolgens in Eco-Quantum berekend. De berekening van het energiegebruik van PV-panelen is niet in de Eco-Quantum uitgevoerd maar aan de hand van gegevens van een studie van (Alsema, 2000). Dit is gedaan omdat de gegevens in Eco-Quantum betreffende PV-panelen verouderd zijn en er met een levensduur van 15 jaar gerekend wordt. Dit leverde vertekende resultaten op waarbij het meer dan 10 jaar zal duren voordat het energiegebruik dat nodig was om de PV-panelen te fabriceren teruggewonnen is. Volgens Alsema (2000) gaan PV-panelen 30 jaar mee en duurt het in Nederland ongeveer 7 jaar voordat het energiegebruik terugverdiend is. De resultaten van niet-hernieuwbare energiegebruik van de drie woningen met de verschillende EPC-waarden staan in tabel 5.1.

**Tabel 5.1: Niet-hernieuwbare energiegebruik van drie Novem referentiewoningen met verschillende EPC-waarden in MJ/m<sup>2</sup> gebruiksoppervlak<sup>1</sup> per jaar berekend met Eco-Quantum.**

	<b>Materiaal- gebruik</b>	<b>Energie- gebruik</b>	<b>Water- gebruik</b>	<b>Totaal</b>
<b>Tuinkamer tussenwoning</b>				
EPC 0,98, referentie	64,39	407,31	16,58	488,28
EPC 0,94, $R_c$ 4,0	64,99	387,42	16,58	468,99
EPC 0,92, PV-panelen	70,97	381,55	16,58	469,10
<b>Tuinkamer kopwoning</b>				
EPC 1,00, referentie	71,72	448,15	17,30	537,17
EPC 0,94, $R_c$ 4,0	72,43	418,46	17,30	508,19
EPC 0,95, PV-panelen	78,30	422,40	17,30	518,00
<b>Twee-onder-één-kap</b>				
EPC 0,99, referentie	68,45	438,93	20,80	528,18
EPC 0,93, $R_c$ 4,0	69,13	410,64	20,80	500,57
EPC 0,94, PV-panelen	73,93	417,47	20,80	512,20

1: De tuinkamer woningen hebben elk een oppervlakte van 111,4 m<sup>2</sup> en de twee-onder-één-kap woning heeft een oppervlakte van 133,7 m<sup>2</sup>.

In totaal is het energiegebruik ongeveer 54,39 GJ per jaar per woning.

Het is duidelijk te zien dat extra isolatie en het toepassen van PV-panelen een gunstige invloed hebben op het niet-hernieuwbare energiegebruik van een woning. Het aandeel extra energiegebruik voor materialen bij extra isolatie neemt nauwelijks toe. Het aandeel extra energiegebruik van materialen bij het plaatsen van 4 m<sup>2</sup> PV-panelen neemt wel behoorlijk toe. Om de EPC te laten dalen is het gunstiger extra te isoleren dan om PV-panelen toe te passen. Isolatie kent echter een optimum die rond een  $R_c$  van 4.0 ligt, omdat het toepassen ervan de inhoud van de woning kan verkleinen (mondelinge communicatie F. Ligthart). Indien men de EPC nog verder wil verlagen kan gekozen worden voor het toepassen van PV-panelen. Natuurlijk zijn er ook andere mogelijkheden dan gevelisolatie om het warmteverlies te beperken, zoals kierdichting, en het toepassen van HR-glas in ramen. Zie tabel B 15.1 voor verschillende energiebesparingsopties.

<sup>5</sup> De vergelijking van extra isolatie waarbij energie bespaard wordt en PV-panelen waarbij energie opgewekt wordt, is enigszins discutabel. Toch is voor deze vergelijking gekozen omdat beide maatregelen de EPC verlagen.



## 5.2 ENERGIEVISIES

In deze paragraaf worden enkele Energievisies onder de loep genomen. De volgende Energievisies zijn bekeken;

- Energievisie Emmen Delftlanden door W/E adviseurs duurzaam bouwen in opdracht van de gemeente Emmen (paragraaf 5.2.1).
- Energievisie Blokhoeve door Ecofys in opdracht van de gemeente Nieuwegein (paragraaf 5.2.2).
- Energievisie Schalkwijk 2000<sup>+</sup> door ECN in opdracht van de gemeente Haarlem (paragraaf 5.2.3).

Van elk van de Energievisies wordt een korte samenvatting gegeven. Per Energievisie wordt gekeken in hoeverre al rekening wordt gehouden met het energiegebruik van andere stedenbouwkundige thema's. Vervolgens wordt aan de hand van de berekening met Eco-Quantum uit paragraaf 5.1 geprobeerd de invloed van materiaalgebruik op de betreffende Energievisies vast te stellen. Voor Schalkwijk is ook een VPL-studie uitgevoerd, de invloed van deze studie op het energiegebruik wordt ook besproken.

### 5.2.1 Emmen Delftlanden

#### Samenvatting

Delftlanden is een nieuwbouwwijk die voor het grootste gedeelte uit vrijstaande huizen en twee onder een kap woningen gaat bestaan. Vanaf 2001 zullen in tien a vijftien jaar ca. 3700 woningen gebouwd worden. In de eerste fase tot 2005 zullen ongeveer 1500 woningen gerealiseerd worden. Het bouwproces is in 3 fasen opgedeeld. In tabel 5.2 staat wanneer welke woningen gebouwd zullen worden.

**Tabel 5.2 Aantal woningen per type in de Energievisie Delftlanden.**

	Fase I	Fase II	Fase III
Villa/ twee-onder-1-kap	724	641	57
Villa vrijstaand	724	641	57
Rijwoningen	0	0	525
Portiek/ galerij woningen	76	68	162
totaal	1524	1350	811

Bron: (Vrins en Kosteman, 1999)

Met betrekking tot deze Energievisie zijn de volgende studiedoelen gehanteerd;

- EPL is 7,0
- EPC 10% lager dan de wettelijke norm
- Energievoorziening is technisch haalbaar
- Energievoorziening is bedrijfszeker
- Energievoorziening moet een rendabele investering voor energielevering zijn

Deze doelen zijn gebaseerd op de afspraken en doelstellingen van de gemeente Emmen. Eén van die afspraken is het Klimaatverbond dat de gemeente Emmen heeft ondertekend waarin is vastgelegd dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot in 2010 met 50% gereduceerd moet zijn ten opzichte van 1990.

Uitgegaan wordt van een EPC van 0,9 voor de eerste fase en een aanscherping van de EPC in de volgende fasen conform de wet, waarbij de EPC 10% onder de dan geldende norm in het Bouwbesluit moet zijn. Kleinschalige experimenten met lagere EPC zijn mogelijk. Gas en elektriciteit zijn de energiedragers die in de wijk gehanteerd worden. Het toepassen van isolatie

wordt genoemd als een van de belangrijkste maatregelen om energie te besparen. De mogelijkheid voor het toepassen van actieve zonne-energie staat open.

In de Energievisie worden verschillende maatregelpakketten voorgesteld. Deze zijn vervolgens voor de kosten doorgerekend. Deze pakketten zijn: autonome aanscherping EPC, beperkte warmtelevering door miniwarmtepompen en “all electric” met miniwarmtepompen. Vervolgens is de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor al deze maatregelen doorgerekend, hierbij is de referentiewaarde een woning met een EPC van 1,0 aangesloten op gas en elektriciteit. Het blijkt dat de “all electric” variant de meeste CO<sub>2</sub>-besparing oplevert. De voorgestelde maatregelen zorgen er niet voor dat een EPL van 7,0 gehaald wordt. De ‘all electric’ variant komt bij de berekening het gunstigst uit de bus met een EPL van 6,84. Met het verrekenen van 1000 kWh groene stroom per woning voor 15 jaar in de grondprijs kan de EPL nog wel verhoogd worden tot 7,27. In de Energievisie wordt de optie om biogas uit GFT-afval te halen verworpen aangezien gemeente Emmen een overeenkomst heeft met de afvalverwerkingsinstallatie in Wijster.

### **Reactie**

Als het meest gunstige pakket van maatregelen wordt toegepast dan kan volgens de Energievisie een CO<sub>2</sub>-besparing van 32% gehaald worden ten opzichte van 1990. Dit voldoet niet aan de doelstellingen die de gemeente Emmen vastgesteld heeft.

Het besparen van energiegebruik op autoverkeer zou een ander middel kunnen zijn om deze doelstelling met betrekking tot de CO<sub>2</sub>-reductie te bewerkstelligen. In de Energievisie wordt erop gewezen dat de verkeersontsluiting als eerste wordt ontworpen, hieruit volgt vervolgens de verkavelingrichting. De gemeente streeft naar 70% noord-zuid verkaveling. Verder wordt in de Energievisie niet op de verkeersstructuur ingegaan.

Door de ruime opzet van de wijk kan het zijn dat de winkels en andere utiliteitsfuncties verder weg liggen van de woning. Een goede fiets- en wandelinfrastructuur is belangrijk voor de ontsluiting van deze functies. In de structuurschets is duidelijk te zien dat aan bushaltes en fietspaden gedacht is, maar de energiebesparing die dit op kan leveren wordt niet berekend. De VPL had als hulpmiddel gebruikt kunnen worden bij het ontwikkelen van een goede fiets- en voetgangers verkeersinfrastructuur. Helaas is het in het kader van dit onderzoek niet mogelijk zelf een VPL uit te voeren en een inschatting te doen.

De wijk krijgt een groen karakter. Dit staat niet in de Energievisie maar in de structuurvisie. In het noordelijke gedeelte worden bestaande boomwallen gehandhaafd en sluit de wijk aan op het bos dat daar ligt. In de Energievisie staat niet dat bij de verkaveling en toepassen van actieve zonne-energie met deze boomrijke omgeving rekening gehouden moet worden. Beschaduwning van zonne-energiesystemen kan problemen opleveren. Over het algemeen zijn de groenstroken echter noord-zuid gericht, dus met de hoofdverkaveling mee, waardoor geen problemen zullen ontstaan. De veelal vrijstaande en twee onder een kap woningen hebben een eigen tuin. Over de begroeiing hiervan kan echter geen voorspelling gedaan worden. Bewoners zullen goed voorgelicht moeten worden over de toegepaste zonne-energiesystemen.

Het toepassen van extra isolatie is een van de belangrijkste maatregelen om de EPC te verlagen. Dit heeft zijn weerslag op het materiaalgebruik, zeker omdat het een groot aantal vrijstaande en twee-onder-één-kap woningen betreft. Zoals in paragraaf 5.1 te zien is levert dit niet veel extra energiegebruik door materialen op. In de eerste fase zullen 724 twee-onder-één-kap woningen gebouwd worden. Bij de volgende berekeningen is aangenomen dat dit allemaal referentiewoningen zijn. Dit houdt in dat het totale energiegebruik van de referentie twee-onder-één-kap woningen 51,13 TJ per jaar bedraagt. In Delftlanden wordt de voorkeur aan isolatie gegeven om de energievraag te beperken. Als de woningen extra isolatie krijgen met een R<sub>c</sub> van 4,0 dan levert dit een energiebesparing tijdens de gebruiksfase van 3782 MJ per woning per jaar op. Het totaal energiegebruik daalt met 3692 MJ per twee-onder-één-kap per woning terwijl het

extra energiegebruik voor de extra isolatie met 90 MJ per woning stijgt. Dit is 2,5% van de totale niet vernieuwbare energiebesparing.

## 5.2.2 Energievisie Blokhoeve

### Samenvatting

In Nieuwegein wordt tussen 2001-2004 de wijk Blokhoeve gebouwd. Deze wijk zal 700 nieuwbouwwoningen en 50 000 m<sup>2</sup> vloeroppervlak kantoren krijgen. Hoe de verhouding tussen de verschillende soorten woningen ligt staat in tabel 5.3. De streefwaarde voor het energiegebruik ligt 25% lager dan de wettelijke grenswaarden. Dit houdt in dat voor woningbouw gestreefd wordt naar een EPC van 0,7 en een 1,3 voor kantoren. Tevens wordt gestreefd naar het toepassen van 10% tot 20% duurzame energie.

**Tabel 5.3: Aantal en soorten woningen per deel locatie in Blokhoeve.**

	Type woning	Aantal	Streef EPC
Lamellen	Galerijwoning	42	0,7
(noord)	Tussenwoning	295	0,7
Eiland	Galerijwoning	20	1,0
(Midden)	Vrijstaand	75	1,0
Blok	Galerijwoning	140	0,8
(Zuid)	Tussenwoning	127	0,8
	Totaal	700	

Bron: (Mooij et. al., 1999)

Voor de deelgebieden in Blokhoeve zijn verschillende pakketten met energiemaatregelen samengesteld. Uit deze voorgestelde pakketten of mixen hiervan zal de gemeente Nieuwegein een keuze moeten maken. In deze Energievisie wordt in het geheel niet gesproken over andere stedenbouwkundige thema's.

### Reactie

Omdat de wijk bestaat uit verschillende soorten bebouwing kan de verkeersinfrastructuur een hulpmiddel zijn bij de energiebesparing in het verkeer. De wijk zal voor een groot deel van zijn voorzieningen afhankelijk zijn van Utrecht en Nieuwegein. Omdat de sneltram tussen Centrum Utrecht en Nieuwegein langs de wijk rijdt kan dit mogelijkheden bieden voor een goede openbaarvervoer ontsluiting. De wijk wordt echter ook aan twee kanten ontsloten door een goede auto infrastructuur.

Met behulp van de VPL zou over de energiebesparingsmogelijkheden van verkeer een uitspraak gedaan kunnen worden. Voor zover bekend is geen VPL uitgevoerd. Omdat Blokhoeve niet alleen uit woningen bestaat is het nu niet mogelijk aan te geven wat de resultaten van een eventuele VPL-studie zouden zijn. Uit het rapport van Klimbie (1999) blijkt dat een besparing van 4-14% mogelijk is, met een gemiddelde van 6%. In totaal zal in Blokhoeve voor vervoer 31,5 TJ energie gebruikt worden<sup>6</sup>. Als in Blokhoeve 6% energie bespaard wordt voor mobiliteit dan levert dat een energiebesparing van 1890 GJ per jaar op. Dit is equivalent aan 135 ton CO<sub>2</sub>-uitstoot<sup>7</sup>.

Het middelste gedeelte van de wijk zal het groenste gedeelte zijn. Hier komen namelijk vrijstaande woningen met privé-tuinen. In het noordelijke gedeelte worden voornamelijk eengezinswoningen gebouwd. Hiertussen is echter minder ruimte voor groen gerealiseerd. Wel

<sup>6</sup> In het rapport van Klimbie (1999) wordt aangenomen dat het energiegebruik van vervoer gemiddeld 45 GJ per huishouden per jaar bedraagt. In de berekening van Wentink (2000) bedraagt dit 42 GJ per jaar per huishouden.

<sup>7</sup> In zowel (Waals van der et. al., 1999) en (Klimbie, 1999) wordt het energiegebruik door een factor 14 gedeeld om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te berekenen.

kunnen bomen in de weg staan omdat de woningen noord-zuid verkaveld zijn. Het zuidelijkste gedeelte waar de meeste kantoren gebouwd zullen worden bevat nog het minste groen. Hier bestaat het voornamelijk uit bomen langs de wegen en boven parkeerterreinen. Doordat de bomen boven het verharde oppervlak komen zal dit een gunstig effect op het microklimaat hebben. Het effect van de begroeiing op het microklimaat zou onderzocht moeten worden.

### **5.2.3 Energievisie Schalkwijk 2000<sup>+</sup>**

#### **Samenvatting**

Naar aanleiding van het uitvoeringsplan Schalkwijk 2000+ is een Energievisie geschreven. Schalkwijk is een wijk uit de jaren zestig dat aan herstructurering en renovatie toe is. De oude wijk bestaat voornamelijk uit gestapelde woningbouw en kantoren. Er is behoefte aan een gedifferentieerder huizenaanbod en daarom zal ook nieuwbouw plaats vinden. In het centrumgebied zal de helft van de 100 000 m<sup>2</sup> grondoppervlak straks bebouwd zijn met:

60 000 m<sup>2</sup> kantoren

60 000 m<sup>2</sup> woningen

10 000 m<sup>2</sup> winkels

Dit houdt in dat er veel gestapelde bouw in de wijk blijft bestaan. De overige 50 000 m<sup>2</sup> bestaat uit bestrating, wegen, pleinen en groen. De parkeergarages zullen ondergronds aangelegd worden. Hoeveel woningen en kantoren er gebouwd en gerenoveerd zullen worden is niet uit de Energievisie te halen.

