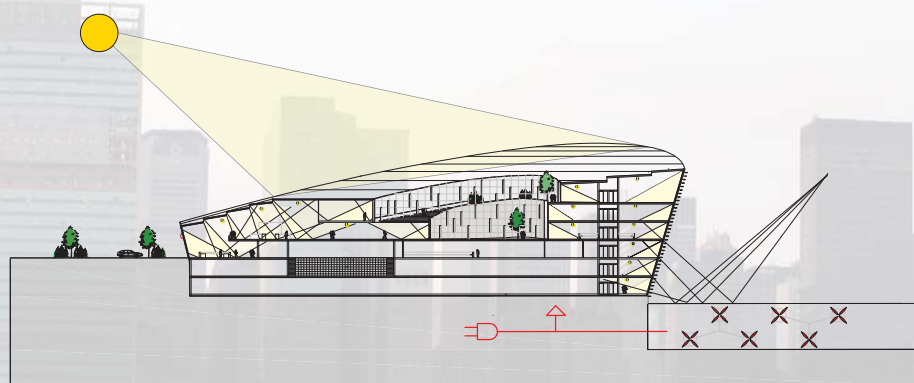
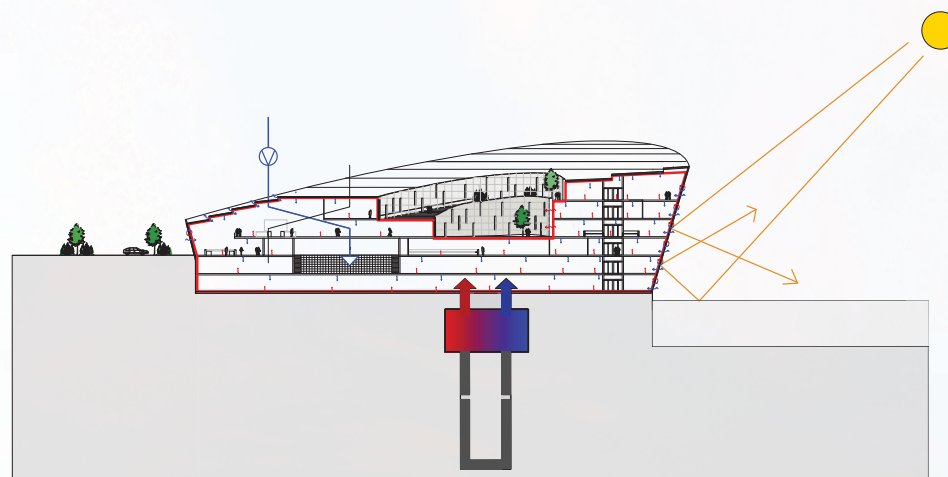


ONTWERPMETHODIEK VOOR ENERGIENEUTRALE UTILITEITSGEBOUWEN

- onderzoeksverslag -



Een energieneutraal United Nations Environmental Council

Femke Corporaal
Januari 2012



Afstudeerverslag

Ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen
Een energieneutraal United Nations Environmental Council

Definitieve versie
24-01-2012

Femke Corporaal
St. nr: 1273922

Architectuur, Bouwtechniek & Duurzaamheid

SADD, Materialisation
Faculteit Bouwkunde
Technische Universiteit Delft

Mentoren Bouwtechniek:
Ir. S. Broersma
Dr. Ir. A. van Timmeren
Ir. F. Schnater

Mentoren Architectuur:
Ir. H. van Bennekom
Ir. B. Gremmen

VOORWOORD

Dit bouwtechnische onderzoek is onderdeel van het duaal afstudeertraject van architectuur en bouwtechniek. Het onderzoek zal het Strategic Architectural Design Development (SADD) ontwerpproject aanvullen. Doel is om met het bouwtechnische onderzoek de architectuur tot een hoger niveau te brengen. Uiteindelijk gaat het erom hoe het bouwtechnische idee zich vertaalt in architectuur. Duaal afstuderen gaat erom hoe bouwtechniek en architectuur kunnen samenwerken en elkaar kunnen complementeren.

Voor de afstudeerrichting Strategic Architectural Design Development (SADD) zal ik het 'United Nations Environmental Council' ontwerpen, een toevoeging aan het Verenigde Naties hoofdkantoor in Manhattan. Dit gebouw zal de organisatie huisvesten die op wereldniveau het beleid voor duurzaamheid gaat uitzetten, van waaruit duurzame ontwikkelingen en maatregelen wereldwijd genomen kunnen worden. Het gebouw zelf dient een duurzame boodschap uit te dragen. Dit heeft mij aangezet om na te denken over duurzame architectuur.

In 1983 heeft de Verenigde Naties de Brundtland Commissie bijeengeroepen om de groeiende bezorgdheid met betrekking tot de versnelde verslechtering van de leefomgeving en natuurlijke bronnen en de consequenties van deze achteruitgang voor economische en sociale ontwikkeling aan te pakken. Het resultaat was het rapport 'Our common future', welke uitwijdt over het begrip 'duurzame ontwikkeling'. Dit heeft het fundament gelegd voor het beleid achter duurzame ontwikkeling van de Verenigde Naties.

In 2007 bekrachtigde de Verenigde Naties 'The Triple bottom line' (people, planet and profit) aanpak en dit werd de overheersende criteria voor het meten van organisatorisch succes. Het 'people' en 'planet' aspect van de 'triple bottom line' zijn in de Verenigde Naties goed vertegenwoordigd door de 'Economic and Social Council', de 'Security Council', en de 'Court of Justice, terwijl het 'Planet' aspect slechts wordt vertegenwoordigd in programma's zoals het United Nations Environmental Programm (UNEP). Het ontwerpproject beroept op de ontwikkeling van een coördinerende Verenigde Naties council, welke de kracht heeft om zorg te dragen voor de problemen op 'planet' niveau; 'The United Nations Environmental Council'. Deze council zal zich vestigen in een nieuw gebouw, welke een architectonisch voorbeeld voor duurzaamheid zal zijn.

De Verenigde Naties zijn een internationale organisatie opgericht in 1945 door 51 landen. Het is een intergouvernementele organisatie die samenwerkt op het gebied van het internationale recht, mondiale veiligheid, behoud van mensenrechten, ontwikkeling van de wereldeconomie en het onderzoek naar maatschappelijke en culturele ontwikkeling. Het hoofdkantoor is gevestigd in New York, maar het Verenigde Naties grondgebied wordt gezien als internationaal grondgebied, onafhankelijk van de Verenigde Staten.

Ik heb de duurzame ambitie ontwikkeld om het UNEC energieneutraal te ontwerpen. Door het gebouw energie neutraal te ontwerpen wordt het gebouw minder afhankelijk van het energienet van de Verenigde Staten en bepaald alleen haar locatie nog de afhankelijkheid van de Verenigde Staten. Haar onafhankelijke karakter wordt hiermee versterkt.

Dit onderzoeksrapport is het resultaat van een half jaar onderzoek naar een ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen in het algemeen en de mogelijkheid tot het realiseren van een energieneutraal United Nations Environmental Council in het bijzonder. Ik wil graag mijn mentoren bedanken voor de begeleiding die ze mij gegeven hebben bij de ontwikkeling van het onderzoek.

Femke Corporaal

INHOUDSOPGAVE

SUMMARY	6
1 INLEIDING.....	10
1.1 <i>Achtergrond</i>	10
1.2 <i>Aanleiding onderzoek.....</i>	12
1.3 <i>Probleemstelling en onderzoeksvragen</i>	12
1.4 <i>Opzet van het onderzoek.....</i>	13
1.5 <i>Leeswijzer/opzet verslag</i>	15
DEEL I - GENERIEK ONDERZOEK	
2 ENERGIENEUTRAAL.....	18
2.1 <i>Definiëring van de term energieneutraal</i>	18
2.2 <i>Vaststelling definitie 'Ergieneutraal':</i>	20
2.3 <i>Conclusies.....</i>	21
3 PROGRAMMA VAN MOGELIJKHEDEN	22
3.1 <i>Programma van Mogelijkheden.....</i>	22
3.2 <i>Energievraag verminderen.....</i>	24
3.3 <i>Reststromen hergebruiken.....</i>	24
3.4 <i>Energie uit hernieuwbare bronnen.....</i>	24
3.5 <i>Opslagmethoden</i>	25
3.6 <i>Omzettingstechnieken van energie.....</i>	27
3.7 <i>Conclusie</i>	27
4 DE ENERGIE POTENTIE SCAN	29
4.1 <i>Methodiek van de energie potentie scan.....</i>	29
4.2 <i>Historische en geografische context</i>	31
4.3 <i>Conclusie</i>	36
5 ENERGIEVERBRUIK UTILITEITSGEBOUWEN.....	37
5.1 <i>Comfort</i>	37
5.2 <i>Energievraag</i>	37
5.3 <i>Energiedata.....</i>	39
5.4 <i>Energievraagpatronen.....</i>	42
5.5 <i>Conclusie</i>	42
6 ENERGIEBALANS.....	43
6.1 <i>Energievraag utiliteitsgebouwen</i>	43
6.2 <i>EPN als basis voor de vraagzijde van de energiebalans.....</i>	43
6.3 <i>Rekenmethode EPC.....</i>	43
6.4 <i>Ergieneutraal bouwen en de EPC</i>	43
6.5 <i>Correctheid EPC</i>	44
6.6 <i>Aanpassing EPN berekening</i>	44
6.7 <i>De aanbodzijde van de energiebalans.....</i>	45

6.8	<i>Energiedata</i>	45
6.9	<i>Conclusie</i>	46
7	BEORDELINGSMETHODES DUURZAAMHEID	47
7.1	<i>Inleiding</i>	47
7.2	<i>Beoordelingsmethoden</i>	48
7.3	<i>Beschrijving beoordelingsmethoden</i>	49
7.4	<i>Geschikte methoden nader bekeken</i>	51
7.5	<i>Vergelijking rekenmethoden</i>	53
7.6	<i>Conclusies en aanbevelingen</i>	55
8	CASE STUDIES	57
8.1	<i>Opzet Case Studies</i>	57
8.2	<i>Referentieprojecten</i>	58
8.3	<i>WNF kantoor</i>	59
8.4	<i>Schutterstoren</i>	61
8.5	<i>TNT Greenoffice</i>	66
8.6	<i>Energiedata</i>	67
8.7	<i>Oberlin College</i>	69
8.8	<i>Genzyme Center</i>	73
	<i>Conclusies</i>	76
DEEL II - ONTWERPMETHODEK		
9	ONTWERPMETHODIEK VOOR ENERGIENEUTRALE UTILITEITSGEBOUWEN	80
9.1	<i>Inleiding</i>	80
9.2	<i>Het traditionele ontwerpproces</i>	80
9.3	<i>Ontwerpmethodiek energieneutrale utiliteitsgebouwen</i>	81
9.4	<i>Energiebalans</i>	88
9.5	<i>Technisch Ontwerp: van concept naar VO en DO</i>	89
9.6	<i>Uitvoering</i>	89
9.7	<i>Gebuiksfase: beheer & onderhoud</i>	89
9.8	<i>Effectief energieneutraal ontwerpen</i>	90
9.9	<i>Financiering en Marktaspecten</i>	92
9.10	<i>Opmerkingen</i>	93
9.11	<i>Conclusie</i>	93
DEEL III - VALIDERENDE CASUS		
10	ONTWERPOPGAVE EN ARCHITECTONISCH CONCEPT	98
10.1	<i>De ontwerppoging</i>	98
10.2	<i>Masterplan voor de omgeving van de VN</i>	99
10.3	<i>Beschrijving masterplan</i>	100
10.4	<i>Stedenbouwkundige uitgangspunten</i>	101
10.5	<i>Ontwerp uitgangspunten en concept</i>	102
10.6	<i>Voorlopig ontwerp</i>	104
10.7	<i>Verdere ontwikkeling ontwerp</i>	105

10.8	<i>Randvoorwaarden architectuur</i>	105
11	ENERGIE POTENTIE SCAN NEW YORK	106
11.1	<i>Historische ontwikkeling</i>	106
11.2	<i>Manhattan en de United Nations</i>	107
11.3	<i>Geografische ligging</i>	108
11.4	<i>Klimaat</i>	111
11.5	<i>Ondergrond</i>	118
11.6	<i>Water</i>	120
11.7	<i>Toepassing van warmtepomp met warmtebron</i>	121
11.8	<i>Conclusies</i>	124
12	ENERGIE UIT HERNIEUWBARE BRONNEN	125
12.1	<i>Zon</i>	125
12.2	<i>Wind</i>	127
12.3	<i>Water</i>	128
12.4	<i>Biomassa</i>	131
12.5	<i>Ondergrond</i>	131
12.6	<i>Vergelijking warmtebronnen voor warmtepomp</i>	133
12.7	<i>Vergelijking energiebronnen</i>	134
12.8	<i>Conclusies</i>	135
13	REFERENTIE VARIANT	137
13.1	<i>Indeling van gebouw in energiesectoren</i>	137
13.2	<i>Beschrijving referentievariant</i>	138
13.3	<i>Energievraag gebouw</i>	139
13.4	<i>Specifieke energievraag</i>	140
13.5	<i>Energievraag patronen</i>	140
13.6	<i>Discussie resultaten & optimalisatie</i>	141
13.7	<i>Conclusies</i>	141
14	ONTWERP AANPASSINGEN	142
14.1	<i>De binnentemperatuur</i>	142
14.2	<i>Thermische huid</i>	142
14.3	<i>De transparantie van de gevel</i>	143
14.4	<i>Conclusies</i>	146
15	ENERGIEPCONCEPT & ENERGIEBALANS	147
15.1	<i>Programma van energiemaatregelen</i>	147
15.2	<i>Energieconcept</i>	148
15.3	<i>Energievraag</i>	149
15.4	<i>Energiedata</i>	150
15.5	<i>Specifieke energievraag</i>	151
15.6	<i>Energievraag patronen</i>	151
15.7	<i>Elektriciteitsvraag versus warmtevraag</i>	153
15.8	<i>Energieopwekking</i>	153

15.9	<i>Discussie resultaten en optimalisatie concept</i>	156
16	DEFINITIEF ONTWERP	158
16.1	<i>Indeling van gebouw in energiesectoren</i>	158
16.2	<i>Invoervariabelen</i>	159
16.3	<i>Energievraag totaal</i>	159
16.4	<i>Energievraag per energiesector</i>	161
16.5	<i>Specifieke energievrage</i>	161
16.6	<i>Energievraag patronen</i>	162
16.7	<i>Energieopwekking</i>	163
16.8	<i>Energiebalans</i>	165
16.9	<i>Discussie & conclusies</i>	166
DEEL IV - EVALUATIE		
17	EVALUATIE VALIDERENDE CASUS	168
17.1	<i>Beschrijving ontwerpproces</i>	168
17.2	<i>Alternatieve werkwijze</i>	168
17.3	<i>Tekortkomingen validerende casus</i>	169
18	EVALUATIE ONTWERPMETHODIEK	170
18.1	<i>Fases ontwerpproces</i>	170
18.2	<i>Integraal ontwerpen</i>	172
18.3	<i>Nieuwe stappen methode</i>	172
18.4	<i>Energiebalans</i>	172
18.5	<i>Kosten</i>	173
19	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	174
19.1	<i>Ergieneutraliteit</i>	174
19.2	<i>Case studies</i>	175
19.3	<i>Beoordelingsmethoden voor duurzaamheid</i>	175
19.4	<i>Methodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen</i>	175
19.5	<i>Aanbevelingen</i>	176
20	BRONVERMELDING	178
LITERATUURLIJST		182
FIGURENLIJST		184
TABELLENLIJST		186
GRAFIEKENLIJST		189
BIJLAGEN		191

SUMMARY

This report describes the research towards a design methodology for zero energy commercial buildings. The first part, a generic part, consists of a few sub studies and seeks for the knowledge to reveal which aspects are decisive in achieving a zero energy building. The second part will expose a proposal for a design methodology for zero energy commercial buildings. The third part describes a validating case, the design of the United Nations Environmental Council. This specific case will be used to illustrate the design methodology and can provide insight into how the methodology can be improved. The report will conclude with an evaluation on the validating case and the proposed design methodology.

The research question reads:

How can zero energy be defined and how can commercial building in general and the United Nations Environmental Council in particular, most effectively be designed as a zero energy building? Which aspects are decisive and how can these aspects be translated into a design methodology for zero energy commercial building?

PART ONE - Generic part

Designing a zero energy building begins with a target or ambition: the energetic quality level. Therefore a clear definition for 'zero energy' is decisive:

The term zero energy concerns building related and user related energy use from the moment of delivery until the building is demolished. A building is zero energy when there is no net energy demand during use. Hereby the expected annual energy balance during normal operation is observed. All sustainable interventions related to energy have to be solved within the boundaries of the building location to achieve neutrality.

The new step method is an important guide for achieving a cost efficient and energetically sustainable building design. The four steps, which are reducing energy demand, recycle waste products, generate energy from renewable sources and energy storage, can be translated into architectonic interventions for a zero energy building. All possible interventions can be formed into a so called 'Program of Possibilities'.

An 'energy potential scan' provides insight into the energetic opportunities and weaknesses for specific energy generation, based on climatic, geophysical and cultural site characteristics. By performing an 'energy potential scan' appropriate recommendations concerning the application of passive architectonic interventions and energy generation from renewable sources can be made for a specific location. Hereby the energy potential scan can have a guiding impact on decision making based on the Program of Possibilities.

Besides providing insight into the possible architectural interventions and the local opportunities, knowledge of building related energy demand is important for a zero energy building design. All factors that influence thermal comfort have a direct impact on the energy demand of buildings. These factors result in seven energy topics, namely heating, cooling, ventilation, lighting, moistening, pumps and electricity.

The energy demand of buildings is influenced by climate dependent and location related factors, such as outside temperature and solar radiation. The energy demand pattern of buildings is seasonal, with a peak in summer and winter. The heating and cooling demand

give a sinusoidal pattern over a year. However, the electricity demand is more constant. The energy demand can be reduced by reducing the energy need and by optimizing the climate installations.

In the Netherlands, the energy demand can be calculated with the 'Energie Potentie Norm' (Energy potential Norm, or EPN). The EPN is a normalised calculation method that gives a monthly estimation for the energy demand of a building with standard usage. It is important to critically judge the accuracy of the results, since the method will be less adequate when the energy demand declines.

Case Studies

Research on the energy neutrality of 5 reference projects has shown that none of the projects are proven to be zero energy. Furthermore it has been found that the greatest energy reduction can be made for the energy posts heating, cooling and lighting. Architectural interventions such as compact building in combination with a good thermal skin, ventilation with heat recovery and movable blinds, seem to be underlying at reducing energy demand. The seasonal dependency of generating energy from renewable sources calls for storage methods or redelivery to the electricity grid.

Assessment methods for sustainable buildings

Research on assessment methods for sustainable buildings has shown that the EPG method (which will replace the EPN and EI), in combinations with Greencalc+ are the methods that are the best suitable for the concept of zero energy buildings. GPR and Breeam are applicable as well, since these methods use the EPC calculation method.

PART TWO - Design methodology for zero energy commercial buildings

A building design with a high energy ambition requires more consistency, mainly for the energy quality. This can be achieved by an integrated design approach. Integrated design requires simultaneous attention for the themes architecture, program of requirements, Program of Possibilities, energy potential scan, use and management in the first stage of a design process.

The complexity of an integrated design process calls for an approach based on concepts. Thinking in concepts can be distinguished into architectonic, energetic, installation technical and organisational concepts, which are related and sometimes overlapping. The ultimate goal is to develop these concepts in accordance with each other into a total concept. Design assumptions and choices should always be made in accordance with energy use. Therefore, it is necessary to have a clear view of the consequences of design decisions on energy demand. The design should always be tested to the energy balance for improvement of the energy demand. It is important that the energy interventions do not affect the architectonic concept.

In the further development of the design concept into a preliminary and final design, it remains important to treat the aspects of 'integrated designing' simultaneously. Instruction and supervision on the building site will be useful in achieving the calculated results in practise. Acceptance and correct use of the innovative energy concept is important during use.

Monitoring the energy flows after delivery is important to assess whether the building works according to design. Therefore monitoring should be part of management and maintenance to be able to test and optimize the energy neutrality of buildings.

Financing of zero energy buildings is possible and can even be more profitable after several

years. A new approach is however necessary. Zero energy buildings need to be advertised with arguments as qualitatively better, independent of fossil fuels and higher comfort level. The principle of total cost of ownership is based on such mentality.