De streefwaarde is het huidige energiegebruikniveau te handhaven. Dit houdt in dat uitbreiding geen extra energiegebruik met zich mee mag brengen. Bij renovatie kan door isolerende maatregelen het energiegebruik worden gehalveerd. Dus moet in gelijke tred met de nieuwbouw een dubbel aantal woningen worden gerenoveerd.

In de Energievisie wordt voor nieuwbouwwoningen uitgegaan van een EPC van 1,0 omdat de eerste woningen na 2000 gebouwd zullen worden. Tevens worden voorstellen gedaan voor maatregelpakketten om een EPC van 0,8 en 0,6 te halen. In een tabel staan verschillende mogelijkheden zoals: het toepassen van warmte-terugwin-ventilatie, goed isoleren van deuren en ramen en het plaatsen van een zonnecollector op het dak. Naast verschillende voorstellen op het gebied van energiebesparing in gebouwen is ook aandacht besteed aan het microklimaat in de wijk en het energiegebruik door verkeer.

Het 'Urban Heat Island' effect en een aantal mogelijke maatregelen om dat te voorkomen, zoals groene dakbedekking, worden behandeld. Het resultaat van deze maatregelen zou kunnen zijn dat op warme zomerdagen de piektemperaturen van de buitenlucht in het kantorencentrum van Schalkwijk enkele graden lager wordt. Bij conventionele koeling (airconditioning) kan dit per graad een reductie van meer dan 10% van de koelenergie van gebouwen opleveren.

#### **Reactie op de voor Schalkwijk uitgevoerde VPL**

Samen met Novem is voor Schalkwijk een VPL uitgevoerd. In de Energievisie wordt niet direct gesproken over het gebruik van de VPL. Wel worden verschillende maatregelen genoemd om het energiegebruik van verkeer en vervoer te verlagen.

Deze VPL is gebaseerd op de kritiek die was geleverd op het originele uitvoeringsplan 2000<sup>+</sup>. Hierin werd voorgesteld de Amerikaweg op te heffen. De Amerikaweg en de Europaweg zijn twee drukke verkeersaders die door Schalkwijk lopen. Beide vormen barrières tussen verschillende buurten. Maar uit de kritiek bleek dat men deze wegen klaarblijkelijk toch wilde behouden. Uit de VPL-berekening bleek dat het uitvoeringsplan een betere score opleverde dan de nieuwe varianten (zie tabel 5.4). Uiteindelijk is gekozen voor variant A omdat deze wel een belangrijke vermindering van het aantal autoritten opleverde, hetgeen in de directe woonomgeving voor een vermindering van verkeersoverlast zorgt.

**Tabel 5.4: Energie-index Schalkwijk Amerikaweg-Europaweg.**

Variant		VPL-waarde MJ/ huishoudens	Index
0	Toekomstige situatie met behoud van huidige verkeersstructuur (referentievariant)	75	100
00	Toekomstige situatie met behoud van huidige hoofdwegenstructuur, maar met autoluwe inrichting van de diverse wijken.	76	101
000	Voorgestelde situatie in Uitvoeringsplan 2000 <sup>+</sup>	68	90
A	Amerikaweg bovengronds, maar versmald tot één rijbaan met in beide rijrichtingen één rijstrook.	75	100
B	Amerikaweg in tunnelbak vanaf Schipholweg tot Aziëweg	71	95
C	Amerikaweg in een tunnelbak en doorgetrokken onder het centrum door naar de Europaweg. De Europaweg draait af richting Aziëweg en kruist door de ondertunnelde Amerikaweg.	70	93

Bron: (Kolkmeijer, 2000) en (Klimbie, 1999)

### 5.3 INSCHATTING VOLLEDIGHEID ENERGIEVISIES

Uit de drie Energievisies die bekeken zijn blijkt dat weinig naar de energie-effecten van andere stedenbouwkundige thema's wordt gekeken. In de beoordeelde Energievisies is vooral gebruik gemaakt van rekeninstrumenten die het energiegebruik berekenen. Volgens tabel 4.7 wordt met deze rekeninstrumenten 64% van het totale energiegebruik berekend.

Verkeer en groenvoorziening worden wel in de Energievisie van Schalkwijk genoemd, maar er worden geen berekeningen gedaan. Voor schalkwijk is echter wel een VPL-berekening uitgevoerd. Hieruit blijkt dat de VPL een hulpmiddel kan zijn bij het berekenen van energiebesparende maatregelen voor verkeer. Wordt de energiebesparing van het verkeer ook berekend dan wordt volgens tabel 4.7 90% van het energiegebruik van een woonwijk gedekt.

Met Eco-Quantum is het niet-vernieuwbare energiegebruik van materiaal-, water- en directe energiegebruik van Novem referentiewoningen berekend. Het energiegebruik voor materialen bedraagt met berekeningen uit Eco-Quantum ongeveer 13%. Maar Eco-Quantum rekent het elektriciteitsverbruik van huishoudelijke apparaten niet mee. Het energiegebruik van deze apparaten bedraagt (volgens tabel 4.7) 14%. Zou dit wel meegerekend worden dan nam het aandeel energiegebruik van materialen in verhouding af. Het berekenen van materiaalgebruik met behulp van Eco-Quantum is niet echt zinnig omdat al van een gebouwmodellering moet worden uitgegaan. Maar bij het opstellen van een Energievisie zijn nog te weinig details over de te bouwen woningen bekend.

Worden in de toekomst echter vergaande maatregelen getroffen om het directe energiegebruik van een woning te verlagen dan stijgt het aandeel energiegebruik van materialen. Deze stijging is niet evenredig met de afname van het directe energiegebruik, het hangt namelijk van de maatregel af in hoeverre het energiegebruik van materialen toeneemt. Het kan in de toekomst van belang zijn het energiegebruik van materialen wel te berekenen. Eco-Quantum is op dit moment daar niet het geschikt instrument voor.



## 6 CONCLUSIES

In dit onderzoek is ingegaan op de vraag;

*Wat is de invloed van de verschillende stedenbouwkundige thema's: materiaalgebruik, waterhuishouding, groenvoorziening, verkeer, afvalverwijdering en binnenmilieu, op het totaal te verwachten energiegebruik van een nieuwbouwwijk en hoe kan dit energiegebruik berekend worden?*

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag zijn eerst de energiegerelateerde aspecten van de verschillende stedenbouwkundige thema's geïnventariseerd. Het energiegebruik van verkeer blijkt een belangrijke rol te spelen in nieuwbouwwijken. Het directe energiegebruik door autoverkeer bedraagt ongeveer 40% van het totale directe energiegebruik van een modaal huishouden in een nieuwbouwwijk. Het binnenmilieu draagt ook voor een groot deel bij aan het energiegebruik. Verwarming en ventilatie nemen 25% van het energiegebruik voor hun rekening. Materiaalgebruik, vooral isolatie, draagt voor een groot deel bij aan energiebesparing voor verwarming. Het energiegebruik voor drinkwater zit vooral in het verwarmen van tapwater. De invloed van groenvoorziening op het microklimaat van een wijk is bewezen, maar hoeveel dit uitmaakt op het totale energiegebruik van gebouwen is niet eenduidig vast te stellen. Bij groenvoorziening moet in de gaten gehouden worden dat bomen schaduw kunnen werpen op bijvoorbeeld PV-panelen en zo het rendement van de panelen aanzienlijk verlagen. Afvalverwijdering is van belang omdat bij het verbranden ervan elektriciteit en warmte wordt gewonnen.

Zowel door de overheid als door private instellingen zijn verschillende rekeninstrumenten ontworpen die helpen bij het voorspellen van het toekomstige energiegebruik in nieuwbouwwijken. Dit zijn de EnergiePrestatieNorm (EPN), EnergiePrestatie op Locatie (EPL) en Optimale Energie-Infrastructuur (OEI). Behalve op energiegebied zijn ook instrumenten op het gebied van milieu, of andere specifieke onderwerpen die voor een woonwijk van belang zijn, ontwikkeld. Zo is de StralingsPrestatieNorm (SPN) voor het berekenen van het stralingsniveau in een woning en de WaterPrestatieNorm (WPN) voor het berekenen van de hoeveelheid watergebruik ontwikkeld. Voor het berekenen van energiebesparing van mobiliteit is de VerkeersPrestatie op Locatie (VPL) ontwikkeld. Dit is behalve een reken- ook een ruimtelijke ordeningsinstrument.

Voor het in kaart brengen van verschillende milieueffecten van bouwmaterialen zijn het TWIN-model en het Materiaalgebonden Milieuprofiel voor Gebouwen (MMG) ontwikkeld. Voor het berekenen van de milieubelasting van gebouwen zijn Eco-Quantum en GreenCalc in gebruik. Eco-Quantum inventariseert de milieueffecten van woningen en GreenCalc voor kantoorgebouwen. Van deze rekeninstrumenten zijn voor de EPN en de SPN normwaarden in het Bouwbesluit opgenomen. Het MMG en de WPN zijn nog in ontwikkeling en zullen in de toekomst ook in het Bouwbesluit worden opgenomen.

Niet voor ieder stedenbouwkundig thema zijn rekeninstrumenten ontwikkeld. Op het gebied van afval en groenvoorziening ontbreken ze totaal. Voor het thema materiaalgebruik zijn geen rekeninstrumenten die de milieueffecten van infrastructuur berekenen bekend.

Maatregelen om energie te besparen die op wijkniveau genomen moeten worden, zijn minder goed in de rekeninstrumenten vertegenwoordigd dan maatregelen op woningniveau. Sommige van deze maatregelen worden wel in de EPN gewaardeerd en komen op die manier terug in de EPL en het OEI-rekenmodel. Maar andere, zoals oplopend bouwen op het zuiden, komen nergens aan de orde.

De EPL waardeert niet alle soorten duurzame energie. Het gebruik van groenestroomcertificaten en opwekking van duurzame elektriciteit buiten de wijk dat in de wijk gebruikt wordt, wordt niet gewaardeerd. Alleen het opwekken van warmte buiten de wijk dat aan een wijk geleverd wordt, wordt meegerekend in de EPL. Bij Novem is hierover dan ook discussie ontstaan en er wordt gezocht naar administratieve maatregelen om dit probleem op te lossen.

De verschillende rekeninstrumenten sluiten niet op elkaar aan. De eindparameters van de thema-instrumenten die het energiegebruik berekenen zijn erg verschillend. Alle rekeninstrumenten die het energiegebruik berekenen doen dit in MJ per jaar, maar omdat de inputvariabelen en de rekenmethodieken verschillend zijn kunnen deze waarden niet met elkaar vergeleken worden. De uitkomsten van de milieu-rekeninstrumenten kunnen ook niet met elkaar vergeleken worden. Ondanks dat al deze instrumenten op de LCA-methode gebaseerd zijn gebruiken ze verschillende soorten inputvariabelen en berekenen ze verschillende milieueffecten. Het TWIN-model maakt behalve van kwantitatieve gegevens ook gebruik van kwalitatieve gegevens. Het MMG maakt alleen gebruik van kwantitatieve gegevens.

EPL en OEI maken gebruik van de gegevens uit de EPN. In de EPL gebeurt dit doormiddel van een tabel met forfaitaire waarden. In het OEI-rekenmodel wordt door middel van de EPN-methode gezocht naar de juiste maatregelen om de gewenste EPC te bereiken. Hoewel de EPN-resultaten ingevoerd worden bij Eco-Quantum en GreenCalc, is de berekening niet gekoppeld. Dit houdt in dat, als veranderingen aangebracht worden in de materiaalmodule en deze zijn van invloed op het energiegebruik, de EPN opnieuw berekend moet worden.

Ondanks dat het verkeer een groot aandeel van het energiegebruik voor zijn rekening neemt, is geen koppeling mogelijk tussen de huidige energie-instrumenten en de VPL. De relatie tussen de VPL en EPL of het OEI-rekenmodel is het energiegebruik van straatverlichting. In de VPL wordt namelijk voor betere voet- en fietspaden gepleit. Deze moeten goed verlicht zijn om de sociale veiligheid te kunnen waarborgen. Openbare utilitaire functies, zoals straatverlichting, zijn als forfaitaire waarden opgenomen in de EPL en OEI.

Als de rekeninstrumenten goed op elkaar aan zouden sluiten dan wordt met de EPN, EPL, het OEI-rekenmodel en de VPL ongeveer 90% van het energiegebruik van de besproken stedenbouwkundige thema's berekend. Van de overige 10% wordt bijna 6% bepaald door het energiegebruik van materiaalgebruik. Maar vooralsnog is het niet raadzaam om Eco-Quantum te gebruiken voor het berekenen van dit energiegebruik. De rekenmethodiek sluit niet aan bij die van de EPN. De onderlinge relaties tussen de rekeninstrumenten moeten daarvoor eerst verder op elkaar afgestemd worden. Het is echter de vraag of het de moeite loont om op deze manier het energiegebruik te berekenen. Voor het gebruik van Eco-Quantum is namelijk een gedetailleerde gebouwomschrijving nodig en deze is bij het opstellen van een Energievisie nog niet beschikbaar.

Het loont niet de moeite om voor het resterende percentage energiegebruik rekeninstrumenten te ontwikkelen die het energiegebruik van deze stedenbouwkundige thema's berekent.



## LITERATUURLIJST

- Alsema, E. A. (2000), Energy pay-back time and CO<sub>2</sub>-emissions of PV-systems. In: Progress in Photovoltaics: Research and applications. John Wiley & Sons. Nr 8, p. 17-25.
- Boels, L. B. M. M., S. A. H. Moorman, F. J. Rooijers et. al. (1999), EPL; het energiebesparings-instrument bij de zorg voor een optimale energie-infrastructuur. DV1.1.102, Centrum voor energiebesparing en schone technologie: Delft.
- Costa, P. C. en R. W. James (1995), Constructieve toepassing van planten in kantoorgebouwen. South Bank University: Londen. <http://www.plants-for-people.org/onderzoek/constructieve.html>.
- CROW en VHB (1988), Bomen in straatprofielen; voorbeelden, groeiplaatsberekeningen. VNG: Den Haag.
- DGMR en Sureac (1998), GreenCalc: Rekenmodel duurzaam bouwen, milieubelasting beoordelen en vergelijken. DGMR raadgevende ingenieurs bv: Den Haag.
- DTO (1997), Water modellen van een duurzame waterketen. Ten Hagen en Stam bv: Den Haag.
- EnergieNed (1998), Basisonderzoek elektriciteitsverbruik kleinverbruikers, BEK 1998. ECO-97-465, EnergieNed: Arnhem.
- EnergieNed (1999), Energie in Nederland; Energy in the Netherlands. EnergieNed: Arnhem.
- Ewijk, H. van, E. W. Lindeijer en J. Uitzinger (1998), Energie-effecten van Ander Water systemen. IVAM Environmental research: Amsterdam.
- Goedkoop, M. en R. Spiensma (1999), The Eco-indicator 99: A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. PRé Consultants B.V.: Amersfoort.
- Goudappel Coffeng (1999), Verkeersprestatie op Locatie: Energieberekening, functioneel ontwerp. Goudappel Coffeng: Deventer.
- Guineé, J. B. (1998), Environmental life cycle assessment; Backgrounds, Draft. Centrum voor milieukunde Leiden: Leiden.
- Heijungs, R. (1992), Milieugerichte levenscyclusanalyses van producten; Handleiding & achtergronden. 9254, Centrum voor Milieukunde Leiden: Leiden.
- ISO (1997), Milieumanagement - Levenscyclusanalyse - principes en raamwerk (ISO 14040). Nederlands Normalisatie instituut: Delft.
- ISO (1998), Environmental management - Life cycle assessment - Goal and scope definition end inventory analysis. (ISO 14041). Nederlands Normalisatie instituut: Delft.
- ISO (2000a), Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment (ISO 14042). Nederlands Normalisatie instituut: Delft.
- ISO (2000b), Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle interpretation (ISO 14043). Nederlands Normalisatie instituut: Delft.

- Klimbie, B. (1999), Verkeersprestatie op locatie; Potentieelberekening voor VINEX- en herstructureringslocaties. 99.4684.017, Centrum voor energiebesparing en schone technologie: Delft.
- Kolkmeijer, M. (2000), VervoersPrestatie op locatie: Ruimtelijke ordening met effect. Dv.2.3.0159, Novem: Utrecht.
- Koot, M. (1999), Modeling boilers and water heaters. SAVE: Graz. <http://www.Boilsim.com>.
- Linden, K. van der, M. Spiekman, I. Gaalen et. al. (2000), GreenCalc: een calculatie- en communicatiemodel om milieubelasting van gebouwen meetbaar en vergelijkbaar te maken. DGMR raadgevende ingenieurs bv: Den Haag.
- Mak, J. P., D. Anink, J. G. M. Kortman et. al. (1999), Eco-Quantum: handleiding versie 1.00. Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting & Stichting Bouwresearch: Rotterdam.
- Mooij, M., L. Bader en C. A. M. Stap (1999), Energievisie Blokhoeve. E40069, Ecofys: Utrecht.
- Nahuis, R. (2000), Energieverslag Nederland, 1999. EVN 1999, Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN): Petten.
- Nationaal DuBo Centrum (2000), Vraag en antwoord, thema energie: Wat wordt bedoelt met een Energievisie? Nationaal DuBo Centrum: Rotterdam. <http://www.dubo-centrum.nl/>.
- Nederlands Normalisatie Instituut (1998), Energieprestatie van woningen en woongebouwen; bepalingsmethode, NEN 5128. Nederlands Normalisatie Instituut: Delft. <http://www.nen.nl>.
- Nederlands Normalisatie Instituut (2000), Waterprestatie van woningen: Bepalingsmethode, concept NEN 6922. Nederlands Normalisatie Instituut: Delft.
- Novem (1997), OEI-rekenmodel 1.0: Toelichting, handleiding en ABC. Novem: Utrecht.
- Novem (1999), Duurzaam bouwen met een stralingsprestatienorm: Om te behouden wat we hebben. Dv.3.5.0147,
- Novem (2000), Nieuwe EPC-eisen per januari 2000. <http://www.novem.nl/epn>.
- Pon, B. (2000), Heat island group. Berkeley University: Berkeley. <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland/HighTemps/>.
- Potz, H. en P. Bleuze (1998), Water in woon- en werkomgeving. Weka uitgeverij bv: Amsterdam.
- RIVM (1997), Nationale milieuverkenning 4: 1997-2020. Samsom H.D. Tjeenk-Willink bv: Alphen a/d Rijn.
- Rooijers, F. J., T. T. van de Werff, S. A. H. Moorman et. al. (1998), EPL- Energie Prestatie op Locatie; een nieuw energiebesparingsinstrument bij de keuze van een nieuwe energievoorziening. MilieuBoek: Delft.
- Rovers, R. (1998), Prestatienormen volop in ontwikkeling; nieuw straling en verkeer. In: Duurzaam Bouwen. 07-1998, Aeneas: Best. p. 12-13.

- Schaap, C. E. J. J., E. R. van de Graaf, G. Bosman et. al. (1998), Stralingsprestatienorm: Een prestatiemodel voor ioniserende straling in het woonmilieu. Aeneas: Best.
- Scholten, N, P. de Groot-van Dam (1999), Prototype voor de bepalingsmethode van het materiaalgebonden milieuprofiel van een woning/gebouw (MMG). 1999-BKR-R025, TNO bouw: Delft.
- Stichting NVTB projecten SNP (1998), Achtergronddocument en Handleiding voor het opstellen van milieurelevante productinformatie (MRPI). SNP-R98002, versie 1.1, NVTB: Driebergen.
- Stofberg, F., L. Gommans en E. Israëls (2000), Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen: Vademecum. De Hoog grafische diensten: Oosterhout.
- Vrins, E. en M. Kosteman (1999), Energievisie Emmen Delftlanden. 5438, W/E adviseurs duurzaam bouwen: Gouda.
- VROM (1999), Nationaal Milieubeleidsplan 3: De samenvatting. VROM 990282/b/5-99,
- W/E adviseurs duurzaam bouwen (1997), Energievisie voor nieuwbouwlocaties; vouwblad. Novem: Utrecht.
- Waals, J. F. M. van der, S. Joosen, L. Bader et. al. (1999), Opties voor CO<sub>2</sub>-reductie in nieuwbouwlocaties: Overzicht van maatregelen voor beperking van CO<sub>2</sub>-emmissies door energieverbruik en mobiliteit. 410200043, Discilinegroep Milieukunde en Omgevingsbeleid, Universiteit Utrecht: Utrecht.
- Wentink, C. H. M. (2000), Energiegebruik voor enkele stedenbouwkundige thema's. ECN-DEGO-Memo-00-029. Energieonderzoek Centrum Nederland: Petten.
- Wieringen, J. T. van (1999), Vademecum water: Drinkwater- en warmwaterbesparing. Stuurgroep Experimentele Volkshuisvesting, SEV; Novem: Rotterdam; Utrecht.
- Witberg, M. en E. Zinger (1999), Nationaal Pakket duurzame stedenbouw. Nationaal DuBo Centrum: Den Haag.
- Wolferen, H. van, J. Schwetzer, J. P. Bijkerk et. al. (1996), Framework for a European method to determine the energy consumption for domestic hot water production. SAVE contract XVII/4.1030/Z/95-052,



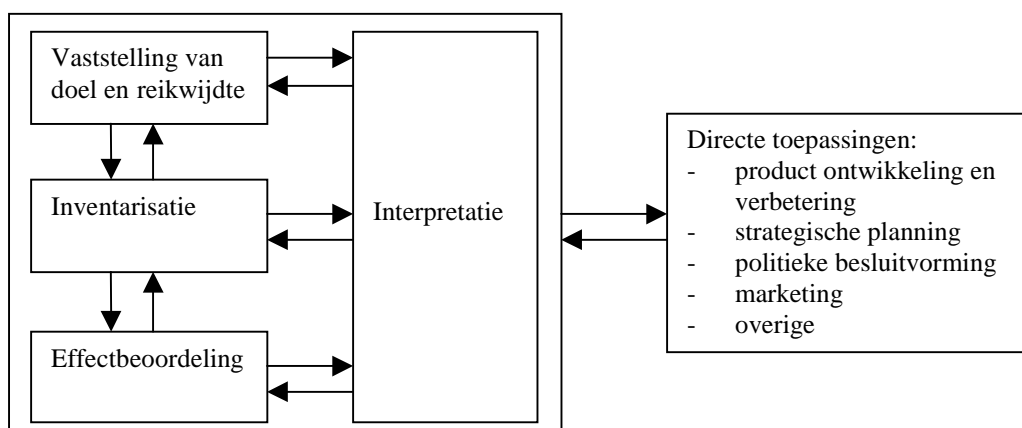
## BIJLAGEN



## BIJLAGE 1; KORTE SAMENVATTING LEVENSCYCLUSANALYSE

Het principe van een milieugerichte levenscyclusanalyse (LCA) is dat alle milieueffecten worden geanalyseerd die in de gehele levenscyclus van het product kunnen optreden. Het product wordt als het ware van de wieg tot het graf geanalyseerd. De levenscyclus van een product bestaat uit processen zoals de winning van grondstoffen, het maken van het product, transport, gebruik, en de afvalverwerking. De LCA-methodiek kent vier stappen deze zijn in figuur B 1.1 weergegeven.

**Figuur B 1.1: Raamwerk voor levenscyclusanalyse.**



Bron: (ISO, 1997)

### 1. Doelbepaling en afbakening

In de eerste stap van de LCA wordt een aantal uitgangspunten vastgelegd voor het gehele LCA-onderzoek. Een belangrijk onderdeel is het beschrijven van de functionele eenheid binnen de LCA. Tevens moeten de systeemgrenzen goed worden afgebakend.

### 2. Inventarisatie

In de inventarisatie wordt de interactie tussen de levenscyclus van het product en het milieu geïnventariseerd. Met andere woorden de milieu-ingrepen worden verzameld. Dit zijn gegevens over inputs vanuit het milieu (grondstoffen, energie) en outputs naar het milieu (emissies, afval) van het gehele productsysteem van gebruiksfase tot afvalfase. Ook wordt aangegeven op welke manier bepaalde gegevens worden toegerekend aan het productsysteem (allocatie).

### 3. Effectbeoordeling

De verzamelde input- en outputgegevens worden omgerekend tot milieueffecten. Voorbeelden van milieueffecten zijn broeikaseffect en verzuring. De milieueffecten vormen samen het milieuprofiel. Het Milieuberaad Bouw heeft weegfactoren vastgesteld om vanuit het milieuprofiel de milieumaten te berekenen. De LCA-handleiding van het CML voorziet hierin niet.

### 4. Interpretatie

Vervolgens worden de LCA-resultaten geïnterpreteerd en kan een gevoeligheidsanalyse worden uitgevoerd. Hierin wordt de invloed van aannamen op de conclusies onderzocht.

Bron: (Nationaal DuBo Centrum, 2000)

## BIJLAGE 2; EPN

In deze bijlage volgt een omschrijving van de onderwerpen die in de berekening van de EnergiePrestatieNorm (EPN) meegenomen worden. De inputvariabelen worden op een rijtje gezet. Tevens worden de verschillende opties die aan bod komen, toegelicht. Op de berekening van de EPC voor utiliteitsgebouwen wordt niet ingegaan.

**Tabel B 2.1: Inputvariabelen en berekende of forfaitaire waarden voor benodigde gegevens van de EPN.**

	Input	Gegevens	Berekenen	Forfaitair
Woning of woongebouw	Oppervlak verwarmde zones Oppervlak onverwarmde zones Verliesoppervlak	- R <sub>c</sub> -waarde wanden		Waarden reductie-factor gegeven
Verwarmen	Verwarmingsinstallatie  Hulpenergie  Warmtevraag Transmissieverlies  Ventilatieverlies Zon bijdrage  Interne warmte productie	- Systeemrendement - Distributieverliezen - Opwekkingsrendement - Zonne-energiesysteem - Elektrisch - Gas  - U-waarde raam/ deur - Nachtelijke isolatie - Roosters - Scheidingsconstructies - Aangrenzende ruimte - Soort toe- en afvoer - Raamoppervlak - Oriëntatie	Zelf berekenen	Tabel  Tabel Rendement tabel Rekenwaarde tabel  Tabel U-waarde raam  Tabel zontoetreding en oriëntatiewaarden Forfaitair
Warmwater	Warmtapwaterinstallatie  Leidingverliezen	- Opwekkingsrendement - Zonne-energiesysteem - Systeemrendement - Warmte levering door derden - Lengte leidingen - Diameter		Tabellen  Tabel  Tabel of forfaitaire waarden
Ventilatie	Ventilatiesysteem	- Soort systeem  - Schakelaars	Zelf berekenen	Tabel forfaitaire waarden Reductiefactor
Verlichting				Forfaitair
Koeling				Vermogen koelmachine
Bevochtiging				Volgens EPN utiliteit/ kantoor
Reductie		- PV-systeem	Bijdrage berekenen	Tabel reductiefactor
Correctie	Beschaduwning	- Overstekken - Belemmering	Zelf berekenen.	Tabel

Bron: (Nederlands Normalisatie Instituut, 1998)

In tabel B 2.1 staan de verschillende inputvariabelen en de gegevens die daarbij ingevoerd moeten worden. Deze gegevens kunnen soms uit een tabel gehaald worden of zijn gegeven.



Soms moet de gebruiker ze echter zelf berekenen. Aan de hand van de verschillende inputvariabelen wordt uitgelegd hoe de eindparameter tot stand komt.

Het primaire energiegebruik voor verwarming wordt bepaald door twee elementen: de warmtebehoefte en de verwarmingsinstallatie. De warmtebehoefte voor verwarming bestaat uit het transmissie- en ventilatiewarmteverlies over het stookseizoen, verminderd met de benutte warmtewinst door zonnestraling en interne warmteproductie over dezelfde periode. De transmissieverliezen worden berekend voor de verschillende scheidingsconstructies van de verwarmde zone. Een onderscheid wordt gemaakt in de soorten scheidingsconstructies: raam of deur in een uitwendige scheidingsconstructie, raam of deur in een inwendige scheidingsconstructie en overige. Tevens wordt een onderscheid gemaakt naar de aard van de aangrenzende ruimte: de buitenlucht of water, de grond of kruipruimte, een aangrenzende onverwarmde serre of een ruimte buiten de begrenzing van de besloten ruimte volgens de EPC-berekening. Deze is weer onderverdeeld in een sterk geventileerde ruimte, een aangrenzende onverwarmde ruimte of een aangrenzende verwarmde ruimte.

Specifiek warmteverlies door ventilatie en infiltratie van een bepaalde verwarmde zone wordt bepaald door natuurlijke ventilatie, mechanische ventilatie en gebruik van natuurlijke ventilatie- en spuivoorzieningen. Hierbij wordt rekening gehouden met warmteterugwinapparatuur en door de zon voorverwarmde lucht volumestromen. De vereiste luchtverversing (ventilatie) kan op verschillende manieren tot stand komen. In een verwarmde zone kan slechts een van de volgende systemen aanwezig zijn: natuurlijke toe- en afvoer, natuurlijk toevoer en mechanische afvoer, mechanische toevoer en natuurlijke afvoer en mechanische toe- en afvoer.

Bij warmtewinst door zonnestraling wordt rekening gehouden met elke daglichtopening en andere, speciaal op het passief benutten van zonnewarmte gerichte, scheidingsconstructies. Hierin worden ook de oriëntatie, hellingshoek en beschaduwning meegenomen. Tevens is een correctie voor vervuiling, vitrages en kozijnoppervlak verdisconteerd. Bij beschaduwing wordt onderscheid gemaakt tussen belemmeringen, denk aan een ander gebouw of een heuvel, en overstekken. Belemmeringen buiten het eigen perceel worden buiten beschouwing gelaten. Dit houdt dus in dat belemmeringen groter kunnen zijn dan de berekende belemmering. Dit heeft te maken met het principe van het Bouwbesluit dat er geen inzicht is op de situatie op het andere perceel of dat deze kan veranderen.

Het primaire energiegebruik voor ruimteverwarming wordt bepaald door de warmtebehoefte voor ruimteverwarming. Hierbij wordt rekening gehouden met het systeemrendement van de installatie. Met het distributierendement worden de verliezen verrekend in de buiten het gebouw gelegen systeemleidingen van een collectieve installatie. De bijdrage van eventuele zonne-energie wordt daar van afgetrokken en het gebruik van eventuele primaire hulpenergie wordt daar weer bij opgeteld.

Het jaarlijks energiegebruik voor de bereiding van warmtapwater wordt bepaald door de netto warmtebehoefte voor de bereiding van warmtapwater. De bruto-warmtebehoefte wordt verkregen door correctie op het systeemrendement van het leidingennet. Het systeemrendement voor verwarmen van warmtapwater bestaat uit verschillende elementen. Door de verdringings- en opwarmtijd van de leidingen zal bij iedere tapping meer water worden getapt dan netto wordt gevraagd. Daarnaast tredt bij installaties met een circulatie- en distributieleiding warmteverlies op. Bij een warmtekrachtinstallatie is ook sprake van warmteverlies in de warmtewisselaar.

Na vermindering van de eventuele bijdrage van een zonnecollector wordt het rendement van de opwekking in rekening gebracht. Bij de zonnecollector wordt met de zon-oriëntatie en beschaduwing over het gehele jaar rekening gehouden. Bij de bepaling van het energiegebruik voor de bereiding van warmtapwater worden uitsluitend de aansluitpunten voor douche of bad

en boven aanrechten beschouwd. Eventuele overige warmtapwaterpunten worden buiten beschouwing gelaten.