PART TREE – Validating Case

The proposed design methodology for zero energy commercial buildings is applied to the design of the United Nations environmental council. This validating case should illustrate how to use the methodology on a particular design project.

Decisions concerning energy generation are based on an energy potential scan. It has been found that the energy source hydropower has the greatest potential for energy generation from renewable sources. In addition, the integration of solar energy on the roof will suit the architectural design very well.

Furthermore it has been found that the soil of the design location is poorly suited for cold and heat storage in the soil. Yet there are examples of closed standing column wells in New York, with which geothermal energy can be used as a heat source. The calculations make clear that the deep soil has the greatest potential for generating heat for the specific location. The architectonic interventions that are processed in the design concept for reducing the energy demand are argued by calculations that are made for the energy demand. These calculations of the energy demand are based on the EPC methodology according to NEN 2916. It however seems that when the energy demand declines, the calculation method will be less adequate. The accuracy of the calculations may therefore be questioned and it could be better to use other calculation methods or to look at actual energy flows. For the illustration of the proposed design methodology it is assumed that the calculations are correct.

The validating case has shown that simultaneous research on the aspects of integrated designing is of great importance for the degree of success of the methodology. Furthermore, the new steps method should be the guiding principle in the development of the energetic and installation concept.

The validating case has shown that the total concept is a compromise between what energetically and architectonically seen gives the best solution. According to the energy balance, in which energy demand and energy generation come together, the developed total concept will lead toward a zero energy building.

PART FOUR – Evaluation

Integrated design and the New Steps Method are decisive in achieving a zero energy building. Efficiently designing of zero energy commercial buildings is based on integrated designing and the application of the New Steps Method for achieving a solution for the energy concept that already tends toward neutrality. Furthermore, the energy balance is an important tool in the development of a zero energy building, since this is the tool to which the design is optimized through continuous feedback. From the concept stage, the design loops to optimise the design decisions towards a zero energy building, with feedback from the energy balance during various design stages.

Recommendations

This research has led to a few recommendations. First of all, research on better and more affordable energy storage methods will be very important in the development of zero energy

building. Storage methods determine a great part the possibility for energy neutrality, since the difference between the energy patterns of demand and generation need to be overcome. Electricity can not simply be returned to the energy grid, but should be stored for later usage.

Secondly, the degree of energy neutrality of a design can only be estimated according to an energy balance. The calculation method, that forms a bases for the energy balance, offers many opportunities for further research.

Thirdly, this proposed design methodology for zero energy commercial buildings is only a first step, which has not scientifically been proven yet. Future projects with a zero energy ambition will have to give more insight in the accuracy of this proposed methodology. Furthermore, measuring of energy use of buildings after delivery should be part of management and maintenance, to be able to test energy neutrality in practice. With measured results it can be possible to optimise building systems, calculations methods and this design methodology. Monitoring increases knowledge of realistic energy use, that is simulated by the calculations of the energy balance.

1 INLEIDING

Dit onderzoek heeft als doel de ontwikkeling van energieneutrale utiliteitsgebouwen te stimuleren. De bedoeling is om te komen tot een conceptualisering en operationalisering van het begrip energieneutraal en hoe energieneutraliteit benaderd dient te worden in de architectuur. Dit onderzoek zal een eerste aanzet geven voor een methodiek voor het ontwerpen van energieneutrale utiliteitsgebouwen. Aan de hand van een validerende casus zal de methodiek ten slotte toegepast en geoptimaliseerd worden.

Centraal staat de vraag welke aspecten doorslaggevend zijn in het bereiken van een energieneutraal ontwerp. Daaruit volgt een generieke methodiek die sturend kan zijn in de ontwikkeling van energieneutrale utiliteitsgebouwen. Verschillende aspecten die te maken hebben met energieneutrale gebouwen worden in het onderzoek daarom tezamen gezien. Om de integraliteit van deze aspecten duidelijk te maken dient de validerende casus.

1.1 Achtergrond

Tijdens de energie crisis van de jaren 70 zijn architecten en stedenbouwers zich al bewust geworden van de eindigheid van fossiele brandstoffen. Sindsdien is de primaire functie van gebouwen, het voorzien in onderdak en comfort, herdacht. Het werd een belangrijk aandachtspunt voor architecten om te zoeken naar manieren om zuinig om te gaan met energie en om energie efficiënte en duurzame energievormen te gebruiken.¹ Met deze ontwikkeling heeft het begrip duurzaamheid haar intrede gedaan in de architectuur. " Het begrip 'sustainability' (duurzaamheid) wordt in 1980 voor het eerst bekend via het boek 'Building a sustainable society' van Lester Brown. Vervolgens wordt in 1987 door de Verenigde Naties de Commissie Brundtland bijeengeroepen. Deze commissie introduceert in 'Our common future' het begrip 'Duurzame Ontwikkeling'. Vrij vertaald verstaat de commissie onder 'duurzame ontwikkeling':

" Duurzame ontwikkeling is een ontwikkeling die voorziet in de behoeften van de huidige generatie zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien". (Bron: Amsterdam Schutterstoren)

Met de introductie van dit begrip evolueert er nieuw politiek gedachtegoed. In Nederland leidt het Brundtland rapport in 1988 tot 'Zorgen voor morgen, nationale milieuverkenningen 1985-2010'. Dit vormt de basis voor het eerste Nationale Milieubeleidsplan 'Kiezen of verliezen' en de daarop gebaseerde latere beleidsplannen, waaronder het 1^e en 2^e Plan van aanpak Duurzaam Bouwen.

Later verplaats het gedachtegoed zich naar de praktijk met een maatschappelijke bewustwording van de noodzaak van duurzame ontwikkeling. Dit uit zich in een veranderend beeld dat bedrijven naar buiten willen projecteren. Zo zijn bedrijven tegenwoordig bereid om verantwoordelijkheid te nemen voor het milieu. Ook is er verandering zichtbaar op allerlei schalen in de architectuur. Dit heeft ertoe geleid dat duurzaamheid in de bouwwereld bovenaan de agenda is komen te staan.²

1.1.1 Duurzaamheid

Maar wat betekent duurzaamheid voor architectuur? Duurzaam bouwen heeft in haar korte geschiedenis verschillende stromingen gekend. Ten behoeve van de afbakening van dit onderzoek wordt de volgende indeling gehanteerd.³

- Energetische duurzaamheid: heeft betrekking op het energiegebruik van een gebouw of gebied.
- Architectonische en stedenbouwkundige duurzaamheid: heeft betrekking op het behoud van de belevings- en gebruikswaarde van een gebouw of een gebied op de langere termijn van 20 tot 30 jaar.
- Ecologische duurzaamheid: heeft betrekking op materiaalgebruik, waterhuishouding, bodemkaart, flora en fauna.
- Sociale duurzaamheid: heeft betrekking op het creëren en onderhouden van de sociale verhoudingen die de gemeenschap toekomstbestendig maken.⁴

Voor dit onderzoek is gekozen voor de energetische invalshoek, waarmee aan het ontwerpproject SADD, de ontwikkeling van het United Nations Environmental Council (UNEC), een duurzame basis zal worden gegeven. Het vooruitzicht van klimaatveranderingen en uiteindelijk de uitputting van fossiele brandstoffen vraagt om een grotere belangstelling in duurzame energievormen. Ik heb de opvatting dat een gebouw met de allerhoogste duurzame ambities, met haar architectuur naast een lange levensduur ook een energiereductie en een energieproductie dient te bereiken. Wanneer een gebouw duurzame energiebronnen kan aanspreken, door optimaal om te gaan met de krachten van de natuur, kan het in haar eigen energievraag voorzien. Op deze wijze kan een gebouw energieneutraal worden en kan duurzaamheid tot het uiterste worden geïntegreerd in een gebouwwontwerp.

1.1.2 Energieverbruik en energieneutraal

In 'The State of the World 1995', ook van Brown, worden voor het eerst duidelijke verbanden aangetoond tussen energie en stofstromen op de wereld en hun relatie met de bouw.⁵ Tegenwoordig weet men dat de gebouwde omgeving ongeveer 30% van het totale Nederlandse energieverbruik voor haar rekening neemt.⁶ Ook betreft de gebouwde omgeving de grootste potentiële rendabele energiebesparing⁷. Tegelijkertijd raken fossiele energie bronnen uitgeput en zal energie alleen maar duurder worden. Vanwege duurzame redenen zijn energieneutrale gebouwen daarom het toekomstperspectief.

De overheid sluit op dit perspectief aan met het beleid om de Energie Prestatie Coëfficiënten (EPC) van gebouwen geleidelijk aan te verlagen. Vanaf 2020 mogen conform Europese regelgeving alleen nog maar 'near zero energy buildings' gebouwd worden. Wie nu energieneutraal bouwt, anticipeert dus op wettelijke verplichtingen en zorgt dat gebouwen in de toekomst hun waarde behouden.⁸

De transitie naar energieneutraliteit in de gebouwde omgeving staat echter minder ver van ons af als men zou denken. De technologie om energieneutrale gebouwen te maken bestaat al enige tijd. Het is zelfs al mogelijk om gebouwen te maken die meer energie leveren dan ze consumeren. Energieneutraliteit wordt echter maar mondjesmaat toegepast, omdat er nog niet een algemeen geldende methode is ontwikkeld die als leidraad kan gelden bij een energieneutrale ambitie. Hierdoor hanteert ieder project met ambitieuze energiedoelstellingen een andere aanpak voor het bereiken van haar doelen. Het wiel wordt als het ware keer op keer herontdekt.⁹

1.2 Aanleiding onderzoek

Het ontwerpproject van de afstudeerrichting Strategic Architectural Design Development (SADD) beroept op de ontwikkeling van een nieuwe organisatie van de Verenigde Naties, welke de kracht heeft om zorg te dragen voor de problemen op 'planet' niveau; 'The United Nations Environmental Council'. Het United Nations Environmental Council zal de internationale organisatie huisvesten die het duurzame beleid van de Verenigde Naties coördineert. Daarom dient het gebouw als een voorbeeldfunctie voor duurzaamheid in architectuur. Het gebouw zal duurzaam zijn en duurzaamheid uitstralen.

De ontwerplocatie is gelegen naast het huidige United Nations in Manhattan. Deze ontwerpogave biedt een goede gelegenheid om duurzaamheid in architectuur in de Verenigde Staten en heel de wereld op de kaart te zetten. Ik heb het standpunt ingenomen dat de wereld een gebouw nodig heeft dat laat zien wat met architectuur mogelijk is op het gebied van duurzaamheid. Met dit onderzoek wil ik duidelijk maken dat de integratie van duurzame energievormen in het ontwerpen van gebouwen een belangrijk thema wordt voor de toekomst.

1.3 Probleemstelling en onderzoeksvragen

Er is echter nog geen eenduidige definitie van het begrip energieneutraal. Ook bestaan er verschillende aanpakken om energieneutraliteit te bereiken. Er is in de afgelopen jaren veel vordering gemaakt in het ontwerp van energieneutrale woonhuizen. Echter, het ontwerpen van energieneutrale utiliteitsgebouwen heeft nog weinig aandacht gekregen. Kortom, er is nog veel onduidelijkheid in het ontwerpen van energieneutrale utiliteitsgebouwen.

Een belangrijk knelpunt dat opgelost moet worden is de huidige pragmatische benadering van het begrip duurzaamheid. Bij een ontwikkelingsproces zijn veel verschillende partijen betrokken, waardoor de kennis versnipperd en men niet tot een gewenste integrale aanpak kan komen. Daartoe is het noodzakelijk om tot een goede conceptualisering en operationalisering te komen van wat energieneutraal inhoud en hoe het benaderd dient te worden in de architectuur. Met een generieke methodiek voor energieneutraliteit kan de transitie naar energieneutraliteit in een versnelling raken.

1.3.1 Probleem- en vraagstelling

Het United Nations Environmental Council heeft als ambitie om energieneutraal te zijn, maar er is nog geen eenduidige definitie of conceptualisering van het begrip energieneutraal of een methodiek die gehanteerd kan worden om utiliteitsgebouwen energieneutraal te maken. Dit leidt tot de formulering van de drievoudige hoofdvraag van dit onderzoek:

Hoe kan energieneutraal gedefinieerd worden en op welke manier kunnen utiliteitsgebouwen in het algemeen, en het United Nations Environmental Council in het bijzonder, het meest effectief ontworpen worden tot een energieneutraal gebouw? Welke aspecten zijn hierbij doorslaggevend en hoe kan dit vertaald worden tot een methodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen?

De volgende deelvragen zijn hierbij te formuleren:

1. Hoe is in referentieprojecten/case studies de ambitie voor energieneutraliteit aangepakt en in hoeverre leidde deze aanpak tot energieneutraliteit?
2. Welke mogelijkheden zijn er om de energievraag op gebouwniveau te verminderen?

3. Welke mogelijkheden zijn er om reststromen op gebouwniveau te hergebruiken
4. Hoe kunnen veranderende energievraag patronen opgevangen worden?
5.
 - a. Welke mogelijkheden zijn er om duurzame energie op gebouwniveau op te wekken?
 - b. Hoe kan een energie potentie scan uitgevoerd worden?
6. Wat is er momenteel beschikbaar aan ontwerp rekenmethodes om duurzaamheid toegespitst op gebouwen te waarderen?
7. Welke randvoorwaarden voor energieneutraliteit komen voort uit de voorgaande deelvragen en hoe kunnen deze worden vertaald naar een methodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen?
8. Op welke manier kan het ontwerp voor het United Nations Environmental Council het meest effectief worden ontworpen tot een energieneutraal gebouw?

1.3.2 Doel van het onderzoek

Voor dit onderzoek is gekozen om aan de hand van literatuurstudie, referentie studies en een validerende casus een generieke methodiek te ontwikkelen, waarmee een willekeurig utiliteitsgebouw op een duurzame wijze energieneutraal kan worden ontwikkeld. De kennis die wordt opgedaan met dit onderzoek biedt de mogelijkheid om in de toekomst bij het ontwerpen van gebouwen hoog in te zetten op duurzaamheid en energiezuinigheid. Ook vormt het een stimulans om grotere stappen te zetten in het ontwerpproces van energieneutrale gebouwen.

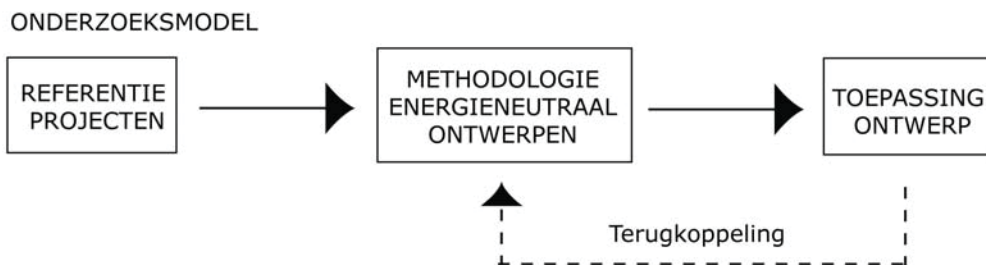
Dit onderzoek heeft tevens als doel te inventariseren welke mogelijkheden er zijn om het gebouwontwerp van het United Nations Environmental Council energieneutraal ontwerpen. Ik zal inventariseren welke mogelijkheden er zijn om de energievraag op gebouwniveau te verminderen, de reststromen op gebouwniveau te hergebruiken en duurzame energie op te wekken.

1.4 Opzet van het onderzoek

In dit onderzoek zal ik proberen om tot een theoretische conceptualisering van energieneutraliteit te komen en dit concept verder te operationaliseren middels het ontwikkelen van een methodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen. De methodiek zal worden toegepast in het ontwerp van het United Nations Environmental Council. Deze methodiek kan worden gebruikt om tot een generieke aanpak te komen voor het ontwikkelen van energieneutrale utiliteitsgebouwen. Ook zal tijdens het gehele onderzoeksproces kritisch worden gekeken naar welke duurzame oplossingen we nu al tot onze beschikking hebben en welke stappen nog gemaakt dienen te worden in het bereiken van werkelijk energieneutrale gebouwen.

1.4.1 Onderzoeksmodel

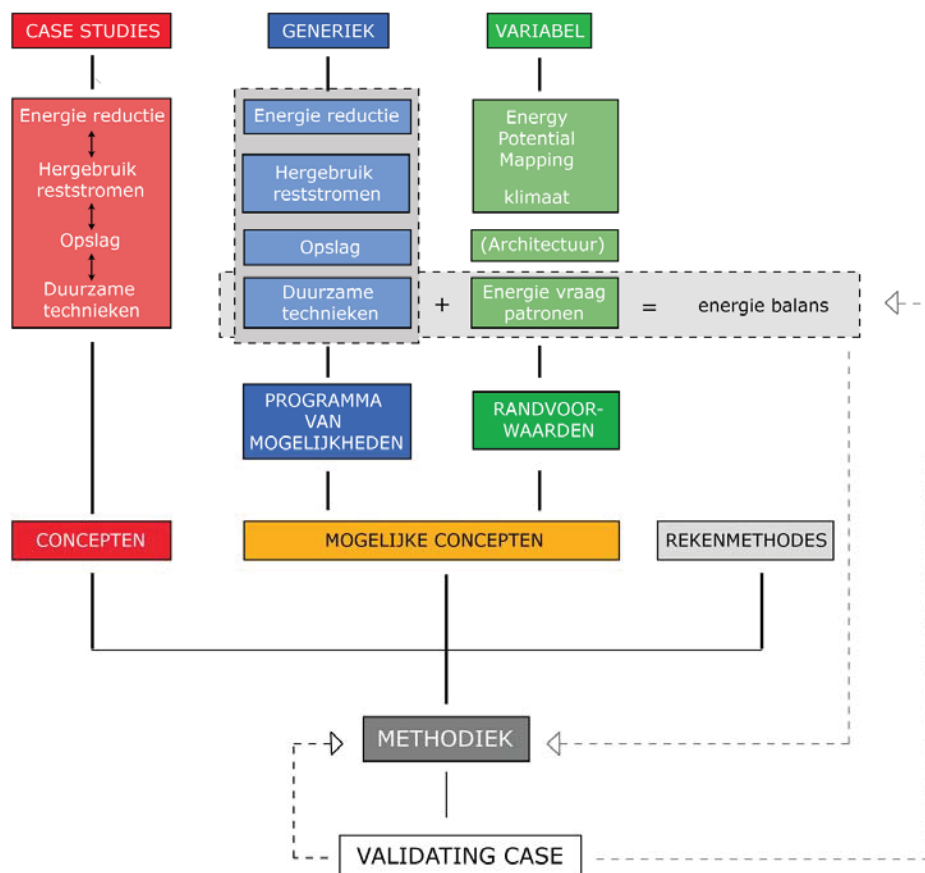
Het onderzoek zal starten met literatuurstudie en het analyseren van referentieprojecten op de aanpak die gebruikt is om te voldoen aan een hoge energie ambitie. Aan de hand van de analyse zal een methodiek ontwikkeld worden voor energieneutraal ontwerpen. Deze zal vervolgens toegepast worden in het ontwerp voor het United Nations Environmental Council. Dit ontwerp dient als validerende casus om de methodiek te testen. Vervolgens kunnen de ontwerpervaringen teruggekoppeld worden naar de methodiek, ter optimalisatie van de methodiek. De onderstaande figuur beschrijft dit onderzoeksmodel.



Figuur 1: onderzoeksmodel

1.4.2 Aanpak

In de onderstaande figuur is het onderzoeksschema zichtbaar. Dit schema is leidend geweest tijdens het onderzoek. Uit het schema wordt duidelijk dat het onderzoek is gebaseerd op drie deelstromen. Allereerst de Case Studies, oftewel de referentiestudies. Dit wordt gevolgd door een generiek onderzoek naar de deelstappen van de 'Nieuwe stappen Methode' en een variabel onderzoek, dat betrekking heeft op de validerende casus. Hiernaast is gekeken naar bestaande rekenmethodes voor duurzaamheid en is er getracht een energiebalans op te zetten.