Het jaarlijkse energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie van lucht in de woning wordt bepaald op basis van het effectief vermogen waarin een weging voor de regeling is opgenomen. Hierbij is het mogelijk om zuiniger ventilatoren te waarderen.

Het energiegebruik voor verlichting wordt bepaald aan de hand van een forfaitaire waarde per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte. Hierin wordt ook het rendement van de elektriciteitsvoorziening meegenomen.

Woningen en woongebouwen worden over het algemeen niet gekoeld of bevochtigd. Deze twee energieposten worden wel in de NEN 5128 opgenomen in verband met de afstemming op de NEN 2916 voor utiliteitsgebouwen. Wanneer woningen en utiliteitsgebouwen bouwkundig en installatietechnisch zijn gekoppeld, dient het aandeel koeling en bevochtiging voor een woning in rekening te worden gebracht.

De eventuele bijdrage van een gebouwgebonden fotovoltaïsch (PV) zonne-energiesysteem aan de elektriciteitsvoorziening van de woning wordt bepaald door de hoeveelheid opvallende zonnestraling maal het omzettingsrendement. De methode is vergelijkbaar met de zonneboiler, echter de reductie ten aanzien van beschaduwing is groter bij een PV-systeem (Nederlands Normalisatie Instituut, 1998).

## BIJLAGE 3; EPL

De EnergiePrestatie op Locatie (EPL) wordt berekend over nieuwbouwwijken waarin zowel woningen, woongebouwen en utiliteitsgebouwen staan. Glastuinbouw en industrie worden buiten beschouwing gelaten.

In tabel B 3.1 staan de inputvariabelen van de EPL op een rijtje. Tevens komen de verschillende opties aan bod. Vervolgens wordt uitgelegd hoe de eindparameter van de EPL tot stand komt.

**Tabel B 3.1: Inputvariabelen en berekende of forfaitaire waarden voor benodigde gegevens van de EPL.**

	<b>Input</b>	<b>Gegevens</b>	<b>Berekenen</b>	<b>Forfaitair<sup>1</sup></b>
Locatie	Aantal woningen Bebouwingsdichtheid Soort gebouw	- Rijwoning - Vrijstaand + 2 <sup>1</sup> kap - Meergezinswoning - Utiliteitsbouw	Gem. aantal m <sup>2</sup>	
Energievraag	Krachtfuncties Lichtfuncties Verwarming Koeling			Norm-gebruik in een tabel
Energiedrager	Elektriciteit  Gas  Warmte	- Duurzame opwekking - Via het net - Aardgas - H <sub>2</sub> uit aardgas - H <sub>2</sub> uit aardgas met CO <sub>2</sub> -opslag - Ecogas uit duurzame bronnen <sup>2</sup> - Gasmotor - WK-STEG <sup>3</sup> (50 MW) - WK-STEG <sup>3</sup> (250 MW) - Kolencentrale - AVI <sup>4</sup> - Grote elektrische warmtepomp - Biomassa WK-installatie - Grootschalige zonneboilers	Dit mag ook zelf berekend worden	Waarden staan in een tabel
Zelfopwekking	Duurzame energie	- PV-panelen - Zonneboilers	Andere waarden mogelijk	Vaste waarden

1: Alle forfaitaire waarden en uitleg staan in Rooijers, et. al., 1998.

2: Onder Ecogas wordt hier waterstof verstaan dat met minimale CO<sub>2</sub>-emmissies naar de lucht is geproduceerd uit duurzame bronnen.

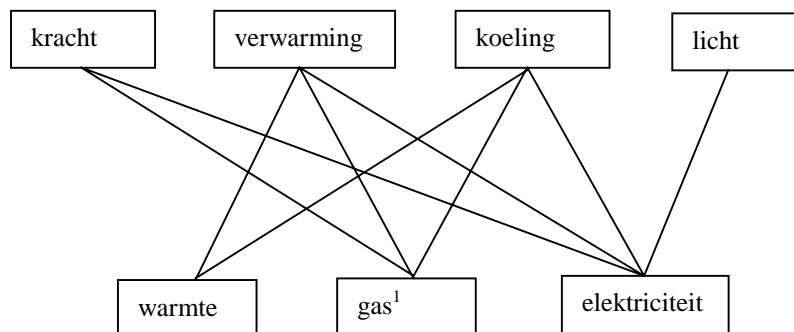
3: SToom En Gas turbine (STEG) is een elektriciteitscentrale waar elektriciteit opgewekt wordt met aardgas.

4: Afvalverbrandingsinstallatie (AVI).

Bron: (Rooijers et. al., 1998)

Bij de EPL wordt uitgegaan van een vooraf berekend normverbruik en niet van het daadwerkelijke verbruik. Het fossiele brandstofverbruik van de locatie is opgebouwd uit brandstof verbruik van elk gebouw. Het brandstofverbruik van elk gebouw wordt bepaald door de jaarlijks energievraag en de correctiefactor van elke eenheid energie die wordt geleverd. Deze correctiefactor is verschillend per energiedrager omdat niet elke soort gelijke milieueffecten heeft. Voorlopig wordt de correctiefactor nog alleen bepaald door de fossiele koolstofinhoud per GJ energie die wordt geleverd aan de gebouwen. Hierbij wordt ook gekeken naar de manier van distributie en energieopwekkingen. De energievraag bestaat uit licht, kracht, verwarming en koeling en kan door de verschillende energiedragers worden voorzien (zie figuur B 3.1)

**Figuur B 3.1: Van energiefunctie op wijkniveau naar energiedrager.**



1: Onder gas kan ook biogas worden verstaan.

Bron: (Rooijers et. al., 1998)

Het gaat bij de energievraag van het gebouw om de energievraag aan de meter. De energievraag van een gebouw ontstaat door het gebruik van energie voor verschillende functies, zoals licht, verwarming en koeling, en energiegebruik voor enkele utilitaire functies, zoals openbare verlichting en bemaling. Bij het energiegebruik van de gebouwen wordt ook het elektriciteitsverbruik van niet gebouwgebonden apparatuur zoals wasmachines en kookplaten meegerekend.

Twee factoren kunnen de energievraag bij de meter bepalen. Ten eerste de EPN in combinatie met de energiedragers. Hierbij wordt uitgegaan van de functionele behoefte, als kracht, koeling, verwarming en licht, de bouwkundige maatregelen, de gekozen energiedragers en de bijbehorende conversieapparatuur. Het elektriciteitsverbruik voor openbare verlichting en bemaling wordt benaderd door aan elke woning en elk 50m<sup>2</sup> utiliteitsgebouw een forfaitaire waarde toe te kennen. De energievraaggegevens en de keuze van de energiedrager bepalen de EPN en zijn de belangrijkste inputvariabelen voor de EPL. Maar de EPL bevat meer energiefuncties en variabelen. Daarom is het niet mogelijk de EPN-waarden terug te laten komen als factor in de berekening. Ten tweede wordt de energievraag bepaald door zelfopwekking. Zelfopwekking van elektriciteit binnen het gebouw met bijvoorbeeld PV voor alle elektrische functies wordt binnen de EPL gewaardeerd. Door zelfopwekking zal de netto elektriciteitsvraag bij de meter afnemen. Het verbruik kan nooit een negatieve waarde hebben, ook al wordt er aan het net terug geleverd.

De correctiefactor kan op drie manieren verlaagd worden, door een energiedrager te kiezen met een lage fossiele koolstofinhoud, door het omzettingsrendement te verhogen of door de transport- en distributieverliezen te verkleinen.

Bij de correctiefactor van elektriciteit is voor de best beschikbare techniek gekozen, waarbij wordt aangenomen dat deze niet door lokale partijen kan worden veranderd. Voor gas zijn ook enkele vaste correctiefactoren gegeven. De correctiefactoren voor warmte zijn afhankelijk van de specifieke installaties en van de lokale situatie. (Rooijers et. al., 1998)

## BIJLAGE 4; OEI-REKENMODEL

OEI staat voor Optimale Energie Infrastructuur. De energie-infrastructuur van een woningbouwlocatie omvat de keten van opwekking, de distributie en de (technische) voorzieningen in gebouwen. Het OEI-rekenmodel helpt bij het vinden van de beste energie-infrastructuur voor een locatie. Met beste wordt bedoeld, zo energiezuinig mogelijk tegen de laagste investeringskosten.

Het OEI-rekenmodel kent drie geografische niveau's;

- De locatie, waarmee het gehele plangebied met woningen en utiliteitsgebouwen bedoeld wordt.
- De Energiezone, wat een deelgebied van de locatie is. Een energiezone bestaat uit minstens 300 woningen, deze moeten in dezelfde periode gebouwd worden, dezelfde EPC hebben en aangesloten worden op dezelfde energie-infrastructuur.
- Woningen

De structuur van het OEI-rekenmodel is gebaseerd op deze indeling. Gegevens worden op deze drie niveaus ingevoerd. In tabel B4.1 worden de inputvariabelen en benodigde gegevens weergegeven. In het model zijn verschillende tabellen met gegevens opgenomen waaruit de gebruiker kan kiezen. Zijn de waarden van de gegevens bekend dan kunnen deze in de tabellen ingevoerd worden mits ze binnen het bereik vallen. Voor ontbrekende gegevens worden de forfaitaire waarden uit de tabellen ingevoerd.

De energieberekeningen zijn gebaseerd op het per energiezone opgegeven aantal woningen van de volgende typen: twee-onder-een-kap woningen, rijwoningen en meergezinswoningen. De opgegeven m<sup>2</sup> utiliteitsgebouwen wordt omgerekend naar een aantal rijwoningen.

De EPC-waarde die voor de energiezone is opgegeven, vormt de basis voor de energieberekening. Het model zoekt in volgorde van kosteneffectiviteit de energiebesparende maatregelen die nodig zijn om de gewenste EPC-waarde te bereiken. De gebruiker kan van tevoren bepaalde voorkeursmaatregelen selecteren. Op basis van de woningkarakteristieken wordt conform de EPN-systematiek het energiegebruik per woning per jaar berekend. Het elektriciteitsverbruik wordt aangevuld met gegevens omtrent gebruik van wasmachines, kooktoestellen en andere elektrische apparatuur. Indien relevant wordt ook het gasverbruik voor koken en 'hotfill' apparatuur bij het energiegebruik opgeteld.

Behalve energiegebruik berekent het OEI-rekenmodel ook de EPL, en de uitstoot van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> emissies. Tevens worden de investeringskosten voor de energie-infrastructuur uitgerekend. Hierbij wordt rekening gehouden met de inflatie, rentestand en kosten die nodig zijn voor onderhoud en beheer.

**Tabel B 4.1: Inputvariabelen en berekende of forfaitaire waarden voor benodigde gegevens van de EPL.**

	<b>Input</b>	<b>Gegevens</b>	<b>Berekenen</b>	<b>Forfaitair</b>
Locatie (variant)	Aanvang bouw Einde bouw Rente  Inflatie Inzet duurzame elektriciteit Productiewijze elektriciteit	- STEG - Nederlands gemiddelde		Tabel met vaste rente percentages
Energiezone	Leveringsvariant  Wijze warmtelevering  Decentraal productiemiddel Transport afstand	- Gas + elektriciteit - Warmte + elektriciteit - Alleen elektriciteit  - Centraal - Decentraal  - WKK/ WK - Elektrische warmtepomp	Het programma rekent met centrale basisgegevens tenzij andere gegevens zijn ingevoerd	
Woningniveau	woningtype  Energiebesparingsmaatregel	- Twee-onder-één-kap - Rijwoning - Portiek - Utiliteit - Passieve zonne energie - Zonneboiler - PV - Hotfill - Warmtevragende apparatuur - Temperatuurniveau van verwarming	Utiliteit wordt omgerekend naar rijwoningen	Tabel met % Ja/nee 1-5 m <sup>2</sup>  3 Temperatuur waarden
Basis gegevens	Centrale productie Decentrale productie Distributie Economie Emissies Kosten installaties  Verbruik installaties Overige data installaties  Tarieven	- Installaties - Witgoed - Kookplaat  - Penetratiegraad apparatuur - Individuele elektrische warmtepomp - Gas - Elektriciteit - Warmte	In de tabellen staan defaultwaarden, maar deze zijn overschrijfbaar als maar binnen het aangegeven bereik gebleven wordt	Tabellen met defaultwaarde en vast bereik

## BIJLAGE 5; VPL

De Verkeersprestatie op Locatie (VPL) is een door Novem ontwikkelde methode om energiebesparing in het vervoer te bewerkstelligen bij nieuwbouwlocaties. Met behulp van de VPL wordt het mogelijk om het energiegebruik van verkeer en vervoer voor een bepaalde locatie van een score te voorzien. Om tot deze score te komen wordt van drie deelprogramma's gebruik gemaakt.

1. Door middel van de 'bottom-up' methode worden straten en wegen ontworpen voor de locatie. Verkeerskundigen en stedenbouwkundigen moeten nauw samenwerken om dat te bewerkstelligen. De woning wordt als startpunt genomen. Vanuit de woning wordt het voetgangersgrit bepaald op een schaal van 1x1 km. Vervolgens wordt de structuur voor de fiets aangelegd op het schaalniveau van 4x4 km. Tot slot wordt de ruimte voor de auto en het openbaar vervoer ontworpen. Dit zijn de verbindingen op het hoogste schaalniveau. Hierbij wordt rekening gehouden met de ruimte die de vervoersmiddelen innemen om te parkeren, zowel bij de woning als bij utiliteitsgebouwen en de werkplek. Met behulp van een modelleringspakket wordt een model van de locatie gemaakt. In de onderstaande tabel B 5.1 staan de input variabelen met betrekking tot de VPL.
2. Het programma VPLENERG berekent de energie-efficiëntie van de locatie in TJ. Per wegdeel, dat links genoemd wordt, wordt het aantal voertuigen dat daar gebruik van maakt berekend. Uit de berekende voertuigen per link wordt samen met de gemiddelde voertuiggegevens de energie-efficiëntie bepaald. Hierbij wordt rekening gehouden met het brandstof gebruik bij de temperatuur van de motor. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen een koude, een opwarmende en een warme motor. Verder wordt onderscheid gemaakt tussen vervoer met een auto, bestelauto of motorfiets, verschillend openbaar vervoer en vrachtauto.
3. Met VPLNORM wordt een oordeel gegeven over de berekende energie-efficiëntie. Dit resulteert in een score van 0 tot 10 waarbij 10 het minste energiegebruik betekent. Dit wordt gedaan aan de hand van een vergelijking met een andere gelijksoortige locatie of met een minimum/ maximum variant.

Om de vergelijking tussen autogebruik en openbaar vervoer mogelijk te maken zijn twee belangrijke keuzen gemaakt. De bezettingsgraad wordt ook bij het autogebruik berekend. Tevens is gekozen voor een "well to wheel" benadering. Dit houdt in dat de elektriciteitsproductie en de kosten voor raffinage worden meegerekend bij het energiegebruik van het vervoermiddel. (Goudappel Coffeng, 1999)

De toepassing van de VPL lijkt niet alleen mogelijk bij nieuwbouwlocaties, maar is ook in te zetten in herstructureringswijken. Bij nieuwbouwlocaties zijn de resultaten wel beter omdat in een vroeg stadium al keuzen worden gemaakt met betrekking tot de woningen en de infrastructuur. Bij herstructureringswijken is het door bestaande gebouwen en wegenpatroon moeilijk een nieuwe structuur te ontwerpen.

**Tabel B 5.1: Inputvariabelen en berekende of forfaitaire waarden voor benodigde gegevens in de VPL.**

	<b>Input</b>	<b>Gegevens</b>	<b>Berekenen</b>	<b>Forfaitair</b>
Locatie	Woningtypen	- Prijs - Situering	Zelf invullen	
	Woningdichtheden <sup>1</sup>	- Spreiding - Situering	„	
	Parkeren in de wijk Winkelvoorzieningen	- Auto vrij, arm of luw - Concentratie - Spreiding - Lineair - Concentrisch - Parkeergelegenheid	„ „	
	Situering scholen	- Middelbare scholen - Basis scholen	„	
	Situering arbeidsplaatsen	- Type arbeidsplaatsen <sup>2</sup> - Parkeer gelegenheid	„	
Verkeer	Langzaam verkeer	- Fiets- en voetpaden - Ontsluiting OV-voorzieningen - Vormgeving/allure paden - Sociale veiligheid - Oversteekvoorzieningen	„	
	Auto	- Fietsberging woning - Interne ontsluiting - Capaciteit wegen - Snelheid bebouwde kom - Lengte wegvlak - Aantal ritten - Bezettingsgraad auto - Brandstofgebruik	- Zelf invullen - Maximale of berekende snelheid	- Default - Default wagenpark
	Vrachtwagen	- Soort vrachtwagen - Aantal ritten - Snelheid bebouwde kom - Lengte wegvlak - Brandstofgebruik		- Licht < 20ton/ zwaar >20ton  - Default
	Openbaar vervoer (OV)	- Frequentie - Bus, tram, metro of trein - Tarieven - Aantal passagiers - Bezettingsgraad - Brandstofgebruik	- Plaatselijke factoren	- Gem. bezetting - Default per soort
Voorzieningen	Parkeren tov de woning Haltes	- Afstand parkeerplaats - Betaald parkeren - Situering - Plaats - Aantal - Kwaliteit - Voor en na transport		
Buiten de locatie	Plaats en verbindingen bestaande stad Maximale snelheid Parkeren Aansluiting op regionaal OV-net	- Externe ontsluiting  - fiets - OV		

1: Zo mogelijk Floor space index

2: Ook in relatie tot de inkomens van inwoners in de locatie

Bron: (Kolkmeijer, 2000)



## BIJLAGE 6; SPN

De StralingsPrestatieNorm (SPN) drukt het stralingsniveau van een woning uit. In woningen zijn twee belangrijke natuurlijke bronnen van straling aan te wijzen. Dit zijn radon en gammastraling. Radon is een gas dat ontstaat bij het radioactieve verval van de elementen Uranium ( $\text{Ra}^{226}$ ) en Thorium ( $\text{Th}^{232}$ ). Bij het radioactief verval van radon worden isotopen van de elementen polonium, lood en bismut gevormd welke longkanker kunnen veroorzaken. Daarom is het belangrijk dat in de woning niet een te grote dosis radon vrijkomt (ECN, 1993). Radon exhaleert (komt vrij) uit bouwmaterialen en de bodem. Gammastraling is hoofdzakelijk afkomstig van het radioactief verval van de elementen Uranium, Thorium en Kalium ( $\text{K}^{40}$ ) die tevens van nature in de bodem en bouwmaterialen aanwezig zijn en uit de kosmos komen. (Schaap et. al., 1998) en (Rovers, 1998)

Het stralingsniveau is in Nederland ten opzichte van andere landen laag. Dit wil de rijksoverheid graag zo houden en daarom is de SPN ontwikkeld. Uit onderzoek bleek namelijk dat de radonconcentraties in woningen gebouwd voor 1984 lager waren dan in woningen die later zijn gebouwd. Dit kan te maken hebben met de gebruikte bouwmaterialen en betere isolatie van de woningen.

In onderstaande tabel B 6.1 zijn de inputvariabelen van de SPN weergegeven. Hierbij is aangegeven welke waarden forfaitair zijn en welke berekend worden. Onder de tabel staat uitleg over hoe de SPN tot stand komt.

**Tabel B 6.1: Inputvariabelen en berekenende of forfaitaire waarden van benodigde gegevens uit de SPN.**

	Input	Gegevens	Berekenen	Forfaitair
Woning	Deel constructies  Invloeden op constructies	- Oppervlak - Massa - Materiaal  - Ouderdom - Vochtgehalte - Afwerking - Geventileerde buitenafwerking	Of meten	Activiteitconcentraties in tabel <sup>1</sup> Vaste waarden die bij nieuwe inzichten kunnen veranderen.
Ventilatie	Luchtdoorlatendheid van kruipruimte Bewonersgedrag Ventilatie van woning	- Ventilatie gehalte constructie  - Ventilatie per ruimte		Vaste waarden uit Bouwbesluit Voorlopig vaste waarde Vaste eisen uit Bouwbesluit
Omgeving	Radon concentratie kruipruimte	- Locatie in Nederland		Tabel met voorlopig één waarde

1: Forfaitaire activiteitconcentraties voor  $\text{Ra}^{226}$ ,  $\text{Th}^{232}$  en  $\text{K}^{40}$ .

Bron: (Schaap et. al., 1998)

De radon concentratie wordt bepaald door de hoeveelheid radon die in de ruimte komt via bouwmaterialen, toevoer van buiten en toevoer vanuit de aangrenzende ruimten minus de hoeveelheid die via ventilatie wordt afgevoerd. Hierbij moeten de activiteitsconcentraties van de drie radionucliden ( $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  en  $^{40}\text{K}$ ) die in de bouwmaterialen aanwezig zijn berekend worden. De radonexhalatie van een materiaal wordt per eenheid van massa bepaald. Uitgegaan wordt dat de helft in de verblijfsruimte komt en de andere helft daar buiten. Voor verschillende materialen zijn andere forfaitaire activiteitsconcentraties voorgesteld. Van sommige materialen zal men het eerst moeten meten voordat deze toegepast kunnen worden.

Radon exhaleert vanaf de productie tot en met de sloop van het materiaal. Het exhaleren kan afnemen naar mate het product ouder wordt. In de SPN wordt uitgegaan van de stralingsbelasting die representatief is voor de levensduur van een bouwwerk. De invloed van vocht wordt bij beton ook in de berekening meegenomen. Van andere materialen is deze echter niet bekend. Materialen met een dichtheid van minder dan  $100 \text{ kg/m}^3$  worden niet meegerekend. Dit zijn bijvoorbeeld isolatie materialen. Tevens kan de afwerking van het bouw materiaal van invloed zijn op de radon exhalatie, maar het is onbekend welke materialen de bewoners in de toekomst zullen toepassen. Om dit te ondervangen is een correctiefactor ingebracht die op nu 1 staat maar in de toekomst aangepast kan worden.

De ventilatie-eisen uit het Bouwbesluit zijn als uitgangspunt gehanteerd zodat de SPN hierbij aansluit. De stralingsbelasting is afhankelijk van bewonersgedrag, zoals verblijfstijden en ventilatiegedrag. Om het ventilatiegedrag van bewoners mee te nemen in de berekening is een correctiefactor ingesteld. Dit is nodig omdat in de winter de ventilatiestromen aanzienlijk lager liggen dan in de zomer. Bad- en toiletruimten hebben een ruimere afzuiging dan de verblijfsruimten. De invloed van de radonconcentratie uit deze ruimten op de verblijfsruimten kan derhalve verwaarloosd worden.

De correctiefactoren kunnen in de toekomst als er nieuwe inzichten ontstaan via normbladen worden opgenomen in het Bouwbesluit. Op deze manier kunnen de correctiefactoren gemakkelijk gewijzigd worden. De correctiefactoren voor verschillende ventilatiesystemen en materialen kunnen in tabellen opgenomen worden. (Schaap et. al., 1998)

## BIJLAGE 7; WPN

De WaterPrestatieNorm (WPN) berekent het watergebruik van een woning. De waterprestatiecoëfficiënt (WPC) geeft het watergebruik van alle woninggebonden installaties aan. Dit zijn closet, wastafel, aanrecht, bad en douche. Niet gebouwgebonden functies als was- en vaatwasmachine worden buiten beschouwing gelaten. Door een grenswaarde te stellen aan de WPC wordt aan ontwerpers de mogelijkheid gegeven in een economische afweging de keuzen te maken om met optimale inzet van middelen een zuinig gebruik van water te realiseren.

Voor de bepaling van de watergebruiken worden alleen de functies in rekening gebracht die daadwerkelijk aanwezig zullen zijn of waarvoor een opstelplaats in de woning beschikbaar is. Zie tabel B 7.1 voor de desbetreffende inputvariabelen. Wanneer een opstelplaats aanwezig is maar nog niet een toestel is aangewezen, moet voor de bepaling van het watergebruik worden gerekend met de forfaitaire waarden. Deze waarde bedraagt 125% van het desbetreffende normgebruik.

**Tabel B 7.1: Inputvariabelen en berekende of forfaitaire waarden van gegevens van de WPN.**

	<b>Input</b>	<b>Gegevens</b>	<b>Berekenen</b>	<b>Forfaitair</b>
Installaties	Closet	- Spoelvolumen - Verbruiksfrequentie		Vaste waarde
	Aanrecht	- Volumestroom - Gebruiksduur - Verbruiksfrequentie		In tabel Vaste waarde Vaste waarde
	Wastafel	Idem.		Idem.
	Douche paneel	Idem.		Idem.
	Douche	Idem.		Idem.
	Bad	- Inhoud - Verbruiksfrequentie	Tot overloop minus standaard persoon (70l)	Vaste waarde
Leidingen	Opwarmings- water	- Leidinglengte - Volume leiding tot douche en aanrecht - Leidingmateriaal - Verbruiksfrequentie douche en aanrecht		Tabel per doorsnede leiding  Tabel Vaste waarde
Normgebruik	Input als hierboven			Default waarden in tabel

Bron: (Nederlands Normalisatie Instituut, 2000)

Voor de bepaling van de leidinglengten moet, om de hoeveelheid rekenwerk te beperken, worden uitgegaan van de kortste afstand horizontaal gemeten, vermeerderd met de kortste afstand verticaal gemeten. Horizontale afstanden door ruimten mogen diagonaal worden gemeten. Bij collectieve warmtapwaterinstallaties moet worden gerekend vanaf het leveringspunt van het warme water in de woning. Wanneer op de installatie meer dan één badruimte of aanrecht is aangesloten, geldt het gemiddelde van de betreffende afstanden. Wanneer een gedeelte van de betreffende leidingen gemeenschappelijk is, moet dit gedeelte voor zowel de badruimte als het tappunt aanrecht in rekening worden gebracht.

Bij de bepaling van de opwarming van de leidingsystemen wordt gebruik gemaakt van DH-factoren waarmee de thermische eigenschappen van de toegepaste buismaterialen, die een

directe relatie hebben met de hoeveelheid opwarmingswater, worden verdisconteerd. Voor de berekening van de waterverliezen als gevolg van de verdringing en opwarming in tapwaterleidingen, het zogenaamde opwarmingswater, wordt voor de bepaling van de lengte(n) van deze tapleidingen een zelfde methodiek als bij de EPN toegepast. Voor de bepaling van het volume van het opwarmingswater worden uitsluitend de aansluitpunten voor douche in badruimten en het tappunt bij het aanrecht beschouwd. Eventuele overige warmtapwaterpunten, zoals bad en wastafel in een slaapkamer, worden in de berekening buiten beschouwing gelaten.

Het watergebruik is onafhankelijk van het aantal toestellen dat voor een functie aanwezig is, bijvoorbeeld wanneer in een woning meerdere closets aanwezig zijn. Het meest verbruikende toestel per functie is bepalend.

In de norm is geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende soorten water zoals drinkwater, warmtapwater en huishoudwater (inclusief regenwater en gezuiverd grijswater). Het uitgangspunt hierbij is dat de norm betrekking heeft op de watergebruik van de in woning geplaatste functies. Hierdoor is bereikt dat voor alle functies een efficiënte oplossing met betrekking tot het watergebruik wordt gekozen onafhankelijk van de watersoort.

## BIJLAGE 8; BOILSIM

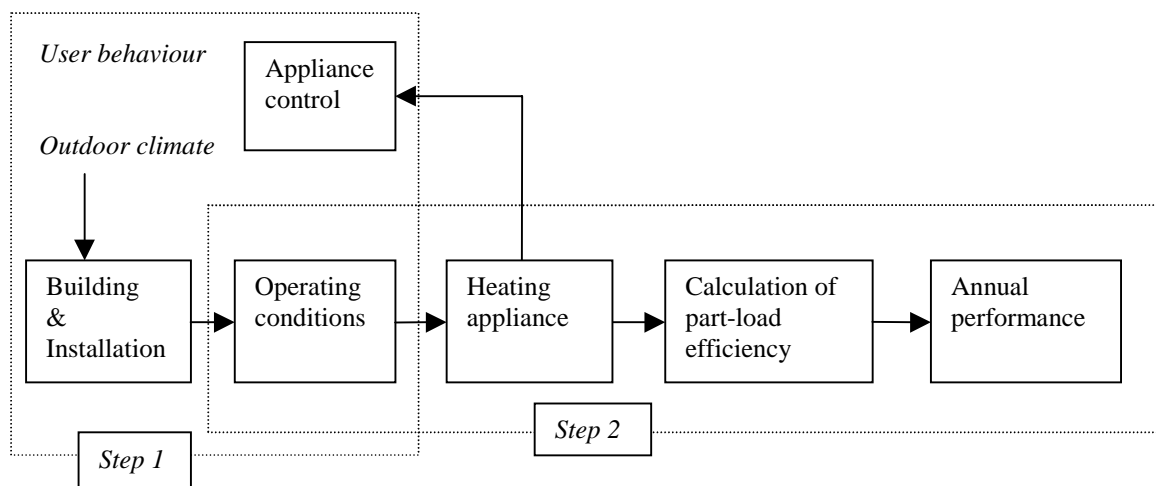
Boilsim is een rekeninstrument dat ingebed is in een computerprogramma voor het vaststellen van het jaarlijks energiegebruik van centrale verwarming en warmwaterinstallaties in woningen. Hierbij zijn de installatie (ketel, boiler of combi), de gebruiker en de omgeving van belang. Het doel van dit programma is het realiseren van energiebesparing en CO<sub>2</sub>-reductie bij ruimteverwarming en warmwaterproductie in woningen.

Energiebesparing kan op twee manieren bewerkstelligd worden. Ten eerste kan in een gegeven situatie een efficiëntere installatie gekozen worden dan de huidige. Ten tweede kan door aanpassingen aan de installatie en een betere afstemming tussen het gebruik en de installatie leiden tot energiebesparing.

Boilsim bestaat uit verschillende modules. De centrale verwarmingsketel module, waarin de jaarlijkse energieconsumptie van de verwarmingsinstallatie wordt bepaald.

Tevens is er een module die een schatting maakt van het energiegebruik van oude en bestaande installaties. Tot slot is er een module die het energiegebruik van warmwaterinstallaties berekend. Door het gasverbruik ter plaatse te meten en relevante vragen te stellen kan een berekening gemaakt worden voor de energiebesparing bij het vervangen van de oude installatie door een nieuwe. Een belangrijk onderdeel van Boilsim is de database waarin gegevens zijn opgenomen van verschillende soorten ketels. Hierbij zijn de gegevens over verschillende typen installatie ingevoerd, de merknamen van de ketels worden niet genoemd.

**Figuur B 8.1: Schematische weergave van de methodologie van Boilsim. (General structure of Boilsim)**



Bron: (Koot, 1999)

In figuur B 8.1 wordt de algemene structuur van Boilsim weergegeven voor centrale verwarming. Deze kan na enkele kleine aanpassingen echter ook toegepast worden voor de andere modules. Een sleutelrol is weggelegd voor de werkingsconditie waaronder de installatie opereert. Deze werkingsconditie wordt gekarakteriseerd door de hoeveelheid en frequentie van gebruik, de temperatuur van retourwater, debiet enz. De werkingsconditie wordt bepaald door de dynamische interactie tussen het gebouw en de installatie met het gebruikersgedrag en klimaat als belangrijke parameters.

Figuur B 8.1 laat twee stappen zien. De eerste stap omvat de vertaling van de gebruiksomgeving (het soort gebouw, de installatie, gebruikersgedrag en klimaatgegevens) in specifieke sets van werkingscondities, voor dat gebruik. In de tweede stap wordt, voor deze specifieke sets werkingscondities, de efficiëntie vastgesteld waarna de jaarlijkse prestatie kan worden afgeleid. (Koot, 1999)

In onderstaande tabel B8.1 worden de inputvariabelen en de benodigde gegevens van de warmtapwatermodule van Biolsim gegeven. Het is echter uit de beschikbare literatuur niet duidelijk geworden welke waarden berekend worden en welke in een tabel staan of forfaitair zijn.