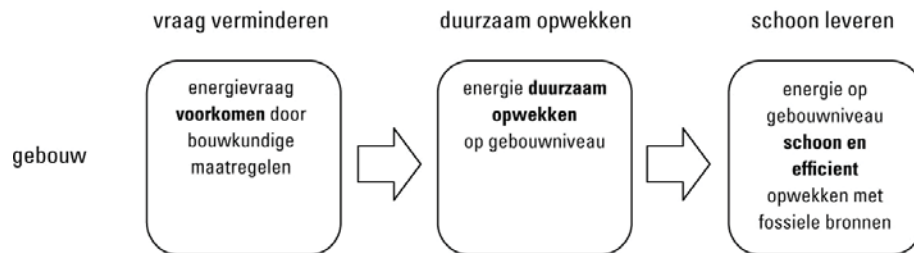


Figuur 2: Onderzoeksschema

1.4.3 Duurzaamheid en de Nieuwe stappen methode

Sinds het eind van de jaren '80 is een duurzame aanpak van de gebouwde omgeving gedaan volgens de drie stappen strategie. Voor het gebruik van energie wordt deze strategie de Trias Energetica genoemd:

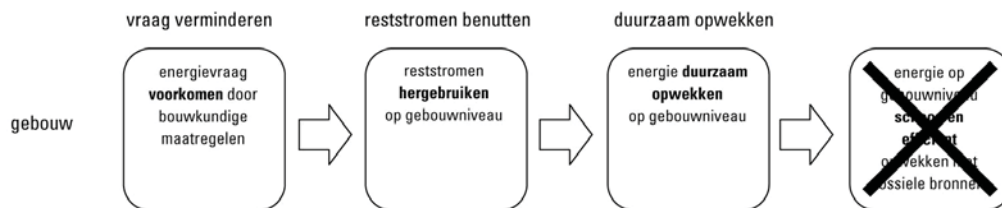
1. Reduceer de energievraag
2. Pas duurzame bronnen toe
3. Los de resterende vraag schoon en efficiënt op



Figuur 3: Drie stappen Strategie

De drie stappen strategie is een leidraad voor een logische milieubewuste aanpak, maar in de twintig jaar dat het gebruikt is heeft het niet geleid tot de gewenste duurzaamheid. Er is te weinig aandacht besteed aan het toepassen van duurzame energiebronnen en te veel opgelost door fossiele energie toe te passen. Daarom is deze strategie geherformuleerd door Andy van den Dobbelsesteen en Nico Tillie tot de Nieuwe stappen methode. De Nieuwe stappen strategie voegt ten eerste een belangrijke tussenstap in, na de vraagreductie en toepassing van duurzame bronnen, en koppelt er ten tweede een afvalstrategie aan vast.

1. Reduceer de energie vraag
2. Hergebruik reststromen
3. Vul de resterende vraag duurzame aan en zorg dat afval voedsel is



Figuur 4: Nieuwe stappen methode

De nieuwe Stappen Methode zal leidend zijn binnen de zoektocht naar een methodiek voor energieneutraliteit, maar ook andere methodes kunnen van invloed zijn.¹⁰

1.5 Leeswijzer/opzet verslag

Dit onderzoeksverslag bestaat uit vier delen. Allereerst een generiek gedeelte, ten tweede de onderzoeksmethodiek en ten derde de validerende casus. Het verslag sluit af met een evaluatie.

Met het eerste deel, het generieke deel, wordt getracht een basis te leggen voor de te ontwikkelen ontwerpmethodiek. Aan de hand van een aantal deelstudies naar het begrip energieneutraliteit, een 'Programma van mogelijkheden', een 'energie potentie scan',

energiestromen in gebouwen, beoordelingsinstrumenten voor duurzaamheid en referentie studies zal getracht worden de kennis bloot te leggen waarmee de aspecten die doorslaggevend zijn in het bereiken van een energieneutraal gebouw kunnen worden geabstraheerd.

Het onderzoeksverslag vervolgt met deel 2, de ontwerpmethodiek. Dit zal een voorstel zijn (vormen?) voor een ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen, waarin de aspecten die zijn onderzocht in deel 1 naar voren zullen komen. Deze ontwerpmethodiek zal tentatief zijn, waarbij de validerende casus dient ter optimalisatie.

In deel drie beschrijft (wordt beschreven?) de ontwikkeling van de validerende casus. Hier zal geïllustreerd worden hoe de voorgestelde ontwerpmethodiek gehanteerd kan worden. Het vierde en tevens laatste deel is een evaluatie (van het?), waarin duidelijk wordt of de ervaring van de validerende casus aansluit bij de voorgestelde ontwerpmethodiek. Ook zal worden aangegeven hoe de ontwerpmethodiek verder geoptimaliseerd kan worden. Dit onderzoeksrapport zal afsluiten met (een aantal?) conclusies en aanbevelingen voor de toekomst.

DEEL I

GENERIEK ONDERZOEK

*'The aim is to optimise the 'building system' as a whole,
not just concentrate on single aspects...
... As such these approaches are ushering
in a new era in energy thinking in buildings. '*

- Detail Green 01/11 –

2 ENERGIENEUTRAAL

Een energieneutraal gebouw begint met een doelstelling of ambitie: het energetische kwaliteitsniveau. In de beginfase van een ontwerpproces is het van belang om te definiëren wat wordt verstaan onder energieneutraal. Hoe hoger de ambitie, des te complexer doorgaans het project. Dit hoofdstuk geeft een korte beschrijving van de ontwikkeling van het begrip 'energieneutraal' en sluit af met de definitie die gehanteerd zal worden voor dit onderzoek.

2.1 Definiëring van de term energieneutraal

2.1.1 Richtlijnen Agentschap NL

In de zoektocht naar een definitie voor energieneutraal heeft Agentschap NL vijf richtlijnen voor energie neutraal bouwen opgesteld: ¹¹

1. Energieverbruik over een jaar \leq nul
Een energieneutraal gebouw heeft over een jaar gemeten een energieverbruik van ten hoogste nul, of wekt zelfs energie op.
2. Gebruik duurzame energie
Het gebouw betreft niet meer energie uit het openbare net dan de duurzame energie die het opwekt of betreft uit duurzame bronnen in de directe omgeving (zie punt 3), gemeten over een jaar.
3. Geef grenzen aan
Geef bij communicatie over het project duidelijk aan wat de grenzen zijn waarbinnen het gebouw energieneutraal is. Maak daarbij onderscheid tussen de projectgrens (de fysieke grens van het bouwproject) en de systeemgrens waarbinnen u duurzame energieopwekking of CO₂-compensatie ten behoeve van het project wil toestaan. De eigenaar stelt de grenzen zelf vast, maar het verdient de voorkeur om die te beperken tot de directe omgeving van het gebouw.
4. Energievraag in energie-eenheden
Beschouw de energievraag als het werkelijke gebouwgebonden energieverbruik plus het gebruikersgebonden energieverbruik, uitgedrukt in gemeten energie-eenheden bijvoorbeeld megajoules of kWh). De CO₂-uitstoot die daarmee gepaard gaat, is een afgeleide.
5. Energieneutraal gebouw / CO₂-neutrale organisatie
Gebruik de term 'energieneutraal' voor gebouwen en woningen; (de term CO₂-neutraal is meer geschikt voor organisaties)

2.1.2 Theoretische definitie

De meest uitgebreide studie naar een definitie voor energieneutraal bouwen is afkomstig van het Platform energietransitie Gebouwde Omgeving (PeGO). PeGO geeft in het rapport 'Stevige ambities, klare taal' een aanzet voor de definitie van een energieneutraal project:

"Een project is energieneutraal als er op jaarbasis geen netto import van fossiele of nucleaire brandstof van buiten de systeemgrens nodig is om het gebouw op te richten, te gebruiken en af te breken. Dit betekent dat het energiegebruik binnen de projectgrens gelijk is aan de hoeveelheid duurzame energie die binnen de projectgrens wordt opgewekt of die op basis van externe maatregelen aan het project mag worden toegerekend. Het energieverbruik dat voortkomt uit de oprichting en sloop van het gebouw wordt verrekend naar een jaarlijkse bijdrage op basis van de verwachte levensduur van het gebouw." (citaat PeGo).

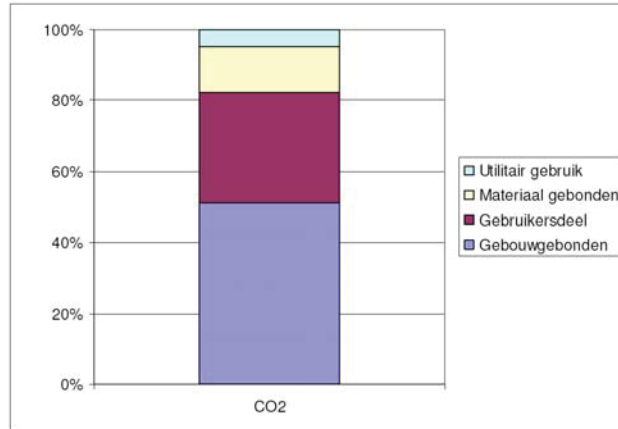
De projectgrens omvat in de PeGO-definitie alle gebouwen en installaties die binnen de directe invloedssfeer van de projecteigenaar liggen. De systeemgrens kan ruimer zijn; de projecteigenaar kiest zelf de ligging ervan. Om een geloofwaardige doelstelling te behouden zou de systeemgrens niet al te sterk mogen afwijken van de projectgrens. Een standaardgebouw (niveau huidig Bouwbesluit) dat 100% groene stroom betreft van elders noemen we geen energieneutraal gebouw.¹²

2.1.3 Verbruikscategorieën en energieneutraal

Een vervolgstudie 'Uitgerekend Nul; Taal, Rekenmethode en Waarde voor CO2 c.q. energieneutrale utiliteitsgebouwen' bevat een praktische aanpak voor de uitvoering van de PeGO-studie voor de sector utiliteitsbouw. De studie 'Uitgerekend Nul' stelt dat de energiebehoefte van een gebouw in drie hoofdcategorieën is te verdelen: ¹³

- **Materiaalgebonden energiegebruik:**
Voor het realiseren van een gebouw is energie nodig, de productie van materialen, het transport naar de bouwplaats en de bouw zelf kosten energie, ook wel 'embedded energy' genoemd. Ook bij sloop van een gebouw is energie nodig.
- **Gebouwgebonden energiegebruik:**
Verwarming en andere klimaatinstallaties zijn meestal een geïntegreerd onderdeel van een gebouw. Ook verlichting is (bij utiliteitsgebouwen) meestal een geïntegreerd onderdeel van het gebouw.
- **Gebruikgebonden energiegebruik:**
Gebruikers van een gebouw dragen allerlei apparatuur naar binnen: computers, keukenapparatuur en dergelijke.
- **Utilitair gebruik:**
voor openbare verlichting en bemaling.

De onderstaande figuur geeft de bijdragen van de verbruikscategorieën voor een typische nieuwbouw kantoor met een EPC van 1,1. De materiaalgebonden verbruikscategorie is verrekend over de levensduur van het gebouw; voor het utilitair verbruik is de betreffende waarde uit de EPL methode overgenomen. Er is zichtbaar dat het gebouwgebonden gebruik het grootste aandeel heeft (bijna 60%), maar dat het gebruikersdeel en de materiaalgebonden emissies zeker ook relevant zijn met een bijdrage aan de totale CO2-emissie van respectievelijk 27% en 10%. Het utilitair verbruik heeft slechts 4% bijdrage.



*Figuur 5:
Bijdrage van vier
verbruikscategorieën aan
CO2-emissie voor nieuwbouw
kantoren met EPC van 1,1*

Uit marktonderzoek gedaan door DHV (in opdracht van Agentschap NL) blijkt dat in de definitie van energieneutraal:

- Gebouwegebonden energie altijd wordt meegenomen.
- Gebruikgebonden energie meestal wordt meegenomen.
- Materiaalgebonden energiegebruik nooit direct wordt meegenomen.

In de PeGo studie richt energieneutraal zich echter op het gebouwegebonden gebruik, het gebruikersdeel en het materiaalgebonden.¹⁴ De studie 'Uitgerekend nul' concludeert dat in de praktijk dit laatste moeilijk uitvoerbaar is. Er ontbreekt namelijk een eenduidige methodiek voor de bepaling van de hoeveelheid energie die hiermee gemoeid gaat. In de toekomst zal de materiaalgebonden energie echter steeds belangrijker worden, omdat die een groter deel van de totale energievraag zal gaan vormen naarmate gebouwen in de gebruiksfase minder energie gebruiken.

Voor dit onderzoek is ervoor gekozen het materiaalgebonden energiegebruik niet mee te nemen in de begripsbepaling van energieneutraal. Dit kan worden verantwoord, doordat het energieverbruik voor materialen kan worden losgekoppeld van het begrip energieneutraal. Energieneutraal en materiaalgebruik botsen niet met elkaar. Energetische duurzaamheid is een combinatie architectonische ingrepen die de energievraag verminderen, zoals een goede thermische schil en andere passieve ontwerp ingrepen, en een combinatie van energieopwekking en opslag. Dit botst niet met materiaalgebruik, wanneer duidelijk in kaart wordt gebracht of de terugwintijd van de ingrepen realistisch is.

2.2 Vaststelling definitie 'Energie neutraal':

Voor dit onderzoek zal voor de term energieneutraal de volgende definitie gehandhaafd worden:

De term energieneutraal heeft betrekking op het gebouwegebonden en gebruikersgebonden energieverbruik vanaf het moment van oplevering totdat het gebouw wordt gesloopt. Een gebouw is energieneutraal als het tijdens het gebruik geen netto energievraag heeft. Hierbij wordt gekeken naar de verwachte jaarlijkse energiebalans bij normaal gebruik. Alle duurzame maatregelen ten opzichte van energievraag moeten binnen de grenzen van de bouwlocatie worden opgelost om neutraliteit te bereiken.

Daarbij worden de volgende richtlijnen gehanteerd voor het gebouw;

- Energieverbruik over een jaar \leq nul
Een energieneutraal gebouw gebruikt niet meer energie dan het oplevert. Het gebouw heeft over een jaar gemeten een energieverbruik van ten hoogste nul (EPC = 0)
- Gebruik energie uit hernieuwbare bronnen
Het gebouw betreft niet meer energie uit het openbare net dan de duurzame energie* die het opwekt of betreft uit duurzame bronnen in de directe omgeving (zie punt 3), gemeten over een jaar. Het energiegebruik van het gebouw en de gebruiker moet worden gereduceerd, hergebruikt of lokaal opgewekt worden uit hernieuwbare bronnen.
- Geef grenzen aan
De grenzen waarbinnen het gebouw energieneutraal is dienen duidelijk te zijn aangegeven. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt tussen de projectgrens (de fysieke grens van het bouwproject) en de systeemgrens waarbinnen duurzame energieopwekking ten behoeve van het project wordt toegestaan. Het verdient de voorkeur om de grenzen te beperken tot de directe omgeving van het gebouw.
- Energievraag in energie-eenheden
Beschouw de energievraag als het werkelijke gebouwgebonden energieverbruik plus het gebruikersgebonden energieverbruik, uitgedrukt in gemeten energie-eenheden bijvoorbeeld megajoules of kWh). De definitie geeft een balans tussen de vraagzijde (de hoeveelheid energie die gebruikt wordt) en de aanbodzijde (de herkomst van energie).

(*) Voor duurzame energie gelden de definities van het protocol Monitoring Duurzame Energie update 2006 (Senter-Novem dec 2006)

De gekozen definitie is een samensmelting van de richtlijnen die zijn aangedragen door Agentschap NL voor energieneutraal bouwen, de conclusies die zijn voortgekomen uit de studie 'uitgerekend nul' en het facet met betrekking tot energie uit de definitie van klimaatneutraal die de TU Delft in 2009 heeft opgesteld.

2.3 Conclusies

Een energieneutraal gebouw begint met een doelstelling of ambitie: het energetische kwaliteitsniveau. Een heldere definiëring voor 'energieneutraal' ligt hieraan ten grondslag. In de definitie voor energieneutraal dient een uitspraak te worden gedaan over:

- welke hoofdcategorieën voor de energiebehoefte van een gebouw worden meegenomen
- welke periode wordt genomen ter bepaling van de energieneutraliteit, hieruit volgt hoe wordt gedacht over het terugleveren van energie aan het net
- wat de grenzen van de ontwerplocatie zijn voor het opwekken van energie uit hernieuwbare bronnen
- Wat wordt verstaan onder energie uit hernieuwbare bronnen

3 PROGRAMMA VAN MOGELIJKHEDEN

In een programma van mogelijkheden staat een breed scala beschreven van potentiële maatregelen voor het bereiken van een energieneutraal gebouw. Daarmee geeft een programma van mogelijkheden een opsomming van de mogelijke architectonische ingrepen die kunnen leiden tot een (willekeurig) energieneutraal ontwerp. Een programma van mogelijkheden kan op twee manieren worden ingedeeld. Allereerst naar de stappen van de Nieuwe Stappen methode en ten tweede door onderscheidt te maken naar ingrepen die invloed hebben op de warmte- en elektriciteitsvraag van een gebouw. Door deze twee strategieën te combineren is gekomen tot het Programma van Mogelijkheden (zie tabel 1). De Nieuwe Stappen Strategie is een belangrijk leidraad voor het bereiken van een kostenefficiënt en energetisch duurzaam gebouwontwerp. Voor dit hoofdstuk is de nieuwe stappen strategie herschreven tot de volgende stappen:

1. Energievraag verminderen
2. Reststromen hergebruiken
3. Energie opwekken uit hernieuwbare bronnen
4. Energieopslag

Aan de hand van de hierboven beschreven stappen kan de Nieuwe stappen strategie worden vertaald naar maatregelen voor een energieneutraal ontwerp. De vier stappen geven een voorkeursvolgorde aan. Door het probleem, de energievraag van het gebouw, allereerst te minimaliseren met passieve ingrepen behorende bij de eerste twee stappen, kan de oplossing, het duurzaam invullen van de resterende energievraag met actieve ingrepen behorende bij de laatste twee stappen, zo efficiënt en minimaal mogelijk zijn. Op deze wijze wordt een kostenefficiënt programma van energiemaatregelen gevormd.

Naast het indelen van het Programma van Mogelijkheden aan de hand van de Nieuwe stappen strategie, kan er ook onderscheidt gemaakt worden in maatregelen die invloed hebben op de warmtevraag van een gebouw en maatregelen die invloed hebben op de elektriciteitsvraag van een gebouw. Deze twee energievormen kunnen onafhankelijk van elkaar bekeken worden, omdat de warmtevraag voornamelijk bepaald wordt door de klimaatafhankelijke gebouwgebonden energievraag en de elektriciteitsvraag voornamelijk bepaald wordt door een veel constantere gebruikersgebonden energievraag. De twee strategieën vormen de basis voor het 'Programma van Mogelijkheden'. Na het opstellen van een Programma van Mogelijkheden dient beoordeeld te worden welke ingrepen de grootste potentie bieden voor de ontwerpogave in kwestie. Vervolgens kan er een 'programma van energiemaatregelen' gevormd worden voor het gebouw in kwestie.

3.1 Programma van Mogelijkheden

Tabel 1 geeft een simpele weergave van het programma van eisen dat is opgesteld voor dit onderzoek en is ter ondersteuning van de validerende casus. Een uitgebreide toelichting bij de ingrepen is te vinden een de bijlage. In het vervolg van dit hoofdstuk zal de tabel kort worden toegelicht.

Tabel 1: Programma van Mogelijkheden

WARMTEVRAAG	ELEKTRICITEITSVRAAG
I ENERGIEVRAAG VERMINDEREN	
Oriëntatie: - zongerichte oriëntatie - glasopeningen afstemmen op oriëntatie	Daglichttoetreding
Compactheid	Verlichting: - sensoren - energiezuinige verlichting
Thermische Schil: - Isolatie - Luchtdichtheid - koudebruggen voorkomen - beglazing	Ventilatie
Zonwering	Apparatuur
Verwarmen: LTV	
Koeling: HTK	
Ventilatie	
Tapwater: Optimalisatie Leidingverloop	
II HERGEBRUIK RESTSTROMEN	
Warmte en koudeopslag	geen
Warmteterugwinning - Ventilatielucht - Afvalwater	
Warmte uitwisseling - Interne warmte-uitwisseling: Zonering Compartimentering - Extern: cascaderen	
Warmtepomp	
III ENERGIE UIT HERNIEUWBARE BRONNEN	
Zonnecollectoren (of PVT)	PV/PVT - dak - gevel
omgevingswarmte/koude: - buitenlucht - grondwarmte - water - afval warmte (restwarmte)	windturbine
Aardwarmte/geothermie	water: - getijdenenergie - waterkracht - golvenenergie
biomassa warmtekrachtkoppeling	biomassa: warmtekrachtkoppeling (WKK) (levert warmte en elektriciteit) water
IV ENERGIEOPSLAG	
Thermische voelbare opslag - thermische massa - betonkernactivering - kleine en grote watertank - gravel/water opslag bodemwarmtewisselaar?) - boorgaten - aquifer	Elektriciteitsnet
thermische latente opslag - PCM's	Chemische opslag - waterstof en brandstofcel - batterij en accu
Thermochemische opslag - Zeolieten en zouten	Elektrisch opslag: - condensator
	Gravimetrische opslag
	Mechanische opslag
	Thermische opslag

3.2 Energievraag verminderen

Tot de eerste stap van de Nieuwe stappen methode, het verminderen van de energievraag, behoren passieve bouwkundige maatregelen die geen hulpenergie vragen. Hiermee wordt bedoeld de stedenbouwkundige maatregelen die rekening houden met klimaat, landschap, ondergrond, omliggende bebouwing etc. door oriëntatie en rangschikking. Daarnaast omvat de eerste stap ook slimme, bioklimatische oplossingen op gebouwniveau, zoals de optimale inzet van lokale karakteristieken en interactie van het ontwerp met de omgeving, interne zonering en compartimentering etc. Door te investeren in deze passieve bouwkundige maatregelen, wordt de energievraag verlaagd terwijl tegelijkertijd het comfort wordt verhoogd.

De eerste stap van de nieuwe stappen strategie heeft tot doel om het toepassen van technische actieve ingrepen te reduceren, zodat de primaire kosten en het onderhoudskosten van het gebouw zullen dalen. Daarom verdient de eerste stap de prioriteit boven de laatste twee stappen.

Maatregelen die invloed hebben op het verminderen van de warmtevraag, zullen voornamelijk bioklimatische oplossingen zijn. De maatregelen, die grotendeels al in het beginstadium van het ontwerpproces genomen kunnen worden, hebben betrekking op de oriëntatie van het gebouw, de compactheid van het gebouw, de kwaliteit van de thermische schil, de toepassing van zonwering, het verwarmingssysteem en koelsysteem, het ventilatiesysteem en de optimalisatie van het leidingverloop.

De maatregelen die kunnen worden genomen om de elektriciteitsvraag van een gebouw te verminderen, zullen vooral betrekking hebben op gebruikersgebonden energieposten, zoals verlichting en apparatuur. Hierdoor is het van belang dat de gebruikers goed worden geïnformeerd over de aanwezigheid en werking van de ingrepen. Zo kan het nemen van de trap in plaats van de lift, of het overdag uitzetten van de verlichting, enorm bijdragen aan het verminderen van de energievraag.

3.3 Reststromen hergebruiken

Stap 2 van de nieuwe stappen methode behelst een optimaal gebruik van alle reststromen, zowel binnen de oorspronkelijke stroom als in een andere, binnen en buiten het gebouw. Het gaat hier dus om meer dan alleen warmteterugwinning.

Deze ingrepen hebben een passieve werking die als doel hebben de energievraag van het gebouw verder te reduceren. Daarom verdienen deze ingrepen de voorkeur boven actieve ingrepen behorende bij de derde stap.

Maatregelen die als doel hebben restwarmte te hergebruiken zijn warmteterugwinning uit ventilatielucht en afvalwater, interne warmte-uitwisseling en externe warmte-uitwisseling. Hieronder vallen bijvoorbeeld maatregelen die invloed hebben op de zonering en compartimentering van een gebouw. Verder kan een warmtepomp worden ingezet om warmte te verhogen in energieniveau.

Er bestaan geen technieken om elektriciteit te hergebruiken.

3.4 Energie uit hernieuwbare bronnen

Stap 3 van de nieuwe stappen methode pleit voor het aanvullen van de resterende energievraag met energie uit hernieuwbare bronnen. Het is echter van belang dat de energievraag allereerst zo goed mogelijk wordt verlaagd met passieve ingrepen, voordat deze wordt ingevuld met energie uit hernieuwbare bronnen. Ook hier kan een indeling worden gemaakt in warmteopwekking en elektriciteitsopwekking.

Warmteopwekking kan worden onderverdeeld in warmteopwekking uit zonne-energie en warmteopwekking uit omgevingswarmte. Onder omgevingswarmte wordt verstaan, warmte uit buitenlucht, oppervlaktewater of de ondergrond. Ook geothermie en biomassa zijn duurzame manieren van warmteopwekking.

Elektriciteit kan gewonnen worden uit zonne-energie, windenergie, waterenergie en biomassa.

3.5 Opslagmethoden

Stap 4 van de nieuwe stappen methode weerspiegelt de noodzaak van energieopslag. Om in onze toekomstige energiebehoefte te voorzien, zal duurzaam opgewekte energie op de juiste tijd en plaats beschikbaar moeten zijn voor de eindgebruiker. Bij energieopslag wordt energie opgeslagen, zodat het in een later stadium gebruikt kan worden wanneer de vraag groter is dan het aanbod. Energieopslagsystemen zijn minder zichtbaar dan bijvoorbeeld zonnepanelen of windmolens, maar uiterst essentieel voor duurzame energievoorzieningsystemen. Het aspect van energieopslag, welke de kloof tussen het moment van energieopwekking en het moment van energievraag dient op te vangen, is daarom doorslaggevend in het efficiënt ontwikkelen van een energieneutraal gebouw. Wanneer een gebouw efficiënt energie kan opslaan voor kortere en langere tijd, kan de hoeveelheid op te wekken energie uit duurzame bronnen worden verkleind. Door energieopwekking aan te vullen met energieopslag, kan gekomen worden tot een efficiënte oplossing voor energieneutrale utiliteitsbouw.

Om de kloof te dichten tussen het moment en de plaats van de energieopwekking, zijn er nieuwe opslagsystemen nodig. Er is nog veel onderzoek in uiteenlopende richtingen nodig voordat de kloof tussen duurzame energieopwekking en duurzaam energiegebruik volledig kan worden overbrugd.¹⁵

Opslag van energie is vooral in niet-netgekoppelde systemen erg belangrijk. Zon en wind zijn niet op afroep beschikbaar en daarom niet altijd geschikt voor directe toepassing. Er wordt vooral in de zomer en overdag energie geleverd door zonne-energie technieken, terwijl de behoefte aan elektriciteit niet ophoudt met het ondergaan van de zon. In geval van een netgekoppeld systeem wordt de overdag overbodig opgewekte zonnestroom het lokale elektriciteitsnet 'ingepompt' en verkocht aan de leverancier. 's Nachts kan van de leverancier getapt worden, wetende dat overdag voldoende groene energie is geproduceerd om het verbruik 's nachts ruim te rechtvaardigen. Wanneer gebouwen niet netgekoppeld zijn, dan is het van belang de overdag opgewekte energie op te slaan.

3.5.1 Warmteopslag

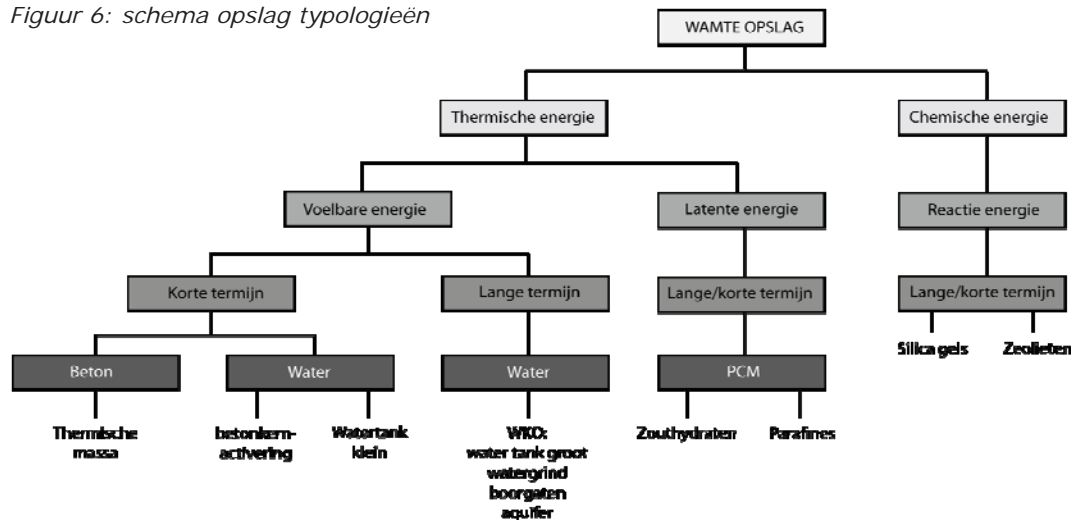
Warmteopslag kan worden gescheiden in thermische en chemische opslag. Thermische opslag kan vervolgens worden gescheiden in 'voelbare warmte' en 'latente warmte'. In voelbare warmte opslag (meetbaar met thermometer) veroorzaakt de inkomende energie een proportionele verhoging van de temperatuur van het opslag medium. Dit is het meest gebruikte type van warmte opslag (bijv. water tank en thermische massa). In latente warmte opslag (niet meetbaar met thermometer) ondergaat het opslag medium naast een temperatuur verhoging ook een verandering van toestand (van vast naar vloeibaar of van vloeibaar naar gasvormig). Tijdens deze overgangsfase wordt thermische energie geabsorbeerd zonder een temperatuur verhoging. Latente opslag media staan bekend onder de naam phase change materials (PCM).

Thermochemische warmteopslag maakt gebruik van omkeerbare chemische reacties om de warmtestroom te controleren. Silica gel en water zijn voorbeelden van de media die gebruikt

wordt voor dit type opslag. De tijd van de reactie kan naar wens worden bepaald. Daarnaast zijn er geen warmte verliezen wanneer de materialen worden gescheiden. Daarom bieden deze systemen goede condities voor seizoensopslag.

Naast de kwantiteit van de thermische energie en het temperatuur niveau is de tijdsperiode belangrijk voor de praktische toepassing van warmte opslag media. Daarom wordt er ook onderscheidt gemaakt in korte en lange termijn warmte opslag. Korte termijn warmte opslag maakt gebruik van systemen waarmee thermische energie kan worden opgeslagen voor een periode van een aantal uur tot meerdere dagen. Een veel gebruikte methode is via gebouw componenten die gebruik maken van passieve zonne-energie winsten. Lange termijn warmte opslag media worden gebruikt om thermische zonne-energie over een periode van meerdere maanden op te slaan. Dit staat ook bekend onder seizoensopslag systemen. Deze seizoensopslag installaties maken gebruik van de fysieke eigenschap dat de verhouding van oppervlakte ten opzichte van volume van een lichaam onevenredig verbeterd als het volume van dat lichaam toeneemt. Dit leidt tot kleinere warmte verliezen wanneer de opslag groter wordt en is toegepast met goede isolatie. Hierdoor kan de warmte gebruikt worden op een ander moment in het jaar.

Figuur 6: schema opslag typologieën



3.5.2 Elektriciteitsopslag

De productie van elektriciteit uit duurzame bronnen is onderhevig aan sterkere fluctuaties dan elektriciteit uit conventionele bronnen zoals kern- of kolencentrales. Daarom is een vergroting van de elektriciteitsopslag als buffer noodzakelijk. In landen met een uitgebreid elektriciteitsnet is het mogelijk om het teveel aan gegenereerde energie terug te leveren aan het net. Dit is echter niet ongelimiteerd mogelijk. Om energieneutrale gebouwen in de toekomst efficiënt te laten zijn is het van belang dat het elektriciteitsnet zich aanpast. De ontwikkeling van energieneutrale gebouwen en grootschalige toepassing van duurzame energie betekent voor het elektriciteitssysteem meer elektriciteit uit fluctuerende bronnen: windenergie, zonne-energie en warmtekracht. Daarnaast zal dit een toename van kleinere gedistribueerde elektriciteitsopwekkers betekenen: teruglevering van particulieren met een kleine windmolen, zonnepanelen op het dak of een microwarmtekrachtcentrale. Ons huidige elektriciteitsinfrastructuur is niet berekend op dergelijke veranderingen. Het is van belang om de vraag en aanbod van elektriciteit efficiënter op elkaar af te stemmen om een

dergelijke verandering mogelijk te maken.

De oplossing hiervoor is te vinden in slimme energienetten, ook wel smart grids genoemd. Een smart grid is een netwerk dat traditionele centrale elektriciteitsopwekking combineert met zowel gedistribueerde en duurzame elektriciteitsproductie als met verschuifbare belastingen en opslagmogelijkheden. In theorie kunnen alle gebruikers van elektriciteit ook elektriciteit aan het netwerk leveren. Een grote toestroom aan elektriciteit van derden kan het netwerk overbelasten en voor congestie zorgen. Een smart Grid heeft echter een ingebouwd meet- en regelsysteem, dat vraag en aanbod optimaal op elkaar afstemt. Met de intelligentie in het netwerk, wordt het mogelijk gemaakt dat het smart grid zelf beslist welke weg de stroom aflegt. Dat maakt het netwerk robuuster, milieuvriendelijker en uiteindelijk ook goedkoper.¹⁶

Het smart grid is een ontwikkeling die de toepassing van duurzame energiebronnen efficiënter maakt. Er is echter nog veel onderzoek nodig, naar ondermeer de besturingssystemen en naar nieuwe, veilige materialen die geen gezondheidsrisico's met zich meebrengen.¹⁷

3.6 Omzettingstechnieken van energie

Elektrische energie kan vrij eenvoudig door elementen worden omgezet naar warmte energie. Dit kan vervolgens worden opgeslagen in de bodem. Het omgekeerde proces is alleen mogelijk wanneer de warmte zich op een temperatuurniveau bevindt van hoger dan 100 graden Celsius.

3.7 Conclusie

In een programma van mogelijkheden staat een breed scala aan potentiële maatregelen voor het bereiken van een energieneutraal gebouw beschreven. Een programma van mogelijkheden kan worden opgesteld aan de hand van de Nieuwe Stappen Strategie. De Nieuwe Stappen Strategie is een belangrijk leidraad voor het bereiken van een kostenefficiënt en energetisch duurzaam gebouwwontwerp.

Naast het indelen van de maatregelen aan de hand van de Nieuwe stappen strategie, kan er ook onderscheidt gemaakt worden in maatregelen die invloed hebben op de warmtevraag van een gebouw en maatregelen die invloed hebben op de elektriciteitsvraag van een gebouw.

Tot de eerste stap van de Nieuwe stappen methode, het verminderen van de energievraag, behoren passieve bouwkundige maatregelen die geen hulpenergie vragen. De eerste stap van de strategie heeft tot doel om het toepassen van technische actieve ingrepen te reduceren, zodat de primaire kosten en het onderhoudskosten van het gebouw zullen dalen. Stap 2 van de nieuwe stappen methode behelst een optimaal gebruik van alle reststromen, zowel binnen de oorspronkelijke stroom als in een andere, binnen en buiten het gebouw. Door het toepassen van ingrepen die reststromen hergebruikt, zal de energievraag van een gebouw verder dalen.

Stap 3 van de nieuwe stappen methode pleit voor het aanvullen van de resterende energievraag met energie uit hernieuwbare bronnen.

Stap 4 van de nieuwe stappen methode behelst de energieopslag. Om de kloof te dichten met het moment en de plaats van de energieopwekking, zijn opslagsystemen nodig. Zon en wind zijn niet op afroep beschikbaar. Energieopslagsystemen zijn minder zichtbaar de voorgaande drie stappen, maar uiterst essentieel voor duurzame energievoorzieningsystemen. Opslag van energie is vooral in niet-netgekoppelde systemen

erg belangrijk. In geval van een netgekoppeld systeem wordt de overdag overbodig opgewekte zonnestroom het lokale elektriciteitsnet 'ingepompt' en verkocht aan de leverancier. Voor het ontwikkelen van een energieneutraal gebouwontwerp is het van belang dat alle 4 de stappen terugkomen in de toegepaste architectonische ingrepen. Daarnaast is bewustzijn van de verschillende energiesoorten warmte en elektriciteit van belang.

De stappen van de nieuwe stappen strategie geven een voorkeursvolgorde aan. Ingrenen die op een passieve wijze de energievraag verminderen of reststromen hergebruiken verdienen de prioriteit boven ingrepen die energie opwekken. Daarnaast zijn de ingrepen ter energieopslag doorslaggevend om met het hele scala aan ingrepen tot een efficiënt energieneutraal gebouw te komen.

De alternatieven voor energieopslag zijn momenteel in ontwikkeling. Er is echter nog veel fundamenteel onderzoek nodig om definitieve uitspraken te kunnen doen over het rendement en de haalbaarheid van verschillende denkbare opslagmethodes.¹⁸

Er zijn verschillende methoden beschikbaar voor het opslaan van elektriciteit.

Condensatoren zijn efficiënt in het direct opslaan van elektriciteit. De opslag dichtheid is echter laag. Het alternatief is om elektriciteit indirect op te slaan door het om te zetten in een andere energievorm, zodat grotere kwantiteiten van energie beschikbaar blijven over een lange periode. Daarnaast is de ontwikkeling van het smart grid erg interessant.

4 DE ENERGIE POTENTIE SCAN

Het antwoord op de vraag hoe de samenleving kan verduurzamen en hoe de gebouwde omgeving daaraan kan bijdragen, ligt voor een groot deel in de antwoorden op concrete vragen als: welke energie biedt de meeste kwaliteit, hoe kan het maximale uit de gekozen energiebron worden gehaald, hoe kunnen ook de kansen die de lokale omgeving biedt zo goed mogelijk worden benut? Deze vragen kunnen worden beantwoord door het doen van een energie potentie scan. Een dergelijke scan vormt de start in het ontwerpproces naar een energieneutraal gebouw.¹⁹

4.1 Methodiek van de energie potentie scan

Bij een duurzame energie ambitie is het van belang om te bepalen wat de energie potenties binnen het gebied zijn voor energie uit hernieuwbare bronnen. Daarom dienen de factoren te worden geanalyseerd die invloed hebben op de energie potentie van een bepaald gebied. Aan de hand hiervan kunnen de juiste aanbevelingen voor een specifieke plek gedaan worden met betrekking tot het toepassen van passieve architectonische ingrepen en het opwekken van energie uit hernieuwbare bronnen.

Het in kaart brengen van de energie potentie van een bepaald gebied kan door middel van een energie potentiescan, ook wel energy potential mapping (EPM) genoemd. De methode van de energie potentie scan heeft zich over de afgelopen jaren ontwikkeld in verschillende onderzoeken die zijn uitgevoerd voor gebieden in Nederland. EPM is een gestructureerde benadering om energie potenties binnen een gebied overzichtelijk te karteren en kwantificeren, onafhankelijk van de schaalgrootte van het gebied.²⁰

De methodiek van de energie potentie scan is toepasbaar op regionale schaal, maar ook op lager schaalniveau zoals provincie, stad wijk en zelfs gebouwen. Op de schaal van gebouwen staat energy potential mapping ook bekend onder noemer 'smart & bioclimatic design'.²¹

Over het algemeen geldt dat de potentie van de mogelijke architectonische ingrepen wordt bepaald door een tijdscomponent en een ruimtecomponent. Het is van belang hoelang de betreffende factor aanwezig is en in welke mate de ingreep toegepast kan worden ter ondersteuning van de architectuur.

4.1.1 De energie potentiekaart

Op energie potentiekaarten wordt aangegeven waar verschillende energetische kansen en zwakke punten liggen voor specifieke energieopwekking of omzetting, gebaseerd op klimatologische, geofysische en cultuur technische eigenschappen van een gebied.²²

Een uitgebreide analyse van de lokale karakteristieken is noodzakelijk om een energie potentiekaart te kunnen maken. Factoren die van invloed zijn op het energiegebruik dienen in kaart worden gebracht. Daarom is het van belang om informatie te verzamelen met betrekking tot de volgende thema's:

- Historische ontwikkeling
- Topografie/ geografische ligging
- Klimaat
- Geofysica: bodem en ondergrond
- Landschap
- Grond gebruik

- (infrastructuur) / (huidige energiegebruik)

Deze basisgegevens bieden mogelijkheden voor energieopwekking of –opslag. Het lokale klimaat is essentieel voor de potentiebepaling voor zonne- en windenergie. Grond gebruik geeft inzicht in de mogelijkheden voor bijvoorbeeld warmteopslag en biomassa. 23 Er kunnen potentiekaarten gemaakt worden gebaseerd op de energiebronnen, zoals de zon, wind, water etc. Dit kan resulteren in de volgende kaarten:

- Zonnepotentiekaart
- Windpotentiekaart
- Waterpotentiekaart
- Biomassapotentiekaart
- Ondergrondpotentiekaart

Alle potentiekaarten bij elkaar kunnen ten slotte inzichtelijk worden gemaakt in een overlappende energiemixkaart. Echter, de energie potentiekaarten kunnen ook gebaseerd worden op de energievorm die de bronnen kunnen leveren, zoals elektriciteit en warmte. Dit kan dan resulteren in de volgende kaarten:

- Elektriciteitsopwekking potentiekaart
- Warmte koude
- CO2 afvang

Op basis van deze kaarten kunnen de ingrepen voorgesteld worden in ruimtelijke zin in de ingrepenkaart.