**Tabel B 8.1: Inputvariabelen en benodigde gegevens voor Boilsim.**

	<b>Input</b>	<b>Gegevens</b>
Tappatroon	tappatroon	Aan de tappunten/ aan de installatie Tijdsduur Tappunten
Distributie systeem	Principe Dimensionering Materiaal Verliezen	Direct Circulair Diameter Lengte Soort Warmte capaciteit Isolatie Situering leidingen
Verwarmings-installatie	Interactie met ruimte verwarmingssysteem Warmte bron  Principe Temperatuur regeling  'Lag time' Stand-by verliezen  Hulpenergie	Combinatieboiler  Gas Elektriciteit Olie Directe conversie Opslag Constant Variabel  Opslagtank Waakvlam Pompen Ventilatie Regeling
Controle systeem	Temperatuur	Constante aanbod temp. Constante temp. toename Nacht shift (opslag)
Koud water	Koud water systeem	Constante temperatuur Variabele temperatuur
Omgeving	Temperatuur	Ruimten Pijpleidingen

Bron: (Wolferen et. al., 1996)

## BIJLAGE 9; MMG

Met het Materiaal gebonden Milieuprofiel van Gebouwen (MMG) kan de toegepaste milieuprestatie van bouwmaterialen in een woning berekend worden. Het MMG is gebaseerd op de LCA-methodiek. Het is de bedoeling dat een norm voor de te behalen milieuprestatie in het Bouwbesluit wordt opgenomen. Vooral nog is de bepalingmethode van het MMG een prototype dat door TNO-bouw is opgesteld.

Het MMG kent een specifieke en een vereenvoudigde methode. De vereenvoudigde methode moet zo zijn ingerichte dat met een beleidsmatig vastgestelde kans het toepassen van de vereenvoudigde methode niet leidt tot het goedkeuren van een bouwplan, welk plan bij toepassing van de specifieke methode had moeten worden geweigerd.

In het MMG moeten verschillende stappen doorlopen worden om tot een milieuprestatie van een gebouw te komen.

1. Specificieer het gebouw
2. Schematiseer het gebouw in verschillende onderdelen. Zie hiervoor tabel B 9.1 voor de betreffende bouwelementen, en constructie onderdelen.
3. Specificieer de (constructie) onderdelen in materiaalstromen en activiteiten leidend tot een overzicht van hoeveelheden. Bij de specifieke methode moeten de materiaalstromen en activiteiten per productfase, gebouwfase en afvalfase gesplitst worden.
4. Bereken de milieuprestatie van de (constructie-) onderdelen. Bij de specifieke methode moet de gebruiker een volledige LCA uitvoeren. Bij de vereenvoudigde methode kunnen de milieueffecten uit een referentieprofiel worden gehaald. Het referentieprofiel staat in matrices die bestaan uit milieumaten of milieueffecten. Deze zijn berekend over op dit moment in de Nederlandse markt voorkomende constructie-onderdelen. Per bouw materiaal is aangegeven in welke categorie het product per milieueffect valt. In figuur B 9.1 staat een voorbeeld van referentieprofiel in een matrix.

**Figuur B 9.1: Voorbeeld van een referentieprofiel in een matrix in het MMG.**

Referentie profiel: product x						
Milieumaten	Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5	Cat. 6
Grondstoffen		X				
Emissies				X		
Energie			X			
Afval		X				

Bron: (Scholten en De Groot-van Dam, 1998)

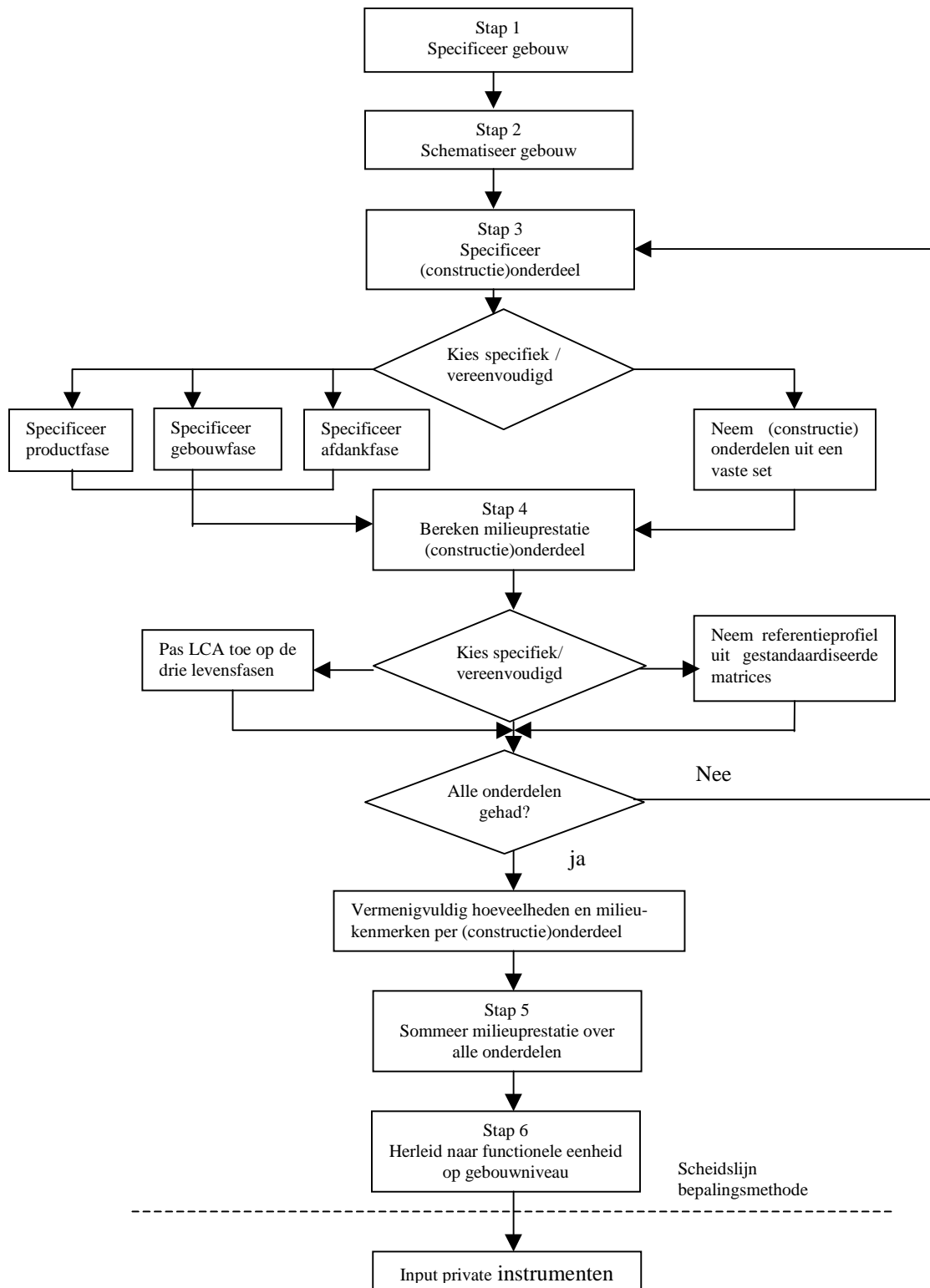
5. Sommeer de milieuprestatie van alle (constructie-) onderdelen tot een kale MMG. De milieueffecten van alle constructieonderdelen worden bij elkaar opgeteld.
6. Herleidt de som naar een gezamenlijke functionele eenheid, zodat een milieuprofiel voor het gehele gebouw ontstaat.

**Tabel B 9.1: Inputvariabelen en gegevens die nodig zijn voor de vaste gebouw-schematisering van het MMG.**

	<b>Input</b>	<b>Gegevens</b>	<b>Berekenen</b>	<b>Forfaitair</b>
Fundering	Bodemvoorziening Vloeren op grondslag  Funderingsconstructies Paalfundering	- Grondverzet - Bodemafsluiting - Keldervloer - Kelderwand	Bij de specifieke methode moet de gebruiker alles zelf berekenen. Er moeten drie levens fasen onderscheiden worden en daarop moet een LCA worden toegepast	Bij de vereenvoudigde methode zijn vaste waarden in de methode opgenomen.
Gevels	Buitenwanden Buitenwandopeningen	- Kozijnen buitengevel - Ramen buitengevel - Buitendeuren		
Binnenwanden	Binnenwanden  Hoofddraagconstructie  Binnenwandopeningen	- Dragend - Niet dragend - Liggers - Kolommen - Kozijnen binnen - Binnendeuren		
Vloeren	Begane grond Verdieping	- Niet woningscheidend - Woningscheidend - Galerijen, balkons en bordessen		
Transport	Trappen  Liften	- Buiten - Binnen		
Daken	Dak constructie  Dakopeningen Dakafwerking	- Plat - Hellend - Dakramen - Plat - Hellend		
Installaties	Afvoer  Water  Gas Luchtbehandeling Elektronische installaties	- Hemelwater - Riolering - Warmtapwater - Koudtapwater - Gasleidingen - Ventilatiebuizen - Elektraleidingen		
Indeling	Vaste opslagvoorzieningen	- Meterkast		
Inrichting, installaties	Ruimteverwarming			
Inrichting	Vaste keukenvoorzieningen Vaste sanitaire voorzieningen Vaste opslag voorzieningen	- Keukenblok - Closetcombinatie - Vaste kasten		
Overig	Terrein voorzieningen	- Terreinverharding - Privacyscherm - Buitenberging		



**Figuur B 9.2: Stappenplan MMG.**



Bron: (Scholten en De Groot-van Dam, 1998)

## BIJLAGE 10; TWIN-MODEL

Het TWIN-model is in principe gebaseerd op de milieugerichte levenscyclusanalyse van producten (LCA), ontwikkeld door het Centrum voor Milieukunde in Leiden. Voor een korte samenvatting van de LCA-methode, zie bijlage 1. Behalve kwantitatieve gegevens neemt het TWIN-model ook kwalitatieve gegevens op in het eindoordeel.

De doelstelling van het model is zo veel mogelijk gebruik te maken van kwantitatieve gegevens uit de literatuur en LCA-studies. Bij ontbreken van gegevens laat de methode de mogelijkheid om aanvullende schattingen te doen. Door dit karakter zal een blijvende aanpassing en bijstelling altijd mogelijk zijn, hetgeen tegemoet komt aan de steeds veranderende procesomstandigheden. Tevens is het mogelijk om een omkering van de bewijslast te krijgen. Niet de onderzoeker moet bewijzen dat het product milieubelastend is, maar de producent moet aantonen dat dit juist niet het geval is. (Haas, 1998)

Het model bestaat uit twee onderdelen, een kwantitatief en een kwalitatief deel. Dit laatste bestaat weer uit twee matrices (zie tabel B 10.1), een voor milieu en een voor gezondheidsbeoordeling. Over elk van de omkaderde vakjes moet informatie bekend zijn om een afgewogen oordeel te kunnen geven. De gezondheidsmodule is nog niet geheel uitgewerkt omdat de effectcriteria van de gezondheidsmodule van bouwmaterialen nog onvoldoende onderzocht zijn om een beoordelingsystematiek te ontwikkelen.

Het TWIN-model bestaat uit 6 stappen. De eerste stap is een processtudie. Hierin worden alle processen die nodig zijn voor de productie op een rij gezet. In de tweede stap worden relevante milieu- en gezondheidsingrepen geïnventariseerd. Tijdens de derde stap, de aggregatiestap, worden de milieu-ingrepen gesorteerd naar milieueffecten. In de vierde stap worden de kwantitatieve gegevens volgens de equivalentmethode van het CML gewogen en bij elkaar opgeteld. De kwalitatieve gegevens worden zoveel mogelijk gekwantificeerd met behulp van een puntensysteem. De normalisatie is de vijfde stap. Hierin worden de milieueffecten vergeleken met een referentiemilieubelasting. De milieubelasting wordt uitgedrukt in milieubelastingpunten (MBP). De laatste stap omvat weging van de milieueffecten. Voor de weging is gebruik gemaakt van de Eco-indicator methode.

**Tabel B 10.1: Beide matrices van het TWIN-model, tevens inputvariabelen.**

TWIN-model MILIEU		grondstof- winning	productie materiaal	constructie gebouw	gebruik en onderhoud	sloop gebouw	afvalver- werking
<b>1.1</b>	<b>Grondstoffen</b>						
1.1.1	Uitputting schaarse biotische						
1.1.2	Uitputting abiotische						
1.1.3	Tempo uitputting						
1.1.4	Locatie/ winplaats						
<b>1.2</b>	<b>Verontreiniging</b>						
1.2.1	Verzuring						
1.2.2	Vermesting						
1.2.3	Broeikaseneffect						
1.2.4	Ozonlaag aantasting						
1.2.5	Zomersmog						
1.2.6	Wintersmog						
1.2.7	Zware metalen						
1.2.8	Pesticiden						
1.2.9	Warmte						
<b>1.3</b>	<b>Afval</b>						
1.3.1	Totale hoeveelheid						
<b>1.4</b>	<b>Hinder</b>						
1.4.1	Stank						
1.4.2	Geluid						
1.4.3	Calamiteiten						
1.4.4	Licht						
<b>1.5</b>	<b>Aantasting</b>						
1.5.1	Ruimtebeslag						
1.5.2	Verstoring						
<b>1.6</b>	<b>Energie</b>						
1.6.1	Uitputting niet-hernieuwbare						
1.6.2	Totale hoeveelheid						
<b>1.7</b>	<b>Herbruikbaarheid</b>						
1.7.1	Opnieuw gebruik bouwdeel						
1.7.2	verder gebruik bouwdeel						
1.7.3	Opnieuw gebruik materiaal						
1.7.4	Verder gebruik materiaal						
<b>1.8</b>	<b>Repareerbaarheid</b>						
1.8.1	Onderhoudscyclus						
1.8.2	Vervangingspercentage						
<b>1.9</b>	<b>Levensduur</b>						
1.9.1	Technische levensduur						
1.9.2	Economische levensduur						
TWIN-model GEZONDHEID		grondstof- winning	productie materiaal	constructie gebouw	gebruik en onderhoud	sloop gebouw	afvalver- werking
<b>2.1</b>	<b>Fysische gegevens</b>						
2.1.1	Elektromagnetische velden						
2.1.2	Elektrostatische velden						
2.1.3	Statische magneetvelden						
2.1.4	Radon en radioactiviteit						
2.1.5	Vochthuishouding						
<b>2.2</b>	<b>Chemische agentia</b>						
2.2.1	Vaste chemische agentia						
2.2.2	Vloeibare chemische agentia						
2.2.3	Gasvormige chemische agentia						
<b>2.3</b>	<b>Biologische agentia</b>						
2.3.1	Bacteriën						
2.3.2	Virussen						
2.3.3	Parasieten						
2.3.4	Schimmels						
<b>2.4</b>	<b>Ergonomie</b>						
2.4.1	Tillen						
2.4.2	Werkhouding						
<b>2.5</b>	<b>Veiligheid</b>						
2.5.1	Ongelukken						
2.5.2	Afscherming/ bescherming						

Bron: (Haas, 1998: p136-137).

## BIJLAGE 11; GREENCALC

De rekenmodule van GreenCalc geeft inzicht in diverse aspecten van de milieubelasting van een bouwproject voor zowel nieuwbouw als renovatie. GreenCalc is ingedeeld in vier modules waarover de milieueffecten worden beschouwd. Deze modules zijn materiaal, energie, water en mobiliteit.

Per module kunnen in de procesboom de keuzen die de gebruiker maakt ingevoerd worden. Soms is deze keuze geheel vrij, maar vaak moet een keuze uit een tabel gehaald worden. In tabel B 11.1 staan de verschillende inputvariabelen en de keuzen die ingevoerd moeten worden. GreenCalc berekent vervolgens de milieubelasting over deze keuzen.