4.1.1.1. Energieopwekking

Aan de hand van de energie potentiekaarten kan voor het gebied de beste locatie worden bepaald voor alle vormen van energieopwekking in de vorm van warmte en elektriciteit.

- Windenergie
- Blauwe energie
- Biomassa
- Zonne-energie
- Warmte en koude potenties

In het vervolg van dit hoofdstuk zal per voor de thema's historische ontwikkeling, topografie, klimaat, geofysica en landschap worden toegelicht hoe deze aspecten invloed kunnen uitoefenen op de energie potentie van een gebied ter grootte van een gebouw met omgeving.

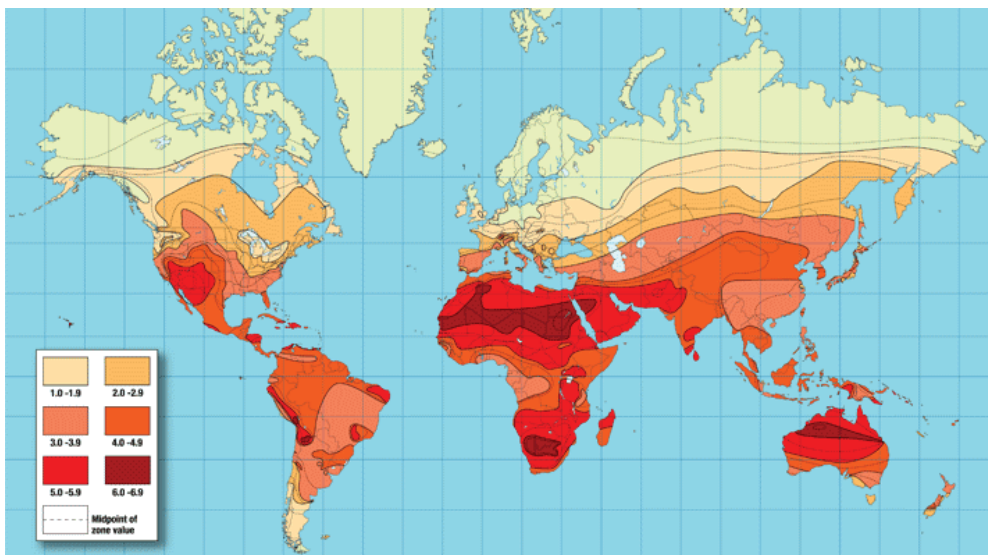
4.2 Historische en geografische context

4.2.1 Historische ontwikkeling

Om een gebied goed te begrijpen is het belangrijk om te onderzoeken hoe een gebied is ontstaan en wanneer de ontwikkeling van het gebied op gang is gekomen. Een gebied doorstaat altijd verschillende stadia van ontwikkelingen. Deze kunnen in kaart worden gebracht. Wat zijn hierbij kansen geweest en wat heeft het gebied bedreigd? Wat heeft een grote impact gehad op de ontwikkeling van het gebied? Ook is het van belang om in kaart te brengen of er toekomstige ontwikkelingen staan gepland voor een bepaald gebied.

4.2.2 Geografische ligging

De hoeveelheid potentieel beschikbare zonne-energie is afhankelijk van de geografische locatie. De geografische locatie van een gebied kan uitgedrukt worden in lengte- en breedte graden. Hoe dichterbij de evenaar, hoe groter de potentie is voor zonne-energie. De hoeveelheid zonnestraling die op de aarde valt is dichterbij de evenaar groter. Daarom is het goed om te weten op welke breedte graad de locatie zich bevindt.



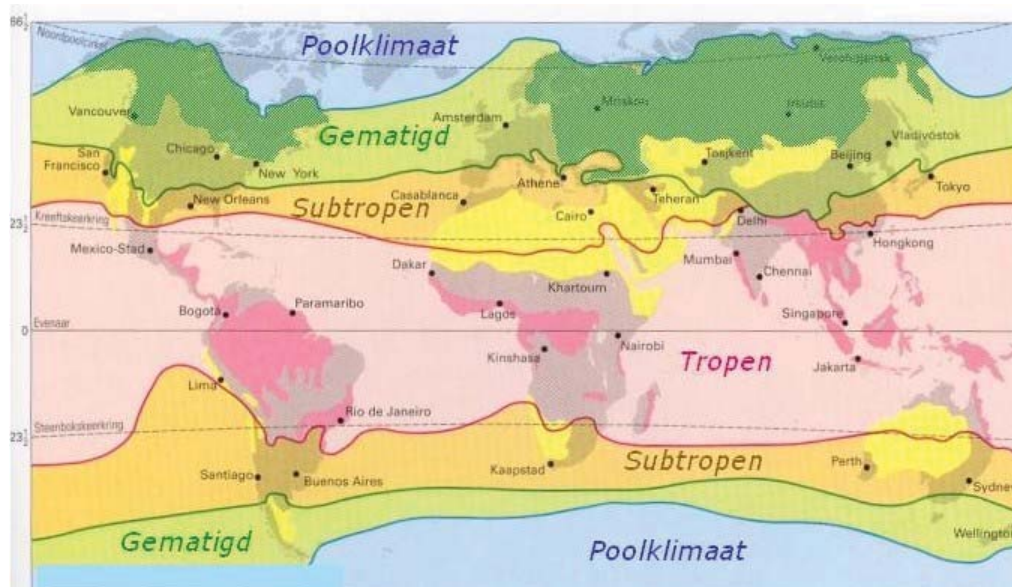
Figuur 7: Globale zonnestraling waarden voor de wereld

4.2.2.1 Oriëntatie

Ook de oriëntatie van het gebied ten opzichte van de zon is een belangrijk gegeven. Om een goed beeld te geven van een gebied kan een kaart van het gebied met omringende omgeving gemaakt worden. Belangrijk informatie in deze kaart is de noordpijl. Hiermee wordt direct duidelijk hoe de stand van de zon zich verhoudt tot de locatie. De potentie van energie uit hernieuwbare bronnen is namelijk grotendeels afhankelijk van de baan van de zon. Zonne-energie heeft het grootste rendement wanneer de stand van de panelen geoptimaliseerd zijn ten opzichte van de zonnestand. Zonnepanelen hebben een optimaal effect onder een hoek van 30 tot 40 graden en precies naar het zuiden gericht. Oost en west georiënteerde panelen hebben een effect van 85% ten opzichte van zuidwaarts georiënteerde panelen. Daarom is het belangrijk duidelijk in kaart te brengen hoe de locatie is georiënteerd ten opzichte van het zuiden.

4.2.3 Klimaat

Het is van belang om te onderzoeken in welk klimatologisch gebied de locatie zich bevindt. Koppen heeft een indeling bedacht op basis van 5 hoofdklimaten. Deze zijn gebaseerd op de verschillen in temperatuur. Het klimaat is de gemiddelde weerstoestand over een periode van minimaal 30 jaar. Daarom bepaald het klimaat grotendeels de potentie voor energieopwekking uit hernieuwbare bronnen.



Figuur 8: de wereld ingedeeld in klimaatgebieden aan de hand van koppen

Het klimaat kan ingedeeld worden in temperatuur, zon, wind en neerslag. Voor deze thema's kan informatie verzameld worden die invloed hebben op de potentie voor energieopwekking. Met name zonne- en windenergie worden bepaald door de weersomstandigheden die in een gebied heersen.

Temperatuur

Voor de locatie kan in kaart worden gebracht wat de temperatuurkarakteristieken door het jaar zijn. Deze gegevens kunnen in overzichtelijke grafieken en tabellen weergegeven worden. De gemiddelde temperatuur per maand, seizoen en jaar zijn belangrijke gegevens. Om een goed overzicht te krijgen van de schommelingen kan ook het gemiddelde minimum temperatuur en het gemiddelde maximum temperatuur worden weergegeven.

Zon

De karakteristieken van de zon spelen een grote rol in de gebouwde omgeving met betrekking tot energie gebruik. Daarom is kennis van de zonnebaan en de hoeveelheid beschikbare duurzame energie voor ontwerpers belangrijk. De zon is de grootste energiebron van de aarde. Het geeft per vierkante meter Nederlandse grond 3,5 GJ energie per jaar (KNMI 2006).²⁴

Voor een bepaald gebied kan bepaald worden wat de gemiddelde bezonning is in aantal zonne-uren per jaar en wat de energie-intensiteit van de straling is in Joule per vierkante meter. De potentie van zonne-energie is afhankelijk van deze gegevens. Over het algemeen

kan worden gesteld dat het gedrag van de potentie van zonne-energie goed accuraat is te voorspellen.

Globale straling

De potentie voor zonne-energie wordt onder andere bepaald door de globale zonnestraling en dit gegeven is locatieafhankelijk zoals bij de geografische locatie is genoemd. De globale zonnestraling is de hoeveelheid zonnestraling per oppervlakte-eenheid. Van de kortgolelige zonnestraling die aan de rand van de atmosfeer binnenkomt, bereikt een gedeelte rechtstreeks het aardoppervlak en een gedeelte bereikt indirect het aardoppervlak. De directe en diffuse straling vormen samen het totaal aan zonnestraling dat aan het aardoppervlak ontvangen wordt, ook wel de globale straling genoemd. De globale straling wordt uitgedrukt in Joules per vierkante meter, maar kan ook worden uitgedrukt in Watt per vierkante meter of kiloWattuur per vierkante meter. Hoe hoger de Globale straling, des te beter de locatie geschikt is voor de opwekking van zonne-energie.

De energie-intensiteit van de straling kan in grafieken en tabellen worden weergegeven.

Uit de globale straling wordt de duur van de zonneshijn berekend.²⁵

Zonne-uren

De potentie voor zonne-energie wordt ook bepaald door het aantal zonne-uren per jaar. Deze gegevens kunnen gehaald worden uit klimaatgegevens van de locatie. Hoe meer zonne-uren per jaar, hoe beter de locatie geschikt is voor zonne-energie. De zonne-uren kunnen per jaar gegeven worden, maar ook het gemiddeld aantal zonne-uren per maand is een belangrijk gegeven die helder in grafieken en tabellen kan worden weergegeven.

Zonnebaan

Voor een duurzaam stedenbouwkundig en architectonisch ontwerp is kennis van de zonnebaan gedurende de seizoenen en de dag van groot belang. De effectiviteit van zonne-energie technieken is afhankelijk van de hoek van instraling van de zonnestraling. Hoe verder verwijderd van haaks, des te lager het rendement. Daarom is de positie van de zon op ieder moment van de dag gedurende het jaar belangrijke informatie.

De positie van de zon kan worden weergegeven met behulp van zonnebaan. De zonnebaan is afhankelijk van de geografische locatie. Uit de zonnebanen is voor ieder moment van het jaar af te lezen wat de zonnehoogtehoek en de azimuthhoek bedraagt, daarmee dus ook de hoogste zonnestanden in de zomer en in de winter. Tevens is voor iedere dag het aantal uren zonlicht af te lezen. Dit zijn belangrijke gegevens bij de toepassing van passieve en actieve zonne-energie.

Er geldt dat de zonnebaan van mei overeenkomt met die van juli, die van april met augustus, die van maart met september, die van februari met oktober en die van januari met die van november.²⁶

Wind

De potentie voor windenergie wordt bepaald door de windkarakteristieken van een gebied. Voor het gebruik van windenergie zijn de windsnelheid, de verschillen in wind snelheid en de richting van de wind van belang voor het bepalen van de potentie.

Gegevens over de windsnelheid op 30m hoogte zijn van belang voor het comfort op leefniveau en voor kleine gebouwgebonden windturbines. De windsnelheid op 100m hoogte zijn van belang voor grote windturbines.

De windsnelheid kan overzichtelijk worden weergegeven in grafieken en tabellen. Belangrijke waarden zijn gemiddelden per jaar, seizoen en per maand. Om een duidelijk beeld te krijgen van de schommelingen zijn ook gegevens van gemiddeld lage snelheden en gemiddeld hoge snelheden van belang. Naast de windsnelheid is ook de windrichting van belang. Dit kan weergegeven worden met behulp van een wind roos. Over het algemeen kan worden gesteld dat de het gedrag van de wind lastig accuraat is te voorspellen. Hierdoor is windenergie een onvoorspelbare energiebron.

Neerslag

Neerslagkarakteristieken zijn van belang in het kader van wateroverlast. Het gevaar van zeespiegelstijging speelt bijvoorbeeld in Nederland. De neerslagpatronen, zoals de hoeveelheid neerslag en de verschillen in neerslag tussen de seizoenen, zijn van belang voor de ruimtelijke inrichting in het energieregime in Nederland. Ook het onderscheid in regen en sneeuw biedt informatieve gegevens.

4.2.4 Ondergrond

Grond gebruik geeft inzicht in de mogelijkheden voor bijvoorbeeld warmteopslag en biomassa. Niet elk gebied is even geschikt voor ondergrondse energieopslag. De potentiële toepassing van ondergrondse energieopslag wordt beïnvloed door zowel de plaatselijke wet- en regelgeving als de fysisch-chemische eigenschappen van de ondergrond.²⁷ Daarom is het van belang om gegevens te verzamelen over de grondsoort waaruit de bodem bestaat.

Ondiepe ondergrond

Voor de potentie voor warmte en koude opslag is het belangrijk om in kaart te brengen of in de ondergrond aquifers aanwezig zijn (op een diepte van ongeveer 50 tot 200 meter). Wanneer dit het geval is, dan zijn de temperatuur van de aquifer en de diepte waarop de aquifers gelegen zijn belangrijk gegevens. De potentie voor warmte koude opslag hangt verder af van fysisch chemische karakteristieken.

De Fysisch-chemische karakteristieken die de potentie van ondergrondse energie opslag beïnvloeden zijn onder meer: ²⁸

- De dikte van de watervoerende pakketten;
- De doorlatendheid van de watervoerende pakketten;
- Het doorlaatvermogen van de watervoerende pakketten;
- De diepte van de watervoerende pakketten;
- De weerstand van de scheidende lagen;
- De aanwezigheid van zoet-zout overgangen;
- Het voorkomen van redox grenzen;
- De druk van opgeloste gassen.

Wet- en regelgeving

In Nederland staan rijk en de provincies niet afwijzend tegenover ondergrondse energieopslag, gezien de energiebesparing en CO2-reductie. Ondergrondse energieopslag kan echter een grote invloed hebben op de (ondergrondse) omgeving. Deze negatieve effecten die genoemd zijn als toetsingscriteria in de Waterwet en de Wet Bodembescherming Effecten die de toepassing van ondergrondse energieopslag kunnen beperken of uitsluiten en betreffen onder meer:

- verspreiding van bestaande bodemverontreiniging door de werking van het systeem
- vermindering van natuurwaarden door negatieve effecten op de grondwaterstand
- negatieve beïnvloeding grondwateronttrekkingen
- negatieve beïnvloeding van andere ondergrondse energieopslagsystemen
- negatieve beïnvloeding van archeologische monumenten en aardkundige waarden
- verzilting van zoet water of verzoeting van zilt water
- grondwaterverlagingen die leiden tot zettingen bij ondiepe systemen
- opbrengstderiving

De effecten op grondwater door temperatuur verhoging en verlaging in een range van 5-25 °C zijn beperkt. ²⁹

Op sommige plaatsen zijn WKO-systemen niet toegestaan of worden hieraan nadere voorwaarden gesteld. Toepassing van koude- en warmteopslag is verboden in waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden voor de openbare drinkwatervoorziening en gebieden met een boringvrije zone.

Diepe ondergrond

De diepe ondergrond kan mogelijkheden bieden voor geothermie. De temperaturen die heerste op een diepte van ongeveer 3000 meter zijn belang voor warmtewinning. Hieruit kan warmte en elektriciteit geproduceerd worden. In Nederland wordt geothermie voornamelijk toegepast voor warmtewinning, omdat de temperatuur niet hoog genoeg is voor elektriciteitsproductie.

4.2.5 Grondgebruik

Reliëf

Op welke hoogte ligt het gebied. (NAP). Wat zijn de hoogteverschillen in het gebied. Biedt dit potentie voor kinetische energie?

Door klimaatverandering wordt de aarde enkele graden warmer. Hierdoor zullen de zeespiegels stijgen. Voor bepaalde provincies in Nederland kan dit tot gevolg hebben dat bij een dijkdoorbraak het land onder water komt te staan.

Natuur en landbouw

Veeteelt biedt mogelijkheden ten aanzien van de inzet van biovergistingsinstallaties en decentrale biowarmtekrachtkoppeling. Daarom is het van belang om uit te zoeken of in de omgeving bijvoorbeeld veeteelt plaatsvindt.

Potentieel

De energie potenties uit biomassa is lastig te bepalen, omdat dit afhankelijk is van in welke hoeveelheden er van verschillende vormen zijn maar ook welke werkelijk geschikt zijn om als bio energie in te zetten zonder dat de biomassa op een andere wijze geschikt ingezet kan worden en tegenstrijdige belangen dient. Eerste generatie biobrandstoffen kunnen concurreren met de voedselproductie. Geschikte tweede generatie biomassa-bronnen bestaan uit reststromen van biomassa en bestaan uit: ³⁰

- hout en snoeiafval,
- GFT,

- vloeibare en vaste mest,
- resten uit de akkerbouw en - rioolwater van RWZI's.

Water

Energie uit water wordt opgewekt uit waterverplaatsing. Waterverplaatsing kan plaatsvinden door:

- hoogteverschillen
- natuurlijke stroming
- getijden
- golven

Elektriciteit kan worden opgewekt via turbines, schoepenraden of vijzels.

Het is van belang om in kaart te brengen of zich een open water bron bevindt in de omgeving en of deze mogelijkheden biedt voor waterenergie. De meeste waterkracht bronnen bevinden zich in gebieden waar rivieren stromen waar ten minste een matig reliëf aanwezig is.³¹

Energieproductie uit water is over het algemeen goed accuraat te voorspellen. Deze energievorm is namelijk minder afhankelijk van de jaargetijden dan wind- en zonne-energie. Hierdoor is het een aantrekkelijke energiebron.

Beschaduwning

De effectiviteit van zonne-energie bepaald door de mate van zonneval op het gebied. In gebieden met veel hoogbouw zal gedurende de dag ook veel schaduw aanwezig zijn. Daarom kan een beschaduwingsanalyse van belang zijn voor het bepalen van de plek met de grootste potentie voor zonne-energie. In een beschaduwingsanalyse wordt voor verschillende tijdstippen op de dag en verschillende seizoenen bepaald hoe de schaduw op het gebied valt. Figuur x geeft een voorbeeld van een schaduwanalyse voor het tijdstip 12:30. Deze kan aangevuld worden door ook op de tijdstippen 9:30 en 16:30 een analyse uit te voeren.

Externe restwarmte

De functies van de bebouwing in een gebied kunnen mogelijkheden bieden voor het benutten van restwarmte. Achterhaald dient te worden of specifieke bedrijven of industrieterrainen zich in de omgeving bevinden. Bedrijven die mogelijk restwarmte bezitten kunnen de potentie voor het toepassen van externe restwarmte verhogen. Ook supermarkten komen hiervoor goed in aanmerking.

4.3 Conclusie

Met een energie potentiescan worden de factoren geanalyseerd die invloed hebben op de energie potentie van een bepaald gebied. De energie potentiescan duidt aan waar energetische kansen en zwakke punten liggen voor specifieke energieopwekking, of omzetting, gebaseerd op klimatologische, geofysische en cultuur technische eigenschappen van een gebied.

Aan de hand hiervan kunnen de juiste aanbevelingen voor een specifieke plek gedaan worden met betrekking tot het toepassen van passieve architectonische ingrepen en het opwekken van energie uit hernieuwbare bronnen. De energie potentiescan heeft dus een sturende werking in maken van beslissingen uit het programma van mogelijkheden.

5 ENERGIEVERBRUIK UTILITEITSGEBOUWEN

De eerste twee stappen van de nieuwe stappen methode hebben als doel de energievraag van een gebouw te verminderen. Om dit zo effectief mogelijk te doen is het van belang de energieposten aan te pakken die de grootste potentie bieden voor energiereductie. Daarom wordt in dit hoofdstuk achterhaald waardoor de energievraag van een gebouw wordt bepaald en welk karakter de verschillende energieposten kennen.

5.1 Comfort

Het welzijn van een persoon is gebaseerd op zijn of haar subjectieve perceptie van een aantal externe invloeden. Naast fysisch meetbare omgevingsomstandigheden (zoals temperatuur, lichtintensiteit en geluid), wordt ons welzijn ook beïnvloed door individuele, fysiologische criteria (zoals leeftijd en geslacht) en intermediaire omstandigheden (zoals kleding en activiteit). Comfort is daarom niet een factor die precies kan worden gekwantificeerd, maar representeert een individuele empirische waarde waarop mensen hun omgeving als aangenaam waarnemen. Alle factoren die het thermische comfort beïnvloeden hebben een direct effect op de energievraag van gebouwen.

5.2 Energievraag

Het creëren van een comfortabel leef en werk omgeving vraagt voor intelligente planning van gebouwen met hogere energie efficiency. Tijdens het ontwerp van een gebouw dient de verwachte energievraag in de gebruiksfase overwogen te worden als gevolg van ontwerpingrepen, toegepaste technologie, comfort eisen en gebruikersgedrag. De energiebehoefte van gebouwen is voornamelijk te wijten aan randvoorwaarden en gebruikers gerelateerde vereisten, die, direct of indirect, energievragende installaties aanspreken die in de eerste plaats onafhankelijk zijn van architectonische parameters.³²

Tabel 2: energievraag onderverdeeld naar eisen, randvoorwaarden, diensten en thema's

EIS	RANDVOORWAARDE	DIENST	ENERGIETHEMA
comfortabele temperatuur	buiten temperatuur (-20 tot 40 °C)	Verwarmen en koelen	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">verwarmen</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">koelen</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">ventilatie</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">verlichting</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 5px; text-align: center;">elektriciteit</div> </div>
comfortabele helderheid	Helderheid (0-10 000 lx)	verlichten	
goede luchtkwaliteit	Lucht vraag (15-130 m3/h p.p.)	ventilatie (toevoer en afvoer)	
comfortabele luchtvochtigheid	Vochtigheid (0-100%)	bevochtiging	
warm water	Drink water voorziening (+/- 10 °C)	verwarmen van drink water	
elektrische apparatuur	efficiëntie van apparatuur	voorzien in elektriciteit	
proces verwarming	efficiency van proces	productie van proces verwarming	
proces koeling	efficiency van proces	productie van proces koeling	

In tegenstelling tot de lastig beïnvloedbare locatieafhankelijke klimaatomstandigheden, is er aanzienlijke speelruimte in de gebruiker gerelateerde eisen. Het gedrag van de gebruiker in relatie tot verwarmen, ventileren, verlichten of het gebruik van warm water heeft een doorslaggevende invloed op het gebruik van energievragende installaties. Om een comfortabel binnenklimaat te creëren en te voldoen aan de behoeften van gebruikers, kan er onderscheidt worden gemaakt in vijf energithema's: verwarmen, koelen, verlichten, ventileren en elektriciteit.

Tabel 3: energithema's

ENERGIETHEM A	Minimaliseren energievraag	Optimaliseren energie installaties
verwarmen	warmte behouden	efficiënte warmtewinst
koelen	oververhitting voorkomen	efficiënte warmte verdrijving
ventilatie	natuurlijke ventilatie	efficiënte mechanische ventilatie
verlichting	gebruik van daglichttoetreding	optimaliseren kunstmatige verlichting
elektriciteit	efficiënt gebruik van elektriciteit	decentraliseren van elektriciteit generatie

5.2.1 Energiegebruik onderverdeeld in energieposten

Het energieverbruik van gebouwen kan worden geschat door middel van de EPC rekenmethode. In de EPC berekening wordt het totale energiegebruik berekend over de energieposten verwarming, warm tapwater, ventilatoren, verlichting, koeling, bevochtiging en pompen.³³ De onderstaande tabel geeft een versimpelde weergave van de parameters die de verschillende energieposten beïnvloeden.

Tabel 4: Overzicht parameters bij verschillende posten in de energieprestatieberekening voor woningen

Energiepost	Parameters
verwarming (en hupenergie)	warmtetransmissie
	zoninstraling
	interne warmtewinst
	ventilatie
	infiltratie
	warmteverlies tussen zones
	opwekkingsrendement verwarmingsinstallatie
	systeemrendement verwarmingsinstallatie
	installatie
	waakvlam
	pompen (ketel)
	ventilatoren (ketel)
	elektronica (ketel)
	Warm tapwater
leidinglengte aanrecht	
lengte circulatieleiding	
installatierendement	
Ventilatoren	type ventilatiesysteem of vermogen en regeling ventilatoren
verlichting	forfaitair vermogen per m2
	gebruiksoppervlakte verwarmde zones
koeling	koudebehoefte
	opwekkingsrendement
bevochtiging	Zie NEN 2916: bevochtigingsgraad
	opwekkingsrendement
pompen	

5.3 Energiedata

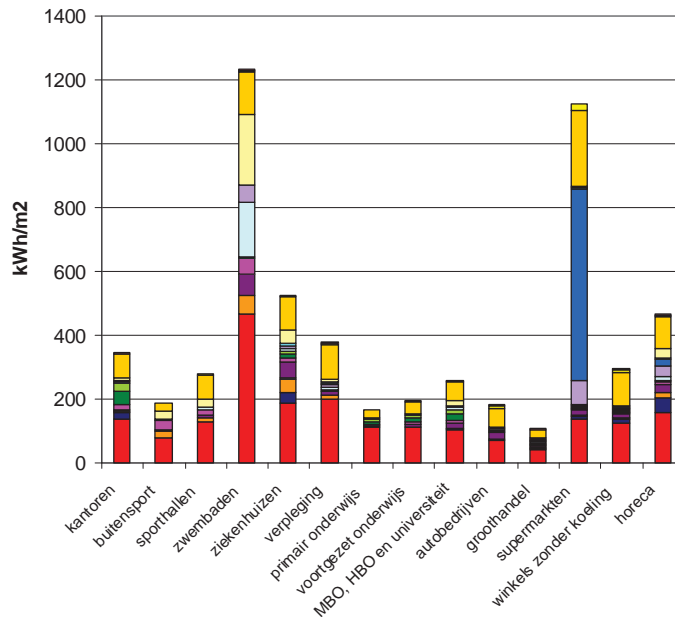
Nu duidelijk is waardoor de energievraag van een gebouw wordt bepaald is het van belang in kaart te brengen welke energieposten het grootste aandeel hebben in de totale energievraag. Energiedata van utiliteitsgebouwen kan hier meer duidelijkheid over geven.

5.3.1 Energieverbruik in Utiliteitsgebouwen per gebouwfunctie

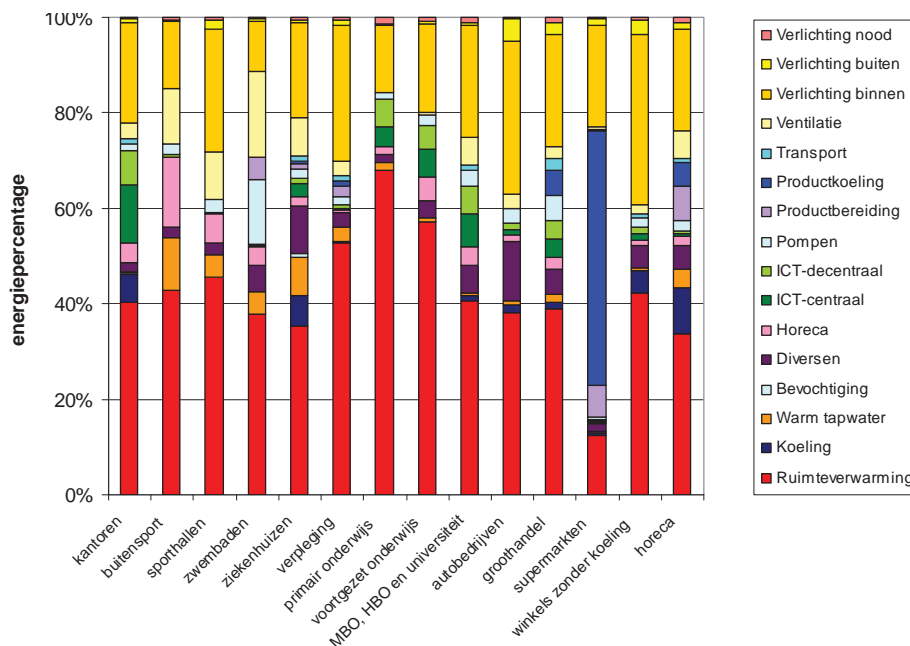
Energie en Gebouwde Omgeving Energiecijfers levert op een interactieve manier gegevens over alle aspecten van energiegebruik in de gebouwde omgeving. Het beschikbaar hebben van nauwkeurige en betrouwbare informatie is een essentiële voorwaarde om effectief energiebesparingsbeleid voor de gebouwde omgeving te kunnen ontwikkelen, implementeren, zonodig bijsturen en evalueren. Binnen Agentschap NL wordt in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer daarom continue onderzoek hiernaar verricht.³⁴

Onderstaande grafieken zijn verkregen uit de databank van Agentschap NL. In deze grafiek is het energiegebruik van utiliteitsgebouwen inzichtelijk gemaakt voor de Nederlandse situatie.

Grafiek 1 : Energieverbruik in utiliteitsgebouwen verdeeld naar post in kWh/m²



Grafiek 2: energieverbruik utiliteitsgebouwen verdeeld per post in procenten van totaal



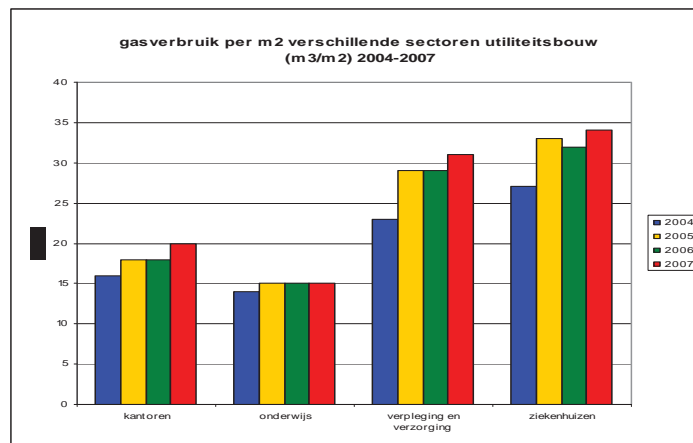
Belangrijke referentiewaarden voor de validerende casus, zijn de cijfers voor kantoren en Horeca. Een gemiddeld Nederlands kantoor verbruikt per jaar 344 kWh/m², oftewel 1.238 MJ/m². Het energiegebruik van kantoren wordt voornamelijk bepaald door de posten ruimteverwarming en verlichting binnen.

Een gemiddeld Nederlandse Horecagebouw gebruikt per jaar 468 kWh/m², oftewel 1.685 MJ/m². Het energiegebruik van Horeca wordt ook voornamelijk bepaald door de posten ruimteverwarming en verlichting binnen, maar in vergelijking met kantoren hebben de posten productbereiding en productkoeling een groot aandeel de het totale energiegebruik en is het energiegebruik voor ICT veel kleiner.

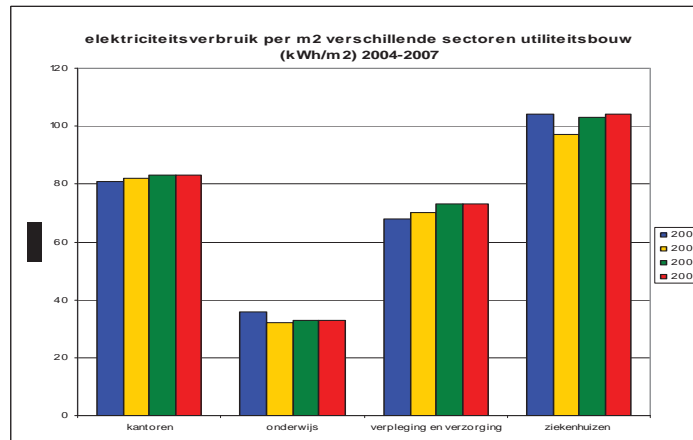
5.3.2 Energiegebruik onderverdeelt in warmte- en elektriciteitsvraag

Het energiegebruik kan ook onderverdeeld worden in energie voor verwarmen, koelen en warm tapwater en elektriciteitsgebruik. Onderstaand staat het gasverbruik en het elektriciteitsgebruik voor kantoren, onderwijs, verpleging en verzorging en ziekenhuizen vermeld voor de jaren 2004 tot en met 2007.

Grafiek 3: gasverbruik



Grafiek 4: elektriciteitsverbruik



Het elektriciteitsgebruik wordt voor een aanzienlijk deel bepaald door apparatuur en verlichting. De hoogte van het verbruik wordt voornamelijk bepaald door het aantal mensen dat apparaten gebruikt. ³⁵

5.4 Energievraagpatronen

De energievraag van gebouwen kent een sinusvormig patroon gedurende het jaar en gedurende het etmaal.

5.4.1 Seizoenspatroon

Variabele parameters die de energievraag van gebouwen bepalen zijn de klimaatafhankelijke waarden als de buitentemperatuur en de zonnestraling. Doordat de buitentemperatuur en de zonnestraling variëren met de seizoenen, varieert de energievraag mee.

De warmte en koelvraag hebben een directe link met deze parameters, waardoor er pieken ontstaan in de zomer en de winter. De elektriciteitsvraag is meer constant over het jaar.

5.4.2 Dagelijks patroon

Het dagelijkse energiepatroon wordt bepaald door het gebruikersschema van het gebouw. Standaard kantoorgebouwen worden gebruikt tussen 7:00 uur en 20:00 uur. 's Avonds buiten de gebruiksuren is het energiegebruik een stuk lager. Een internationaal georiënteerd gebouw zoals het UNEC zou ook goed buiten deze tijden gebruikt kunnen worden. Hier kan rekening mee gehouden worden in de energieberekening.

5.5 Conclusie

Alle factoren die het thermische comfort beïnvloeden hebben een direct effect op de energievraag van gebouwen. Uit deze factoren volgen zes energietheema's, namelijk verwarmen, koelen, ventilatie, verlichting, pompen en elektriciteit. De gebruikersgerelateerde eisen die voortkomen uit comfort geven enige speelruimte, waarmee de energievraag van een gebouw kan worden verminderd. De energievraag kan worden verminderd door de energievraag te verminderen en de klimaatinstallaties te optimaliseren. Variabele parameters die de energievraag van gebouwen bepalen zijn de klimaatafhankelijke waarden als de buitentemperatuur en de zonnestraling. Doordat de buitentemperatuur en de zonnestraling variëren met de seizoenen, varieert de energievraag mee. De elektriciteitsvraag is meer constant over het jaar.

Uit energiedata van 'Energie en Gebouwde Omgeving Energiecijfers' blijkt dat een gemiddeld Nederlands kantoor 244 kWh/m² verbruikt. Daarnaast blijkt dat de energieposten ruimteverwarming en verlichting het hoogst zijn voor kantoren.

6 ENERGIEBALANS

Om ontwerpen te kunnen beoordelen om energieneutraliteit is het noodzakelijk dat de energievraag en de energieopwekking van het gebouwontwerp goed inzichtelijk kunnen worden gemaakt. Dit kan worden gedaan met een energiebalans. De energiebalans kent twee zijdes. Enerzijds de energievraag en anderzijds de energieopwekking.

6.1 Energievraag utiliteitsgebouwen

Er zijn verschillende methoden om het energiegebruik van gebouwen te berekenen. Deze rekenmethodieken kunnen worden onderscheiden in stationaire berekeningsmethoden en dynamische berekeningsmethoden. Bij stationaire berekeningsmethoden wordt vaak onderscheid gemaakt in het type gebouw.³⁶

6.2 EPN als basis voor de vraagzijde van de energiebalans

Omwille van dit onderzoek is ervoor gekozen de EPN berekeningmethode als basis te nemen voor de vraagzijde van de energiebalans. In Nederland dienen nieuwe utiliteitsgebouwen in het wettelijke kader aan de energiepresentatie eis te voldoen. Als bepalingsmethode voor het energiegebruik geldt hiervoor de energieprestatie norm: voor utiliteitsgebouwen is dit NEN 1926. Bij deze bepalingsmethode wordt uitgegaan van een gestandaardiseerd gebruik van de gebouwen. De EPN bepaald de energievraag aan de hand van de energieposten verlichting, ventilatie, verwarming, koeling, warmt tapwater, bevochtiging, pompen. Indien voor een willekeurig gebouw het werkelijke gebruik redelijk overeenkomt met het gebruik zoals beschreven in de energieprestatie normen, dan zal de uitkomst van het energiegebruik uit de EPN berekening een redelijke voorspelling geven van het energiegebruik per maand over langere termijn. Daarom is de EPN als uitgangspunt genomen voor de vraagzijde van de energiebalans. Indien een exactere energieberekening voor handen is verdient het de voorkeur deze te gebruiken voor het bepalen van de energievraag van gebouwen.

6.3 Rekenmethode EPC

De EPC wordt berekend uit het jaarlijkse karakteristieke energiegebruik, de gebruiksoppervlakte van de verwarmde zone, bepaald conform NEN 5128, en de totale verliesoppervlakte. In de Energie Prestatie Normen (EPN) staat aangegeven hoe de EPC van een utiliteitsgebouw berekend moet worden. De bouwwereld mag zelf kiezen met welke maatregelen de vereiste energiezuinigheid van een gebouw wordt bereikt. Hoe lager de EPC, des te minder energie is er nodig bij gebruik van het gebouw.

6.4 Energieneutraal bouwen en de EPC

De relatie tussen EPC en energieneutraal is vooralsnog niet exact aan te geven. Dat komt door de uiteenlopende interpretaties van het begrip energieneutraal, en door de beperkingen en specifieke toepassingsgebieden van de EPC. Over de relatie tussen energieneutraal en EPC-waarde bestaan daardoor veel misverstanden: Zo wordt ten onrechte beweerd dat energieneutraal hetzelfde is als $EPC = 0$.

Wanneer de definitie wordt gehandhaafd die is voorgesteld in hoofdstuk 2: energieneutraal, dan blijkt dat de reikwijdte van de EPC beperkingen geeft. De EPC beschouwt alleen de energievragen en –stromen die gebouwgebonden zijn. Gebruikersgebonden verbruiken valt wel binnen de definitie van energieneutraal, maar zijn geen onderdeel van de EPC. Een volgend misverstand ligt in het doel van de EPC. De EPC is gekoppeld aan het Bouwbesluit. Het Bouwbesluit zorgt voor een minimale kwaliteit in gebouwen. Het is een normeringinstrument om de ondergrens te waarborgen, geen ontwerpinstrument voor het ontwikkelen van energieneutrale gebouwen. De komende EPG-rekentool, die de EPC zal opvolgen, houdt meer rekening met deze problematiek en zal naar verwachting de berekening van zeer energiezuinige en energieneutrale woningen en gebouwen beter laten uitkomen.³⁷

6.5 Correctheid EPC

In Nederland dient er eerst een bouwvergunning te worden aangevraagd die moet worden getoetst door de gemeente. Bij deze aanvraag zitten ook EPC berekeningen. Om aan de EPC te voldoen wordt gekozen voor een pakket aan maatregelen en installaties. Uit de EPC berekening moet blijken dat middels dit pakket wordt voldaan aan de eis. De bouwvergunning wordt dan verleend en er kan met de bouw gestart worden. Dan moet op de bouwplaats worden gecontroleerd of volgens de bouwvergunning wordt gebouwd. In specifieke gevallen kan dan blijken dat er een behoorlijke afwijking is van de uitkomst van het energiegebruik uit de EPC berekening. Dit valt te verklaren doordat er een probleem zit bij het toetsen van de bouwaanvragen en bij het toezicht. Daardoor blijken de berekeningen en de uitvoering in de praktijk vaak niet te voldoen aan de EPC-eisen. Dit geeft de volgende nadelen:

- energieverspilling
- ongezond binnenmilieu
- onjuiste energielabels.
- de energie-eisen verhogen de kosten voor de bouw.

De EPC vereist innovatie en een nog efficiëntere afstelling tussen de gekozen maatregelen. Sjoemelen is vanwege de kosten binnen de huidige concurrentieverhoudingen aantrekkelijk en zo ontstaat rechtsongelijkheid.