De materiaalmodule is gebaseerd op het TWIN-model, waarin naast kwantitatieve ook kwalitatieve gegevens zijn verwerkt. De materialen en constructies worden op verschillende aspecten beoordeeld. Voor verdere uitleg van het TWIN-model zie bijlage 10. In GreenCalc worden alleen de milieucriteria berekend. Dit zijn grondstoffen, verontreiniging, afval, hinder, aantasting, energie gebruik, herbruikbaarheid, repareerbaarheid en levensduur. Alleen inventariseren en aggregeren worden uit het TWIN-model overgenomen. De monetarisering vervangt de overige stappen. Inventariseren houdt in dat de milieu- en gezondheidsgegevens van een product verzameld worden. Alle levensfasen van winning van grondstoffen tot en met afvalverwerking, worden hierbij in beschouwing genomen.

Tijdens de aggregatiestap worden de milieugegevens gesorteerd naar milieueffecten. De kwantitatieve gegevens worden gewogen bij elkaar opgeteld volgens de equivalentenmethode van het CML. De kwalitatieve gegevens worden tevens gesorteerd naar milieueffect. Om het subjectieve karakter zoveel mogelijk in te kaderen, zijn de kwalitatieve milieucriteria ingedeeld volgens verschillende prestatiebeschrijvingen. Afhankelijk van het prestatieniveau worden aan de kwalitatieve milieudata milieubelastingpunten toegekend. (Linden et. al., 2000).

GreenCalc geeft de verdeling van de milieubelasting als gevolg van materiaalgebruik weer in zes hoofdcriteria. Dit zijn grondstoffen, verontreiniging, afval, hinder, aantasting en energie. Tevens wordt de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot als gevolg van het materiaalgebruik bepaald (DGMR en Sureac, 1998).

De energiemodule is gebaseerd op de energieprestatie voor utiliteitsbouw (NEN 2916). Deze is vergelijkbaar met de NEN 5218 die in § 3.1.1 en bijlage 2 besproken is. Bij de energiegebruiks-berekening voor ruimteverwarming geldt dat een aantal variabelen vrij wordt ingevoerd. Glas- en kozijnverdeling is niet als in de norm 75%-25%, maar is variabel. Er kan met een afwijkend rendement gerekend worden voor opwekkings- en systeemrendement. Tevens kunnen resultaten die berekend zijn met NPR 2917:1999 en NPR 5129:1999 voor Windows geïmporteerd worden.

**Tabel B 11.1: Inputvariabelen en opties in GreenCalc.**

	<b>Input</b>	<b>Gegevens</b>	<b>Berekenen</b>	<b>Forfaitair</b>
Gebouw	Gebouwwontwerp  Budget Architect	- Oppervlaktes gevels - Bouwlagen - Aantal werknemers - Oriëntatie en raamoppervlak		
Materiaal	Installatie voorzieningen  Fundering Gevels Beganegrondvloer Dak Bovenbouw Afbouw Vaste inrichting Terrein	- Binnenriolering - Dakgoten - Elektriciteitsleidingen - Gasleidingen - Hemelwaterafvoer - Waterleidingen <i>De tabel is te uitgebreid om alles te behandelen.</i>		
Energie	Gebouwgebruik  Klimatisering  Warmtapwater  Verlichting  Apparatuur  Correcties Groene stroom	- Gebouwgebruik - Interne warmtelast - Warmteopwekking - Klimaatsysteem - Warmte terugwinning - Regelsysteem ventilatoren - Zonnecollector - Tapwater - Bevochtiging - Verlichtingsysteem - Verlichtingsschakeling - Oppervlakte daglichtsector - Regelfactoren - Branduren per jaar - Apparaten - Liften - PV-panelen - Inlopen groene stroom certificaten	Zelf berekenen  Maar het is ook mogelijk andere opties in te vullen.      Zelf berekenen  „	Tabellen  „  „
Water	Voorzieningen  Sanitair  Regenwater	- Kookvoorzieningen - Bevochtiging - Sportvoorzieningen - Besproeiing groenvoorziening - Toiletten - Kranen en douches - Regenwater - Oppervlakte water - Geen substitutie		Tabel  „  „
Mobiliteit	Locatie Openbaarvervoer Eigen vervoer			„ „ „

Bron: (Linden et. al., 2000)

Voor de berekening van het energiegebruik voor ventilatie gaat GreenCalc uit van het vermogen en het aantal draaiuren. Verlichting wordt aan de hand van vermogen, branduren en

verlichtingsregeling berekend. Tevens wordt het energiegebruik van apparatuur als computers, printers en kopieerapparaten en liften meegenomen.

In GreenCalc zijn vaste bedrijfstijden van 8.00 tot 18.00 uur opgenomen, maar een lagere tijd is ook in te voeren. Om nieuwe energiebesparingstechnieken te kunnen waarderen is een correctiepost opgenomen. Hiermee kunnen bijvoorbeeld PV-panelen gewaardeerd worden.

De berekeningsmethodiek voor de watermodule is overgenomen van de waterprestatienormering ontwikkeld door bureau OpMaat en Boom. In de watermodule wordt het totale drinkwatergebruik en de hoeveelheid afvoer naar het riool berekend. De drinkwaterberekening bevat de onderdelen voorzieningen, sanitair en regenwater. De besparing op drinkwater door middel van waterbesparende maatregelen is evenredig met de verminderde afvoer van water naar het riool. Het gebruik van regenwater voor toiletten is afhankelijk van het dakoppervlak, type dakbedekking en de grootte van het waterreservoir.

De mobiliteitsmodule bevat de onderdelen locatie, openbaar vervoer en eigen vervoer. Het gebruik van de verschillende vervoersmiddelen wordt ingeschat aan de hand van diverse invoergegevens. Omdat verschrikkelijk veel afwegingen gemaakt kunnen worden zijn in GreenCalc 25 scenario's samengesteld. Deze scenario's nemen de gemiddelde bereikbaarheid van een gebouw, op een bepaalde locatie en de gebruiksfunctie in ogenschouw.

De beoordelingscriteria zijn;

- Ligging en functie van het gebouw waarbij de locatie, bebouwingsdichtheid en de aard van de werkzaamheden aan bod komen.
- Conditie openbaar vervoer waarbij de frequentie en de afstand tot de meest nabije opstapplaatsen van belang zijn.
- Conditie eigen vervoer waarbij de afstand tot de dichtsbijzijnde snelwegaansluiting, de afstand tot de meest nabije parkeergelegenheid, soort ontsluiting, aantal personen per auto en de voorzieningen voor fiets- en voetgangersverkeer mee genomen worden.

In de module wordt uitgegaan van een straal van 25 kilometer rond het gebouw met een bevolkingsdichtheid van maximaal 600 personen per ha. De module berekent niet alleen de schadelijke stoffen die vrijkomen bij gebruik, maar ook vervuiling door de productie van de vervoersmiddelen en de benodigde infrastructuur.

Na het invoeren en berekenen van de verschillende modules kunnen de milieukosten uitgedrukt worden. In GreenCalc worden de milieukosten uitgedrukt in guldens of Euro's. Milieukosten zijn de herstel- of preventiekosten van de totale milieuschade die door de bouw en het gebruik van een gebouw ontstaan. Afhankelijk van het (gekozen) duurzaamheidsniveau en het tijdspad om dat te bereiken kunnen de milieukosten een factor 10 uiteenliggen. Om de milieukosten zoveel mogelijk te laten aansluiten bij de bedrijfskosten is gekozen voor de laagste kosten. Deze worden berekend op basis van het daadwerkelijke ontwerp van een gebouw en hebben betrekking op de totale levensduur. Voor het opstellen van het milieubudget wordt gebruik gemaakt van een referentiegebouw. De milieukosten van het referentiegebouw worden op 100 gesteld en vergeleken met het nieuw ontworpen gebouw. De uitkomsten van de berekeningen van het referentiegebouw vormen het kader waaraan een ontwerp getoetst wordt.

## BIJLAGE 12; ECO-QUANTUM

Eco-Quantum is een instrument voor de PC dat de milieuprestatie over de totale levensduur van een gebouw berekent en die uitdrukt in milieumaten en -effecten. Eco-Quantum maakt gebruik van de LCA-methode van het CML. De database is gevuld met gegevens die uit LCA-studies verkregen zijn. Voor uitleg over de LCA-methode zie bijlage 1. In de toekomst zal het programma rekenen met Milieurelevante Productinformatie (MRPI) van de toeleverende industrie. Voor meer over de MRPI zie bijlage 13.

In tabel B 12.1 komen de verschillende inputvariabelen en opties met betrekking tot de Eco-Quantum aan de orde. Tevens wordt uitgelegd welke waarden berekend worden en welke forfaitair zijn.

**Tabel B 12.1: Inputvariabelen, opties, vereiste berekeningen en forfaitaire waarden.**

	<b>Input</b>	<b>Gegevens</b>	<b>Berekenen</b>	<b>Forfaitair</b>
Woning	Afmetingen	- Gebruiksoppervlak - Inhoud - Terrein oppervlak - Tuin oppervlak		
Materialen	Fundering Gevels Binnenwanden Vloeren Daken Transport Installaties  Inrichting	<i>Door al deze opties uit te splitsen ontstaat een te lange lijst.</i>  - Ruimte verwarming - Water afvoer - Water - Luchtbehandeling - Elektrisch	Hoeveelheden van producten moeten ingevoerd worden. Het programma rekent de milieueffecten uit via de LCA-methode.	Alle waarden zitten in het programma per suboptie.
Energie	Ruimte verwarming  Warmtapwater Hulpenergie Verlichting Ventilatie Koeling Bevochtiging	- Gas gestookt of elektrisch „ „		Karakteristieke energiegebruik in MJ uit de EPN (Q-waarden)
Water	Tappunten  Waterbron  Hemelwater  Grijswater	- Reservoirinhoud WC - Inhoud bad - Debiet kranen/ douche - Grondwater - Oppervlakte water - Neerslag per jaar - Dak oppervlak - Afvloeiing - Vrij verval - Pompsysteem		Tabel „ „ één van de twee of Nederlands gem.  Vaste waarde

Bron: (Mak et. al., 1999)

De invoergegevens die nodig zijn bestaan uit vier onderdelen. In tabel B12.1 worden deze inputgegevens weergegeven. Ten eerste zijn er gebouwgegevens waaronder levensduur en afmetingen. De levensduur van het gebouw is standaard op 75 jaar ingesteld maar kan aangepast worden.

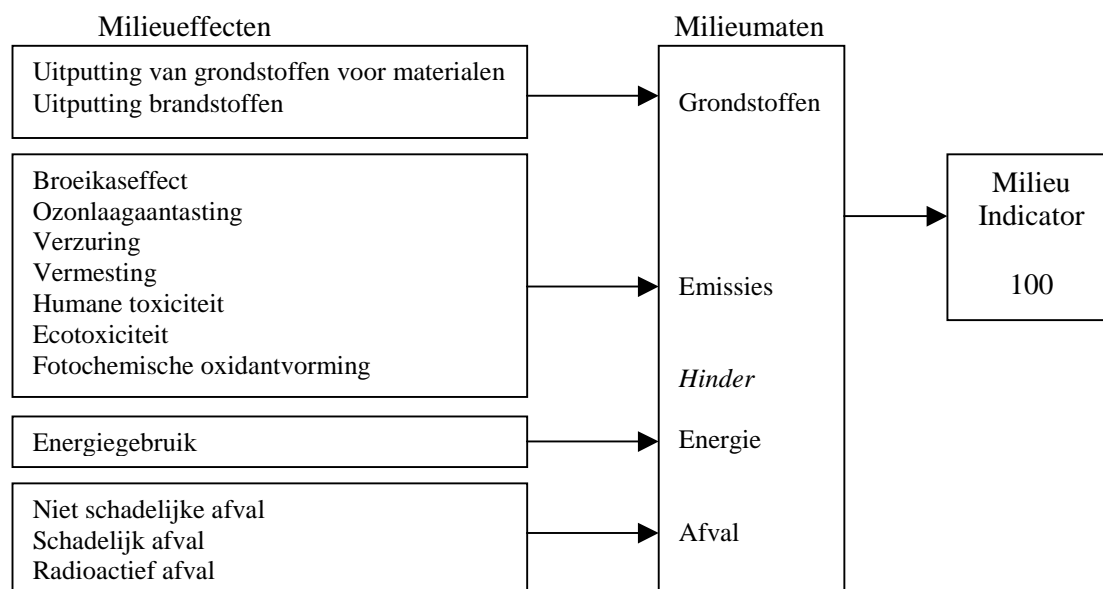
Ten tweede zijn er de energiegegevens. Deze worden uit de energieprestatienorm, NEN 5128 ingevuld (zie paragraaf 3.1.1). In de lente van 2001 gaat de Eco-Quantum 2.00 met de NEN 5128 geïntegreerd worden. Dan gaat men een actieve koppeling tussen de beide programma's leggen. Dit houdt in dat een wijziging in de materiaalmodule van Eco-Quantum leidt tot een wijziging in de EP-berekening en omgekeerd (SBR en SEV, 2000).

Ten derde moeten de waterprestatiegegevens worden ingevoerd. Hierbij wordt gekeken naar het aantal tappunten, welke waterbronnen gebruikt zijn en de gebruikte materialen.

Tot slot moeten de materiaalgegevens ingevoerd worden. Eco-Quantum kent een boomstructuur die bestaat uit 4 niveau's: het complete gebouw, 8 bouwdeelen, 24 elementen en 60 componenten (Kortman, J., 1998). Die laatste is weer onderverdeeld in component alternatieven en sub-alternatieven. De invoerkeuzen worden gemaakt op componentniveau. Bij het uitrekenen van het milieueffect wordt rekenenig gehouden met de hoofdonderdelen, hulpmiddelen, onderhoudsmiddelen en bouwafval.

Eco-Quantum gaat ervan uit dat door recycling uit het gebouw minder sloopafval ontstaat. In de LCA-methodiek is de allocatie van recycling nog niet uitgekristalliseerd. Daarom maakt de Eco-Quantum gebruik van de Loopmethode (Mak et. al., 1999: p. 55.) Bij deze Loopmethode worden input en output beide gealloceerd. Wanneer secundair materiaal in de bouw wordt ingezet, vinden bij de productie in vergelijking met primaire materiaal meestal minder milieuingrepen plaats. Als de economische waarde van het te recyclen materiaal positief is, wordt de keten afgekapt en de opwekking volledig toegekend aan de ontvangende schakel. Anders wordt een deel aan de woning toegekend.

**Figuur B 12.1: Milieuthema's, milieumaten en Milieu Indicator als uitvoermogelijkheden van de Eco-Quantum.**



Bron: (Mak et. al., 1999: p. 3.)

De uitkomst van de berekeningen kan op drie verschillende manieren weergegeven worden zoals in figuur B 12.1 is te zien. De milieuthema's bestaan deels uit ingrepen en deels uit effecten. Per milieueffect worden de materiaal- en energiegebonden milieubelasting aan-



gegeven. De materiaalgebonden milieubelasting kan ook uitgesplitst worden naar bouw-materiaal, element en component.

Voor de milieumaten zijn de maten van Milieuberaad Bouw aangehouden. Hinder is hierin niet geoperationaliseerd. De milieu-indicator is de som van de genormaliseerde en gewogen milieueffecten die behoren bij de grondstoffen en emissies. Het getal 100 is als referentie gehanteerd. Een woning met een lagere score dan 100 heeft een betere milieuprestatie dan de referentiewoning van Novem. (Mak et. al., 1999). In Eco-Quantum wordt de de MET-pointsmethode (TNO/TU Delft) gehanteerd. De MET-methode is een zogenaamde Distance-to-Target-methode, waarbij de afstand van de huidige milieubelasting tot doelstellingen van de rijksoverheid de weefactor bepaalt. Normalisatie en weging zijn nog in ontwikkeling. SEV en SBR raden aan de milieu-indicator niet voor externe communicatieve doeleinden te gebruiken.