Uit het bovenstaande volgt dat er kan worden getwijfeld aan de correctheid van de energieberekening van de EPN. Er blijft gelden dat de EPN uitgaat van een gestandaardiseerd gebruik van de gebouwen. Wanneer hiervan wordt afgeweken geeft dit een andere energievraag de voorspelde energievraag van de EPC.³⁸

6.6 Aanpassing EPN berekening

Voor het gebruik van de EPN berekening als basis voor de energiebalans zijn een aantal aspecten aangepast, zodat de berekening beter aansluit bij de wensen die voortkomen uit de definitie energieneutraal.

Allereerst is de EPN berekening genormaliseerd voor de Nederlandse situatie. Gezien de ontwerplocatie zich in New York bevindt dient de EPC berekening te worden aangepast aan het New Yorkse klimaat. Ter toepassing van de EPN voor de validerende casus zijn zowel de temperatuurinput als de zonnestralinginput gewijzigd naar de New Yorkse situatie.

Ten tweede neemt de EPN alleen gebouwgebonden energieposten mee in de berekening.

Omdat gebruikersgebonden energie ook meegenomen is in de definitie van energieneutraal

is een post apparatuur toegevoegd aan de energiebalans. Deze post omvat bijvoorbeeld kantoorapparatuur, zoals computers e.d.

Ten derde berekent de EPN berekening de primaire energievraag van een gebouw. In de energiebalans gaat het echter om de energiebehoefte van een gebouw. Hierbij spelen de energieverliezen die buiten de systeemgrens plaatsvinden geen rol. Daartoe is het gedeelte van het omrekenen van de energiebehoefte van het gebouw naar primaire energievraag uit de berekening gehaald.

Verder neemt de EPN berekening de opwekking van energie uit zonnecollectoren en PV mee in de berekening van de energievraag als een vermindering van de totale energievraag. Voor de juistheid van de energiebalans is het van belang dat de energievraag niet verminderd wordt met de energieopwekking. De energieopwekking kan worden teruggevonden in de opwekkingszijde (aanbodzijde) van de energiebalans. Daartoe is de vermindering van de energievraag ten gevolge van energieopwekking uit PV en zonnecollectoren uit de EPN berekening gehaald.

6.7 De aanbodzijde van de energiebalans

6.7.1 Aanbodzijde

De EPN berekening kan alleen de opwekking uit zonnepanelen en PV meenemen in de totale berekening. Daarnaast kan de invloed van een warmtepomp met een warmtebron zichtbaar worden gemaakt. Deze energieopwekking dient voor de energiebalans echter te verschuiven naar de opwekkingszijde van de energiebalans. Daarbij dienen de opbrengsten te worden aangepast aan het heersende klimaat. Daarnaast dienen ook overige energiebronnen, zoals windenergie, waterenergie en biomassa te worden toegevoerd aan de aanbodzijde van de energiebalans. De herkomst van de bepaling van deze berekeningen is terug te vinden in Hoofdstuk 12 'Energie uit hernieuwbare bronnen'.

6.8 Energiedata

Voor de ontwerpambitie energieneutraal zijn we geïnteresseerd in de totale energievraag van het gebouw. Deze dient zoveel mogelijk omlaag te worden gebracht door passieve maatregelen. Daarnaast kan energie worden opgewekt door actieve ingrepen. Deze balans van vraag en aanbod dient uiteindelijk op nul uit te komen, gemeten over een jaar. Daarom is de totale energievraag en –opwekking van belang.

Voor het optimaliseren van de energiereductie uit passieve ingrepen is echter de energievraag per energiepost per jaar ook een belangrijk gegeven. Hieruit kan worden geconcludeerd welke energiepost de meeste energie vraagt. De energiepost met de hoogste energievraag kan de grootste energiereductie bereiken.

Verder zijn we geïnteresseerd in de energievraag en –opwekking per maand. Hieruit kunnen de energievraag- en –opwekkingpatronen inzichtelijk worden gemaakt. Uit het verschil in patronen volgt de vraag naar energieopslag. Ook zijn we geïnteresseerd in de energievraagpatronen van de verschillende energieposten per maand. Hieruit wordt duidelijk welke energieposten constant zijn en welke variëren over het jaar.

6.8.1 Tekortkomingen energiebalans

Er zijn een aantal architectonische ingrepen die niet zichtbaar kunnen worden gemaakt met de energiebalans. Hieronder valt het toepassen van Phase Change Materials (PCM).

PCM. Ook betonkernactivering is niet in te voeren in de energiebalans. Hiervoor kan een hoge massa worden genomen. Interne warmte-uitwisseling is tevens niet duidelijk in te voeren in de berekeningen. Daarnaast wordt de invloed van thermische massa slechts met een benuttingfactor verrekend. De dynamiek van de warmtepatronen in het gebouw zit in de EPN berekening verborgen in de benuttingfactor. Een dynamische berekening zou een beter beeld geven van de invloed van thermische massa in een gebouw. Daarbij zouden ook de dag en nacht patronen zichtbaar kunnen worden gemaakt. Dit is met de EPN berekening niet mogelijk, omdat deze genormaliseerd is per maand.

6.9 Conclusie

Inzicht in de energievraag is van belang voor een energieneutraal gebouwontwerp. De EPC is een genormaliseerde rekenmethode die per maand een schatting geeft van de energievraag van een gebouw met een gebruik zoals beschreven in de energieprestatienormen. Deze rekenmethode is in Nederland een wettelijk middel, dat is opgenomen in het bouwbesluit, waarmee een ondergrens wordt gewaarborgd voor energieverbruik. Het is dus geen ontwerpinstrument voor het ontwikkelen van energieneutrale gebouwen. Het aanpassen van de EPN rekenmethode aan het heersende klimaat is een vereiste voor de bepaling van de energievraag en energieopwekking buiten Nederland. Gezien de EPN rekenmethode een statische berekening is, geeft het een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Wanneer een dynamisch rekenmodel voor handen is dat goed past bij de uitgangspunten van de definitie energieneutraal dan verdient deze methode de voorkeur. In ieder geval is kritisch kijken naar de resultaten van de berekening altijd van belang.

7 **BEOORDELINGSMETHODES DUURZAAMHEID**

7.1 **Inleiding**

Er bestaan verschillende rekenmethoden waarmee de duurzaamheid c.q. milieuprestatie van gebouwen kan worden beoordeeld. De beoordelingmethodieken die in Nederland het meest worden gebruikt zijn: GPR Gebouw, Greencalc+ en BREEAM-NL. Deze methodieken verschillen onderling aanzienlijk.³⁹ Het doel van de instrumenten varieert van het bepalen van de energie consumptie tot het beoordelen van elk aspect van het gebouw in ontwerp tot en met gebruiksfase. Om helder te krijgen hoe de verschillende rekenmethoden de duurzaamheid van gebouwen beoordelen is voor dit hoofdstuk een selectie van Nederlandse en Internationale rekenmethoden onderzocht op hun overeenkomsten en verschillen. Het hoofdstuk sluit af met een beoordeling in hoeverre de methoden in aanmerking komen voor een rekenmethode voor energieneutraal.

7.1.1 **Rekenmethode energieneutraal**

Agentschap NL is in de rapportage Rekenmethode ingegaan op het onderwerp rekenmethoden in relatie tot energieneutraal. Deze rapportage is onderdeel van het onderzoek Uitgerekend nul, taal, rekenmethode en waarde uitgevoerd door DHV in opdracht van Agentschap NL. Agentschap NL stelt dat wanneer een eenduidige begripsbepaling voor energieneutraal ontbreekt, logischerwijs ook een eenduidige rekenmethode om de neutraliteit te bepalen ontbreekt. Wanneer er verschillende definities bestaan voor energieneutraal, dan ligt het voor de hand dat er diverse methoden worden toegepast om de neutraliteit van een project aan te tonen. Het bepalen, vergelijken en beoordelen van ambities of claims met betrekking tot neutraliteit van projecten is daardoor op dit moment lastig.

De rapportage geeft inzicht in hoe met bestaande beoordelingsmethoden op een transparante en geaccepteerde wijze gerekend kan worden aan (de mate van) neutraliteit van utiliteitsgebouwen. Deze rapportage is de basis voor het vervolg van dit hoofdstuk. Om antwoord te geven op de vraag hoe en op welke wijze er reeds nu gerekend kan worden aan de mate van neutraliteit van utiliteitsgebouwen zijn de volgende stappen genomen:

- Welke rekenmethoden zijn voorhanden en welke lijken geschikt?
- Welke aspecten worden berekend door deze methoden?
- Welke elementen zijn nodig om neutraliteit uit te rekenen en hoe verhoudt zich dit tot de methoden?
- Welke aanvullende methoden zijn nodig om alle elementen te kunnen bepalen?
- Hoe zou een rekenmethode die neutraliteit berekend eruit kunnen zien?

7.2 Beoordelingsmethoden

In de afgelopen jaren zijn er verschillende integrale benaderingen in de vorm van rekenmodellen ontwikkeld om de totale duurzaamheid van een gebouw te kunnen bepalen. Deze zijn onafhankelijk van elkaar ontwikkeld en verschillen van zwaartepunt. Dit hoofdstuk geeft een overzicht van gangbare rekenmethoden. Er wordt een selectie gemaakt van methoden die in eerste instantie geschikt lijken voor het bepalen van energieneutraliteit. Er wordt onderscheid gemaakt in internationale en nationale beoordelingsmethoden. Voor de eerste selectie worden de volgende criteria gehanteerd:

- Beschikt de methode over een rekenkern voor energie?
- En beschikt de methode over een integrale berekening waarmee invloeden op elkaar van verschillende aspecten meegenomen worden? (Alleen een vragenlijst is niet geschikt om energieneutraliteit te bepalen).
- Is de methode geschikt voor de Nederlandse markt?

7.2.1 Internationale beoordelingsmethoden

Onderstaande tabel geeft een overzicht van internationale beoordelingsmethoden en de kenmerken betreffende de genoemde criteria.

Tabel 5: overzicht internationale methoden

Omschrijving	LEED	BREEAM	CASBEE	Green Globes	GBT Tool	HOE	RET Screen
Berekening energie	+	+	-	-	-	-	+
Integrale berekening	-	-	?	+	-	-	+/-
Geschikt voor Nederlandse situatie	+/-	+/-	-	-	+/-	-	+/-

Op basis van het criterium rekenkern vallen de internationale methoden Casbee, Green Globes, GBT Tool en HAE af als geschikte methode voor het bepalen van energieneutraliteit voor Nederlandse projecten.

LEED beschikt over een rekenkern, echter geen eigen rekenkern. Bovendien is LEED niet direct geschikt voor de Nederlandse situatie. LEED gaat uit van Amerikaanse regelgeving en Amerikaanse referenties. Omdat de validerende casus van dit onderzoek een locatie heeft in New York zal LEED ter vergelijking ondanks de bezwaren wel verder worden meegenomen in het onderzoek. Daarnaast is RET Screen geschikt om energieneutraliteit van een gebouw aan te tonen. Deze methode is echter slecht geaccepteerd in Nederland en zal daarom niet meegenomen in het vervolg van dit hoofdstuk.

7.2.2 Nationale beoordelingsmethoden

In de onderstaande tabel zijn nationale methoden weergegeven.

Tabel 6: overzicht nationale methoden

Omschrijving	EPA	EPC	Groen financiering	GPR	Greencalc+	Triodostoets	BREEAM-NL
Energieberekening	+	+	EPC	+	+	EPC	EPC
Integrale berekening	+	+	-	-	+	-	-
Geschikt voor NL situatie	+	+	+	+	+	+	+

Groen financiering en Triodostoets maken gebruik van de EPC berekening. De methoden bevatten zelf geen rekenkern en gebruiken voornamelijk maatregelenlijsten en zullen daarom niet verder worden bekeken.

Ondanks dat BREEAM-NL geen eigen rekenkern bevat, wordt de methode wel nader bekeken, omdat er veel ontwikkelingen zijn in Nederland met betrekking tot deze methode.

De overige methoden lijken in eerste instantie wel geschikt voor het bepalen van energieneutraliteit.

7.3 Beschrijving beoordelingsmethoden

In het vervolg van dit hoofdstuk zal gekeken worden naar de volgende methoden:

- EPA-berekening Nederlands
- EPC-berekening Nederlands
- GPR Nederlands
- Greencalc+ Nederlands
- BREEAM-NL Nederlands, oorspronkelijk Brits
- LEED Amerikaans
- RET Screen Canadees

In bijlage B is per beoordelingsmethode een beschrijving te vinden van onder andere de thema's die de methode beoordeeld, de rekenmethode en het beoordelingsproces en de certificering die de methode hanteert beschreven. Een korte samenvatting hiervan is gegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 7: overzicht van de beoordelingsinstrumenten deel 1

Instrument	EPA	EPC	GPR	Greencalc+
Land	NL	NL	NL	NL
Thema's	1. Energie (voor bestaande gebouwen)	1. Energie	1. Energie 2. Milieu 3. Gezondheid 4. Gebruikskwaliteit 5. Toekomstwaarde	1. Materiaal 2. Water 3. Energie
Extra thema's	-	-	-	4. mobiliteit (wordt niet meegenomen in milieu-index)
Methodiek	Berekening (software pakket)	berekening	berekening	Berekening
Indices	Energie-index	EPC waarde: Dimensieloos getal	Getal tussen 1 en 10	Milieu-index: - milieu index gebouw (MIG) - milieu index bedrijfsvoering (MIB) - de eigen index
Certificaten	A++ <0,50 A+ 0,51-0,70 A 0,71-1,05 B ? C ? D ? E ? F ? G ?	EPC moet lager zijn dan de EPN EPN 2011: - EPN woningen <0.6 - EPN kantoren <1.1	1 t/m 5 sterren	Greencalc versie 4.0 A+++ >750 A++ 500-749 A+ 330-499 A 215-329 B 195-214 C 175-194 D 145-174 E 125-144 F 105-124 G 100-104
Referentie gebouw		Bouwbesluit	Score 6 komt overeen met bouwbesluit	Standaard referentiegebouw uit 1990 heeft een MIG waarde van 100

Tabel 8: overzicht van de beoordelingsinstrumenten deel 2

Instrument	BREEAM-NL	LEED	RET SCREEN
Land	NL (oorspr. GB)	Amerikaans	Canadees
Thema's	1. management 12% 2. gezondheid 15% 3. energie 19% 4. transport 8% 5. water 6% 6. materialen 12,5% 7. afval 7,5% 8. landgebruik en ecologie 10% 9. vervuiling 10%	1. Materialen 15% 2. Energie 35% 3. Water 10% 4. Binnenmilieu 15% 5. Omgeving 15%	1. energieproductie 2. besparingen 3. kosten over de levensduur 4. emissiereductie 5. financiële haalbaarheid 6. risico's van verschillende typen energiezuinige en duurzame energietechnologiën (DET's).
Extra thema's	In de toekomst is er de mogelijkheid de score tot een maximum van 10% te verhogen door het indienen van innovatiecredits.	6. Innovatie in ontwerp 6% 7. Regionale Prioriteit Bonus 4% 10%	-
Methodiek	checklist	checklist	Software analyse
Indices	Eindcore in percentage	Eindscore in percentage	
Certificaten	BRE - Pass 30% - Good 45% - Outstanding 85% - Excellent 70%	US-GBC - Certified 40-49% - Silver 50-59% - Gold 60-79% - Platinum 80%	
Referentie gebouw	De voorgeschreven criteria kunnen behaald worden	Gebouw dat voldoet aan minimale ASHRAE eisen	

7.4 Geschikte methoden nader bekeken

In het vervolg van dit hoofdstuk worden de verschillende methoden nader vergeleken op het thema energie. Om een stap te maken in het selecteren van een geschikte rekenmethode om energieneutraliteit te bepalen moet eerst duidelijk zijn welke definitie wordt gehanteerd. De rekenmethode moet vervolgens aansluiten op en invulling geven aan deze definitie. Voor de definitie voor energie neutraal zie hoofdstuk 2.

Om een beeld te verkrijgen van de dekking, acceptatie en transparante van de verschillende methoden in relatie tot energieneutraal zijn de volgende onderwerpen bekeken:

- welke aspecten van het energiegebruik worden in de methode meegenomen?
- Bruikbaarheid van de methode tijdens verschillende fases van het bouwproces.
- De eenduidigheid van de methode
- Geschiktheid van de methode om diverse projecten te vergelijken
- Acceptatie en hantering van de methode in de markt.

De gekozen methoden worden in het vervolg van dit hoofdstuk in 4 stappen toegelicht:

- Aspecten energiegebruik berekend in methoden
- duurzame energie
- middelen voor energieneutraliteit
- overige aspecten

7.4.1 Aspecten energiegebruik berekend in methoden

Om energieneutraliteit aan te tonen, moeten alle soorten energiegebruik die meegenomen zijn in de begripsbepaling voor energie neutraal berekend kunnen worden. Van belang zijn het gebouwgebonden energiegebruik en het gebruikersgebonden energiegebruik. Geconcludeerd is dat materiaalgebonden energie onderdeel is van de totale energievraag. Er ontbreekt echter een eenduidige methodiek voor de bepaling van de hoeveelheid energie die hiermee gemoeid gaat. Dit aspect wordt daarom buiten de definitie voor energieneutraal gehouden. Maar voor een algemeen overzicht van de rekenmethoden is het wel opgenomen in de onderstaande tabel. Van de zeven geselecteerde methoden is beoordeeld in hoeverre de drie energiegebruiken, die gehanteerd worden in de definitiestudie, berekend kunnen worden.

Tabel 9: Energieposten en methoden

	Gebouwgebonden	Gebruikersgebonden	Materialen
EPA	+	+/-	-
EPC	+	-	-
GPR	+	-	+
Greencalc +	+	+	+
BREEAM-NL	+	-	+
LEED	+	+	+
RET screen	+	+	-

7.4.2 Duurzame energie en methoden

De mogelijkheid per rekenmethode om invulling te geven aan inzet van duurzame opwekking lokaal en extern verschillen. Onderstaand een overzicht welke vormen van duurzame energie wel en niet worden meegenomen in de methoden.

Tabel 10: overzicht technologieën en methoden

Bron	Technologie	E P A	E P C	G P R	Greencalc +	BREEAM NL	LEED	RET Screen
Waterkracht	Waterkrachtcentrale	-	-	-	+/-	+	+	+
Getijden	Getijdenenergiecentrale	-	-	-	+/-	+	+	+
Golven	Golvenenergiecentrale	-	-	-	+	+	+	+
Wind	Windturbines	-	-	-	+	+	+	+
Zon	Photovoltaïsche cellen	+	+	+	+	+	+	+
	Thermische systemen	+	+	+	+	+	+	+
	Passieve zonenergie	+	+	-	+	+	+	+
Aardwarmte	Aardwarmte/ geothermische centrale	-	-	-	-	+	+	+
Omgevings- warmte	Warmte koude opslag	+	+	-	+	+	+	+
	Warmtepomp	+	+	+	+	+	+	+
Biomassa	Thermische conversie	-	-	-	+	+	+	+
	biologische conversie	-	-	-	+	+	+	+
	Inzet als transport- brandstof	-	-	-	+	+	+	+

Bij de toepassing van de energiebronnen waterkracht, getijden en golven moet goed bekeken worden of ze binnen de systeemgrens of in de omgeving van de locatie worden opgewekt om te voldoen aan de richtlijnen voor energieneutraal zoals behandeld in hoofdstuk 2.

Bij het winnen van energie uit afval wordt alleen de bijdrage van de hernieuwbare fractie van het afval als duurzaam beschouwd. Warmtepompen en warmte koude opslag worden ook onder duurzaam energie gerekend, mits de opgeslagen warmte is gewonnen uit hernieuwbare energiebronnen; ook hier blijft uit fossiele brandstoffen geproduceerde warmte buiten de berekening.

7.4.3 Middelen voor energieneutraliteit

Om de energieneutraliteit van een gebouw vast te stellen, moet niet alleen worden bepaald wat het energiegebruik van een gebouw is. Er moet ook worden bepaald op welke wijze invulling gegeven wordt aan de energievraag. Met andere woorden: welke duurzame externe of interne bronnen worden ingezet en hoe wordt dit berekend? De in te zetten middelen om de energievraag in te vullen beperken zich tot energiebesparing lokaal en extern en duurzame opwekking lokaal en extern.