## BIJLAGE 14; SAMENVATTING KENMERKEN REKENINSTRUMENTEN

Instrument	EPN	EPL	OEI	VPL	WPN	SPN	MMG	TWIN-model	Eco-Quantum	GreenCalc	Boilsim
<b>Eind parameter/ dimensie</b>	Normgetal (4,0-0), MJ/jaar	Normgetal (0-10), MJ/jaar	Uitstoot CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>x</sub> , EPL, MJ/jaar kosten: guldens	Indexcijfer 100=referentie MJ/jaar	Normgetal (2,0-0,1), l/dag	Normgetal, (?) mSv/jaar	Milieuprofiel, (milieumaten en milieu-indicator)	Milieu-index, (1-7 en +,0,-)	Milieuprofiel, - maten, indicator, hoeveelheden	Milieueffecten, in guldens	MJ/ jaar
<b>Reken waarden</b>	Vaste rekenwaarden constructies, oriëntatie, installaties, reductie, correctie. Zelf berekenen mogelijk	Vaste rekenwaarden energiefuncties, dragers en duurzame energie. Zelf berekenen mogelijk	Rekent met basis gegevens tenzij anders is ingevoerd, naar EPC toe, mits binnen reikwijdte wordt gebleven.	Programma berekent het energiegebruik aan de hand van ruimtelijke gegevens	Vaste Rekenwaarden normgebruik, gebruikersge drag en leidingssoort	Aan de hand van vaste activiteiten concentraties wordt de stralingsbelasting berekend	Vereenvoudigde variant; LCA-berekeningen met default waarden uit matrices. Specifieke variant; LCA zelf bereken	Bereken kwantitatieve gegevens met LCA-methode. Rekening houdend met levensduur, reparatiebaarheid herbruikbaarheid	Berekeningen met default waarden uit databestand, rekening houdend met vervanging en recycling	Berekeningen met default waarden uit databestand. Rekening houdend met vervanging en recycling	Berekening aan de hand van eigenschappen van installaties, gebouw en gebruikersgedrag
<b>Vaste waarden</b>	Forfaitaire waarden; koeling, verlichting	Forfaitaire waarden; Energiegebruik gebouw, utiliteitsfunctie	Forfaitaire waarden voor energiegebruik	Forfaitaire waarden; brandstofgebruik, bezettingsgraad	Forfaitaire waarde bij onbekend toestel	Forfaitaire waarde correctie factoren.	Forfaitaire waarden in matrices	Kwalitatieve gegevens default waarden in tabellen	Invoer Q-waarden uit de EPN voor energiemodule	Mogelijk importeren gegevens EPN-programma	
<b>Systeemgrenzen</b>	De woning, verwarmde zones	De gehele nieuwbouwwijk	De gehele wijk opgedeeld in energiezones	1000-10.000 of 600-3000 of 200-400 woningen/ wijk	Woning/ woongebouw	De verblijfsruimten in de woning	Woning/ woongebouw, constructie onderdelen	Product via functionele eenheid.	De woning	Kantoorgebouw + verkeer: 25 km rond gebouw	Installatie systeem in de woning.
<b>Levensduur</b>	-	Wijk 30 jaar	-	-	-	-	Gebouw 75 jaar	Gebouw 75 jaar	Gebouw 75 jaar	Gebouw 75 jaar	-
<b>Levenscyclus</b>	Gebruiksfase van gebouw	Gebruiksfase van de wijk	Gebruiksfase van de wijk	Gebruiksfase van de wijk, woning, productie, transport van brandstoffen	Gebruiksfase van de woning	Gebruiksfase van woning.	Volgens LCA-methode en opgesplitste naar product-, gebouw-, en afdankfase	Grondstof winning, productie, constructie, gebruik, sloop, afvalverwerking	Volgens de LCA-methode	Volgens de LCA-methode	Gebruiksfase van installatie.
<b>Milieu-problemen</b>	Energie, CO <sub>2</sub>	Energie, CO <sub>2</sub>	Energie, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> en SO <sub>s</sub> .	Energie, CO <sub>2</sub> , (NO <sub>x</sub> , terugdringen geluidhinder en verbeteren ruimtelijke kwaliteit)	Waterverbruik	Gamma en radon straling.	Uitputting abiotische en biotische grondstoffen, broeikas effect, ozonlaag aantasting, humane toxiciteit, ecotoxiciteit voor water en land, verzuring, vermesting	LCA-indicatoren voor verontreiniging + grondstoffen, afval, aantasting, energie. Tevens zijn criteria voor gezondheid opgesteld	Uitputting grond en brandstoffen, broeikas effect, ozonlaag aantasting, verzuring, zware metalen, afval, zomer- en wintersmog, pestificiden, aantasting, hinder kans calamiteiten energiegebruik	Uitputting grond en brandstoffen, broeikas effect, ozonlaag aantasting, verzuring, zware metalen, afval, zomer- en wintersmog, pestificiden, aantasting, hinder kans calamiteiten energiegebruik	Energie, CO <sub>2</sub> .
<b>Wettelijke status</b>	Bouwbesluit	Vrijwillig	Vrijwillig	Vrijwillig	Toekomst in Bouwbesluit	Bouwbesluit	Toekomst in Bouwbesluit	Vrijwillig	Vrijwillig	Vrijwillig	Vrijwillig

## BIJLAGE 15; ENERGIEBESPARINGSOPTIES

**Tabel B 15.1: Energiebesparingsopties en rekeninstrumenten waarin ze aan bod komen.**

Gebouw	Rekeninstrument	Wijk	Rekeninstrument
Zongericht bouwen		Zongericht verkavelen	
Isolatie - Schil - Deuren en ramen - Luiken - Koudebruggen - Kierdichting	EPN, EQ, GC EPN, EQ, GC, SPN EPN EPN EPN, SPN	Compact bouwen - Bloklengte - Woningbreedte - Stapelen woningen - Woningen boven utiliteit	
Dak typen - Plat - Hellend - Vegetatie	EQ, GC EQ, GC	Kruipruimte in relatie - Tot. warmtenet - Tot. bouwrijp maken - Tot. radon	SPN
Schuin dak op het zuiden - Zonneboiler - PV-systeem - Hellingshoek tussen 30-60°	EPN, EQ, GC EPN, EQ EPN	Collectieve warmte levering - Warmte-kracht-koppeling (WKK) - Restwarmte - Warmtepomp	EPN, EPL, EQ, GC EPN, EPL, EPN, EPL, EQ, GC
Passieve zonne-energie - Licht toetreding leefruimten - Serres/ gesloten balkons - Glasoppervlak tot plafond	EPN EPN EPN	Collectief warmtenet - Kort leidingnet - Isolatie leidingen - Verkaveling - Individuele bemetering	EPN EPN EPN EPN
Voorkom oververhitting - Zonnewering - Overstekken	EPN EPN	Beperk licht absorptie door belendende gebouwen - Kleur van de gevel	
Compartimentering - Tochtportalen - Geen open trap woonkamer - Gesloten keuken	EQ	Toepassen PV-panelen - Woningen - Utiliteitsgebouwen - Geluidsschermen	EPL EPL EPL
Verwarmingsinstallatie - Opwekkingsrendement - Systeemrendement - Controle systeem	EPN, BS EPN, BS EPN, BS	Duurzame energie - Windenergie - Zonne-energie - Biomassa	EPL EPL EPL
Ventilatie systemen - Warmte terugwinning - Gebalanceerd - Natuurlijke ventilatie	EPN, EQ, GC EPN, EQ EPN, EQ, GC	Voorkom schaduw - Andere gebouwen - Bomen - Belemmeringhoek	EPN EPN
Passieve/ natuurlijke koeling	EPN	Oplopende bebouwing noord zuid	
HR-ketels	EPN, EQ, GC	Seizoensopslag	
Warmte terugwinnen douchewater		Windluw ontwerpen	
Beperk de leiding verliezen - Isolatie leidingen - Korte leidingen tot tappunt	EPN, EQ, BS EPN, EQ, GC, BS	Groen - Passieve koeling - Biogas	
Distribute water - Vrijverval - Pompen	EQ EQ	Langzame verkeer infrastructuur - Vormgeving - Sociale veiligheid	GC, VPL VPL
Lage temperatuurverwarming - Grotere radiatoren - Wand/vloerverwarming	EPN, BS EPN, BS	Openbaarvervoer (OV) - Haltes - Frequentie - Aansluiting fiets/ OV	GC, VPL GC, VPL GC, VPL
Liften of trappen	GC	Afstand utiliteitsgebouwen - Scholen - Winkels - Kantoren	VPL VPL GC, VPL
Seizoensopslag		Bebouwingsdichtheid	GC, VPL
Verlichting - Daglicht geschakeld - Spaarlampen - Vertrekschakeling		Parkeren - Afstand parkeerplaats - Betaald parkeren - Deelauto systemen - Carpool mogelijkheden	GC, VPL VPL VPL VPL
- Hotfill aansluitingen - Gasstopcontacten - Zuinige elektrische apparaten	GC	Bezettingsgraad - Auto - OV	GC, VPL VPL
Geen open haard		Groene stroom certificaten	GC,
Brede vensterbanken boven radiatoren		Fiets - Fietsenstalling - Fietsberging woning	

In tabel B 15.1 worden de volgende afkortingen gehanteerd.

EPN : Energieprestatienorm  
EPL : Energieprestatie op locatie  
OEI : Optimale Energie Infrastructuur  
EQ : EcoQuantum  
GC : GreenCalc  
SPN : Stralingsprestatienorm  
VPL : Verkeersprestatie op locatie  
BS : Boilsim

## BIJLAGE 16: ENERGIEGEBRUIK VOOR DE STEDENBOUWKUNDIGE THEMA'S PER HUISHOUDEN.

Voor de berekening van het energiegebruik voor verschillende stedenbouwkundige thema's per huishouden is Wentink (2000) uitgegaan van een gemiddeld Nederlands huishouden. In de gebouwde omgeving zijn de belangrijkste energiedragers: aardgas, elektriciteit en motorbrandstof. Voor het rendement van een elektriciteitscentrale is uitgegaan van 40%. Voor de energie-inhoud van aardgas is uitgegaan van 35 MJ/m<sup>3</sup>. Het directe energiegebruik wordt vooral bepaald door het energiegebruik voor het binnenmilieu, het verwarmen van tapwater en het vervoer van personen. Het indirecte energiegebruik door huishoudens wordt vooral veroorzaakt door het inkopen van goederen en diensten, zoals bouwmaterialen, openbaar vervoer en utiliteitsfuncties. In tabel B 16.1 wordt het energiegebruik per huishouden naar de verschillende stedenbouwkundige thema's uitgesplitst.

**Tabel B 16.1: Overzicht van energiegebruik voor stedenbouwkundige thema's per huishouden**

Wijkniveau	Gebouwniveau	Invloed op energiegebruik	Energiegebruik (MJ/huishouden/jaar)	Percentage
Afval		Transport	384	0,2%
		Verwerking	-3125	-2,0%
Bebouwing	Materiaalgebruik	Infrastructuur	1350	0,9%
		Productie Onderhoud Gebruik	9093	5,8%
	Binnenmilieu	Ventilatie	895	0,6%
		Verwarming	54525	34,8%
		Koeling	132	0,1%
		Verlichting	4860	3,1%
		Apparaten	22451	14,3%
Waterhuishouding	Watergebruik	Warmtapwater	17332	11,1%
		Pompen	-	-
		Waterstand	-	-
		Transport Zuiveren	853 1928	0,5% 1,2%
Groenvoorziening		Onderhoud	-	-
		Verdamping <sup>1</sup>	-218	-0,1%
		Beschaduwning	-	-
Verkeer		Vervoer	42060	26,9%
		Productie	39	0,0%
		Onderhoud	692	0,4%

<sup>1</sup> Dit is de maximale besparing als gevolg van verminderde koeling

Per thema wordt aangegeven waaruit het gegeven energiegebruik berekend is.

Bij het thema afval zijn twee aspecten onderscheiden die van invloed zijn op het energiegebruik. Het transporteren van afval kost energie. Per huishouden is 30 seconden nodig om het afval op te halen, waarbij is uitgegaan dat het primaire energiegebruik van 0,246 MJ/s.

Tevens kan uit afval energie teruggewonnen worden dat aan de huishoudens wordt teruggeleverd. In 1996 is 1,851 GWh elektriciteit en 3,2 PJ warmte uit 3500 kton afval opgewekt. Hierbij is uitgegaan dat per huishouden is 482 kg afval werd opgehaald.

Bij infrastructuur blijken vooral de straatverlichting en verkeerslichten een grote rol te spelen. Hierbij is uitgegaan van 150 kWh elektriciteit per huishouden.

Het energiegebruik voor de productie, onderhoud en afdanking van bouwmaterialen bedraagt 681 GJ voor de gehele levensduur van een woning. Hierbij is uitgegaan van een levensduur van 75 jaar voor een Twee-onder-één-kap referentiewoning. Op deze woning is groter dan die van een gemiddeld huishouden, maar op deze manier wordt het materiaalgebruik van wijk-gerelateerde utiliteitsfuncties gecompenseerd.

Het thema binnenmilieu kent verschillende energiegebruikers. Hiervoor wordt zowel aardgas als elektriciteit gebruikt. In tabel B 16.2 wordt het elektriciteitsverbruik van verschillende functies per jaar per gemiddeld Nederlands huishouden weergegeven.

**Tabel B 16.2: Gemiddeld elektriciteitsverbruik voor verschillende functies.**

Functie	Elektriciteitsverbruik (kWh)	Percentage van de groep
Verwarming	234	7 %
Ventilatie	98	2 %
Koeling	14	1 %
Verlichting	540	16 %
Warmtapwater	278	8 %
Apparaten	2190	66 %
Totaal	3354	100 %

Bron: (EnergieNed, 1998)

Voor verwarming, warmtapwater en koken is respectievelijk uitgegaan van 77 %, 19 % en 4 % van het totale gasverbruik. Een gemiddeld huishouden gebruikte in 1998 1945 m<sup>3</sup> aardgas.

Water moet zowel gezuiverd als getransporteerd worden. 2786 MJ wordt gebruikt voor de totale waterketen. Hiervan is 853MJ voor het transport en 1227 MJ voor het zuiveren van drinkwater. De rest is voor het zuiveren van afvalwater.

Door evapotranspiratie van planten koelt de lucht in de omgeving van de plant af. Er wordt van oververhitting in een ruimte gesproken als de temperatuur hoger is dan 25°C. Het aantal oververhittingsuren wordt geschat op 200 per jaar. In deze periode kan gekoeld worden met airconditioning met een COP van 2,5. De maximale besparing die kan ontstaan als gevolg van verdamping is hiermee berekend op 218 MJ per jaar.

Bij vervoer van personen moet onderscheid gemaakt worden tussen het gebruik van auto's en openbaar vervoer. Tevens wordt het energiegebruik van de productie en onderhoud van auto's berekend. Er worden drie soorten brandstoffen onderscheiden voor auto's; benzine, diesel en LPG. Benzine-auto's leggen gemiddeld 45% minder kilometers af dan auto's die op diesel en LPG rijden. Het totaal gewogen energiegebruik van personenauto's komt in Nederland op 187.459 MJ per jaar. Er is uitgegaan van 0,87 auto per huishouden. Tevens is rekening gehouden met de verdeling van het wagenpark.

De productie en onderhoud van auto's bedragen respectievelijk 0,1 % en 1,6% van het brandstofgebruik van de wagen, waarbij is uitgegaan van een levensduur van 11 jaar per auto.

**Tabel B 16. 3: Reizigerskilometer openbaar vervoer en het energiegebruik**

Transportmiddel	Totaal aantal reizigerskilometers (10 km/jaa)	Energiegebruik (MJ/km)
Trein	14,9	0,79
Bus, tram, metro	6,3	0,98
Besloten busvervoer	6,3	0,98
Taxi	2,4	2,5

(Wentink, 2000)

Voor busvervoer is aangenomen dat een bus een gemiddeld aantal passagiers van 13,4 vervoert.