Tabel 11: Middelen en methoden

	EPA	EPC	GPR	Greencalc +	BREEAM NL	LEED	RET Screen
Energiebesparing lokaal	+	+	+	+	+	+	+
Energiebesparing extern	+	+	+	+	+	+	+
Duurzame opwekking lokaal	+	+	+	+	+	+	+
Duurzame opwekking extern	-	-	-	+	+	+	+

7.4.4 Overige aspecten en methoden

Behalve inzicht in de meegenomen energieposten van de energieberekening, wordt ook gekeken in hoeverre de methoden voldoen aan onderstaande criteria:

- reikwijdte van de energieprestatie en scores
- bruikbaarheid van de methode tijdens verschillende fases van het bouwproces
- de eenduidigheid en vergelijkbaarheid methoden
- acceptatie en hantering van de methode in de markt

Tabel 12: Overige Aspecten

Overige Aspecten									
	Reikwijdte energie			Bruikbaarheid fasen				Eenduidigheid vergelijkbaarheid	Acceptatie
	Gebouw gebonden	Gebruiker	Materiaal	Nieuwbouw	Renovatie	Exploitatie	Sloop		
EPA	-	+	-	-	+	+	-	+	+
EPC	-	-	-	+	-	-	-	+	+
GPR	+	-	+	+	+	+	+	+	?+
Greencalc+	+	+	+	+	+	+	+	+/-	+
BREEAM NL	+	+/-	+	+	+	-	?	-	+/-
LEED	+	+/-	+	+	+	-?	-	-	+/-
RET screen	+	+	-	+	+	?	-	?	-

Alle methoden hebben hun eigen wijze van weergeven van resultaten. De berekeningswijzen van de energiegebruiken verschillen ook. De onderlinge vergelijkbaarheid is hierdoor gering. Uit de bovenstaande tabel wordt duidelijk dat RET screen maar matig wordt geaccepteerd in Nederland. Daarom wordt deze methode in de verdere beoordeling buiten beschouwing gelaten. Omdat het beoordelen en vergelijken van duurzaamheid steeds belangrijker wordt, zijn de internationale methoden BREEAM en LEED steeds beter geaccepteerd in Nederland. BREEAM-NL is de Nederlandse versie van het Britse BREEAM.

7.5 Vergelijking rekenmethoden

De rekenmethode voor energieneutraliteit moet invulling geven aan onderstaande onderwerpen:

- Gebruik voor gebouwen met de term energieneutraal. Energieneutraliteit richt op het project. Besparingsopties richten zich ook op het project
- De energievraag heeft betrekking op het gebouwgebonden energiegebruik en het gebruikersdeel

- Rekenmethode moet zoveel mogelijk aansluiten bij bestaande ontwikkelingen.
- De zeven geselecteerde rekenmethoden zijn alle in meer of mindere mate geschikt om energieneutraliteit te bepalen.
- De verschillen uiten zich met namen in de mogelijkheden om:
- Het energiegebruik van gebruikers in te voeren
- Een of meerdere technieken met betrekking tot duurzame ontwikkeling extern in te voeren.

Uit de keuze voor energieneutraal en de uitwerking van het definitiekader volgen de volgende selectiecriteria voor een keuze voor de rekenmethodiek:

- Onderscheid gebouw en organisatie.
De methodiek moet dit onderscheid mogelijk maken of zich beperken tot het gebouw en zijn omgeving, zodat bijvoorbeeld de keuze voor groene stroom los staat van het gebouw.
- Berekening energiegebruik gebouw + collectieve voorzieningen.
Methodiek moet rekening houden met duurzame collectieve voorzieningen zoals WKO op wijkniveau
- Berekening energiebalans in kWh of MJ.
Om een uitspraak te kunnen doen over energieneutraal is het nodig energievraag en energieaanbod in één rekensom bij elkaar te brengen
- Gebouwwgebonden energie én gebruikgebonden energie.
Methodiek moet mogelijkheid bieden om forfaitaire waarden óf werkelijke waarden voor het gebruikgebonden in berekening mee te nemen

Tabel 13: Geselecteerde methoden en beoordeling van 4 criteria

	1	2	3	4	Toelichting
EPA	+	-	+	+/-	Gericht op bestaande gebouwen. Beschikt over methode om gebruikersgebonden energiegebruik in te voeren. Vergelijkbaar met EPC
EPC	-	+/-	+	-	Kijkt alleen naar gebouw, niet naar collectieve voorzieningen.
GPR	+/-	+	+	+/-	Gebruikt als rekenmethode zeer vereenvoudigde EPC berekening
Greencalc+	+	+	+	+	Duidelijk onderscheid tussen gebouw en organisatie. Rekent met vereenvoudigde EPC berekening, maar voegt effecten toe van collectieve voorzieningen en berekent op basis daarvan een totale energiebalans.
BREEAM NL	+	+/-	-	+/-	Heeft geen eigen rekenmethode. Gebruikt de EPC berekening. Gebruik van duurzame energie in collectieve voorzieningen komt wel tot uitdrukking in de score, maar niet in een totale energiebalans. Breeam houdt geen rekening met energiegebruik gebruiker, BREEAm-in-use wel.
LEED	-	+/-	-	+/-	Heeft geen eigen rekenmethode. Gebruik van duurzame energie in collectieve voorzieningen komt wel tot uitdrukking de score, maar niet in een totale energiebalans.

7.6 Conclusies en aanbevelingen

De zes beschouwde rekenmethoden hebben alle voor- en nadelen. Er is niet één methode die meteen geschikt is voor het bepalen van energieneutraliteit. Met name inzet van duurzame energietechnieken is beperkt en het gebruikersgebonden deel ontbreekt bij enkele methoden. Wel kunnen methoden worden aangepast om beter aan te sluiten bij de wens om energieneutraliteit te bepalen.

De EPG (die de EPN en EI vervangt), in combinatie met de EPL, en Greencalc+ lijken de rekenmethodes die het best aansluiten bij het begrip 'energieneutraal'. Ook GPR en BREEAM zijn hiervoor bruikbaar, omdat zij de EPC-berekening als rekenmodule hanteren. LEED is minder geschikt, omdat Leed niet over een eigen rekenkern beschikt.

In het aanpassen van rekenmethoden om beter aan te sluiten bij energieneutraliteit wordt door het rapport aanbevolen om de sterke punten van de rekenmethoden te handhaven en de zwakke, of ontbrekende, punten aan te passen of aan te vullen. Dit aanpassen kan met behulp van bestaande methoden:

Gebruik het resultaat van protocol monitoring duurzame energie (Agentschap NL) voor verder uitbreiden van methoden met betrekking tot inzet van duurzame energie.

Het uitbreiden van rekenmethode met het gebruikersgebonden energiegebruik is onderdeel van de ontwikkelingen van de EPG. De toekomstige EPG biedt kansen om het gebruikersgebonden energiegebruik beter te integreren. Aanbevolen wordt om EPG geschikt te maken om het energiegebruik van zowel gebouw als gebruikers te bepalen en energieneutraliteit voor beide te berekenen.

EPC- en EPA-berekening

De EPC-berekening heeft sterke punten als het gaat om het bepalen van de energievraag van een gebouw (het gebouwgebonden energiegebruik). Ook de acceptatie van de methode is goed. De toekomstige EPG biedt kansen voor aanpassingen van de rekenmethode.

Collectieve voorzieningen kunnen meegenomen worden met behulp van de EPL. Belangrijke punten voor aanpassingen van de EPC-berekening (EPG):

Het verder opnemen van duurzame energietechnieken (windenergie, biomassa).

Het toevoegen van het gebruikersgebonden energiegebruik.

Greencalc+

De rekenmethoden Greencalc+ lijkt voor een groot deel invulling te kunnen geven aan het berekenen van energieneutraliteit en voldoet aan de 4 criteria (scheiding gebouw, gebruik etc.). In basis is Greencalc+ het meest integraal t.a.v. koppeling gebouw- gebruikersenergie, individuele en collectieve systemen etc.

Aandachtspunten bij Greencalc+ zijn:

- De vereenvoudigde EPC-berekening (geen klimaatsectoren en mogelijkheid tot invoer meerdere gebruiksfuncties).
- Het ontbreken van een eenduidige weergave van energieneutraliteit.
- Naast milieu-index gebouw (MIG) en milieu-index bedrijfsvoering (MIB) ook expliciet resultaat opnemen ten aanzien van energieneutraliteit.

Indien materiaalgebonden energie op termijn ook meegenomen wordt in de begripsbepaling voor energieneutraal, is het voordeel van Greencalc+, dat materialen reeds onderdeel zijn van de rekenmethode.

GPR

GPR maakt gebruik van een vereenvoudigde vorm van de EPC-berekening. Voor energieneutraliteit zijn meer mogelijkheden gewenst voor gedetailleerde invoer van energiegerelateerde kenmerken van het gebouw en ook inzet van duurzame energie.

BREEAM

Omdat BREEAM gebruik maakt van EPC-berekening, ligt het voor de hand om de EPC-berekening aan te passen. BREEAM volgt dan op de wijzigingen van de EPC-berekening. Een belangrijke beperking van BREEAM is dat niet in één energieberekening de optelling gemaakt kan worden óf een gebouw energieneutraal is.

LEED

LEED beschikt over een rekenkern, echter geen eigen rekenkern. Bovendien is LEED niet direct geschikt voor de Nederlandse situatie. LEED gaat uit van Amerikaanse regelgeving en Amerikaanse referenties. Daarom is het lastig om deze methode aan te passen aan de Nederlandse situatie. Daarnaast is een belangrijke beperking van LEED dat niet in één energieberekening de optelling gemaakt kan worden of een gebouw energieneutraal is.

8 CASE STUDIES

Recentelijk is er een beweging gaande, waarbij architecten en ontwerpers zich wereldwijd inzetten om gebouwen te creëren die opwarming van de aarde en klimaatverandering tegengaan. Energie- en CO₂-neutrale architectuur heeft zich ontpopt tot een prioriteit.⁴⁰ Dit hoofdstuk bevat case studies naar een aantal voorbeelden van duurzame architectuur. Het doel van deze case studies is te achterhalen:

- Hoe de ambitie voor energieneutraliteit is aangepakt en in hoeverre deze aanpak leidde tot energieneutraliteit.
- Welke ingrepen zijn gedaan om de energetische duurzame ambitie te verwezenlijken.
- In hoeverre deze ingrepen hebben geleid tot energieneutraliteit?

8.1 Opzet Case Studies

8.1.1 Ingrepen

Een belangrijke leidraad om een kostenefficiënt en duurzaam resultaat te bereiken voor energieneutraal bouwen is de Nieuwe stappen strategie. De Nieuwe stappen strategie kan vertaald worden naar maatregelen voor energieneutrale gebouwen.

Vier stappen met bijbehorende richtlijnen voor energieneutraal ontwerpen:

- Verminder de energievraag door (steden)bouwkundige, passieve maatregelen die geen hulpenergie vragen.
- Gebruik energie uit interne of externe reststromen
- Gebruik voor de resterende energievraag zoveel mogelijk duurzame energiebronnen,
- Energieopslag: laat afval voedsel zijn.

De gebouwen zijn aan de hand van de onderwerpen warmte en elektriciteit geanalyseerd op de deelaspecten van de Nieuwe stappen strategie. Per gebouw zijn de duurzame ingrepen met betrekking tot energie samengevat in een tabel. De energie ingrepen zijn vervolgens omgezet in concept schema's voor warmte en elektriciteit. Aan de hand van deze schema's kunnen de verschillende gebouwen goed met elkaar worden vergeleken.

8.1.2 Efficiëntie van de maatregelen

Vervolgens is nagegaan in hoeverre de ingrepen hebben geleid tot energieneutraliteit. In enkele gevallen is er geen informatie kunnen vinden over het energiegebruik.

8.1.3 Aanpak

Daarnaast is geprobeerd te achterhalen wat de aanpak is geweest tijdens het ontwerp van het gebouw. Dit kan waardevolle informatie zijn voor de te ontwikkelen ontwerpmethodiek voor energieneutrale gebouwen.

8.2 Referentieprojecten

Voor het onderzoek zijn een aantal gebouwen onderzocht naar de ingrepen die gedaan zijn om een duurzame ambitie te bereiken. Gekozen is om naar utiliteitsgebouwen te kijken in Nederland en de Verenigde Staten (in de buurt van New York). Er is gekeken naar de volgende gebouwen:

- Het Wereld Natuur Fonds, Rau architecten, Zeist
- De Schutterstoren, DKV architecten, Amsterdam
- Het TNT Greenoffice, Paul de Ruiter, Hoofddorp
- Het Oberlin College, Oberlin, Ohio
- Het Genzyme Centre, Benisch en partners, Boston

De bureaus die de architectonische projecten hebben ontworpen die in de case studies zichtbaar zijn lijden de weg naar een nieuwe meer duurzame toekomst. De projecten verschillen in grootte, functie en locatie maar kunnen allen gezien worden als pilotstudies, in sommige cases zelfs experimentele inspanningen, die de rol van de zon en de wind verkennen en uitbreiden in het verminderen of elimineren van de afhankelijkheid aan fossiele brandstoffen.⁴¹

Iedere case studie bevat een overzicht van de ontwerp intenties in relatie tot energie. De gebouwen hebben met elkaar gemeen dat een duurzame ambitie leidend is geweest tijdens het ontwerp proces. Deze ambitie is echter per gebouw anders geformuleerd. Toch kan uit de energieconcepten worden opgemaakt dat de verschillende ambities resulteren in eenzelfde soort architectonische ingrepen met betrekking tot energie. Bij sommige gebouwen zijn ook op het gebied van materiaal en water ingrepen gedaan. Deze duurzame ingrepen beïnvloeden de mate van duurzaamheid wel, maar zijn niet opgenomen in dit onderzoek, omdat ze geen invloed hebben op de energiehuishouding van de gebouwen. De projecten zijn gekozen op de indicatoren functie, locatie, tijd en grootte.

8.3 WNF kantoor



Figuur 9: WNF Kantoor

Gebouwkarakteristieken

Gebouw:	Wereld Natuur Fonds kantoor
Architect:	RAU architecten
Grootte:	3700 m ²
Locatie:	Zeist
Oplevering:	Juni 2006
Ambitie:	CO2 emissievrij
Labels:	Greencalc milieu-index 323

8.3.1 Beschrijving gebouw

Het nieuwe onderkomen van het Wereld Natuur Fonds (WNF) in Zeist is het eerste CO₂-emissievrije gebouw in Europa. De nieuwe behuizing is tot stand gekomen door een leegstaand en vervallen laboratorium met een grondige renovatie nieuw leven in te blazen. Hierbij is maximaal gebruikgemaakt van gerecyclede materialen en is de visie van het WNF op duurzaam bouwen van begane grond tot dak consequent doorgevoerd.⁴²

Het WNF gebruikt in dit pand helemaal geen fossiele brandstoffen. Dat is gelukt door de aanwezige energie optimaal te gebruiken, het energieverbruik te minimaliseren en eigen energie op te wekken. In totaal levert dit meer energie op dan nodig is.

Het gebouw wordt verwarmd door gebruik te maken van de warmte die mensen en apparaten uitstralen. Daarnaast is het maximaal geïsoleerd door gebruik te maken van driedubbel glas. Het koelen van het gebouw gebeurt door koud water door leidingen te laten lopen. Het energieverbruik wordt onder andere geminimaliseerd door de grote vijver voor de entree van het gebouw. De reflectie in het water verlicht de hal. Voor de eigen energieopwekking wordt gebruik gemaakt van zonecollectoren en in geval van nood is er een warmtekrachtgenerator beschikbaar die op koolzaad loopt.⁴³

8.3.2 Aanpak

De CO₂-neutrale strategie van het WNF kantoor kent vier stappen:⁴⁴

- Beperking van de energievraag
- Gebruik van duurzame energiebronnen
- Efficiënt gebruik van eindige energiebronnen
- Compensatie van het CO₂ uitstoot van de eindige energiebronnen

Deze strategie is gebaseerd op de Trias Energetica. Daarnaast heeft de strategie van het WNF kantoor een duidelijk focus op materiaalgebruik.

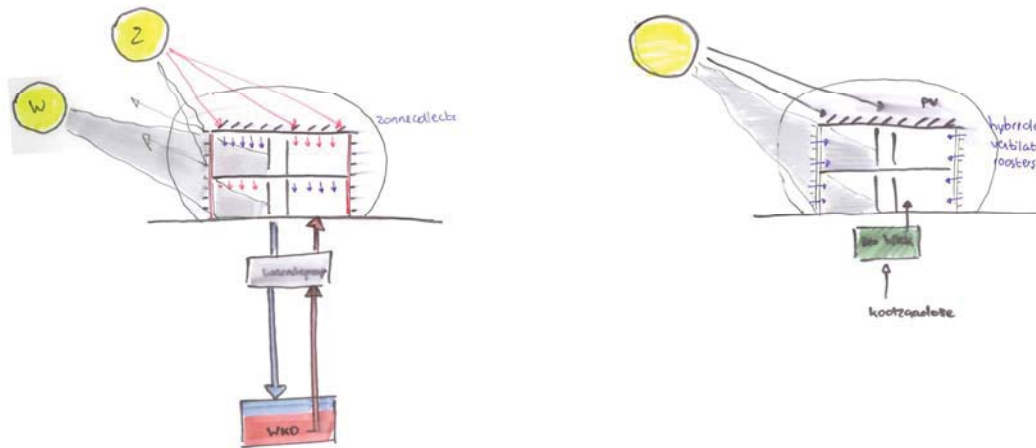
8.3.3 Maatregelen

Tabel 14: Duurzame architectonische ingrepen m.b.t. energie WNF kantoor

	Warmte	Elektriciteit
Vraag reductie	Klimaatmatten: - verwarming en koeling van het gebouw. - LTV en HTK Thermische schil: - driedubbel glas, isolerend kryptonglas $U=0,6$ - geïsoleerde gesloten panelen, $R_c > 3$ zonwering: - houten lamellen/luifel, verkoeling zomer en zoninlaat in winter	Hybride ventilatie: regelbare ventilatie roosters in gevel daglicht - horizontale lamellen - daklichten - oriëntatie hal - reflectie van licht in waterpartij voor entree
Hergebruik	-	-
Opwekking	Zonnecollectoren (30-40% opbrengst van de benodigde warmte)	BIO WKK op koolzaadolie (50% van elektriciteitsbehoefte) 250 PV panelen
Opslag	warmtepomp Warmte koude opslag	

8.3.4 Warmte- en elektriciteitsconcept

Figuur 10: Warmteconcept en elektriciteitsconcept WNF kantoor



8.3.5 Opmerkingen

Het is van belang om te onthouden dat dit project een renovatie project is. De aanpak zal daarom kunnen afwijken van de meest efficiënte aanpak voor een nieuwbouwproject. Toch is ervoor gekozen dit project te analyseren, omdat het een vroeg voorbeeld is van de toepassing van duurzaamheid.

8.4 Schutterstoren



Figuur 11: Schutterstoren

Gebouwkarakteristieken

Gebouw:	Schutterstoren
Architect:	DKV architecten
Grootte:	8700m ²
Locatie:	Amsterdam
Oplevering:	maart 2007
Ambitie:	Energieneutraal
Labels:	Geen (studie naar energieneutrale hoogbouw)

8.4.1 Beschrijving Gebouw

In een samenwerkingsverband tussen Grontmij, DKV architecten, Proper Stok ontwikkelaars en de TU Delft is er onderzoek gedaan naar energie neutrale hoogbouw met de Schutterstoren als leidend voorwerp. Het doel van dit onderzoek is te inventariseren welke mogelijkheden er zijn om het appartementengebouw Schutterstoren in Amsterdam energieneutraal te maken en zo inzicht te verschaffen in hoe een duurzaam energieneutraal woongebouw er uit kan zien. De opgave Schutterstoren energieneutraal kan breed worden ingevuld. Het moet tegelijkertijd richting geven aan sociale, economische en duurzaamheid gerelateerde ambities. Een positieve bijdrage aan het ene aspect mag niet ten koste gaan van ambities op andere vlakken. Maatregelen om de energetische duurzaamheid te verbeteren mogen voor de bewoners geen verslechtering van de belevings- en gebruikswaarde betekenen. De keuze van de Schutterstoren is mede ingegeven doordat het gebouw winnaar was van de Amsterdamse Nieuwbouwprijs 2008. Door te kiezen voor een gerealiseerd gebouw kunnen we de effecten van de voorgestelde maatregelen concreter berekenen en kunnen eventuele negatieve effecten ten aanzien van de architectonische duurzaamheid tijdig worden gesignaleerd en kan een integrale afweging worden gemaakt.⁴⁵

8.4.2 Aanpak

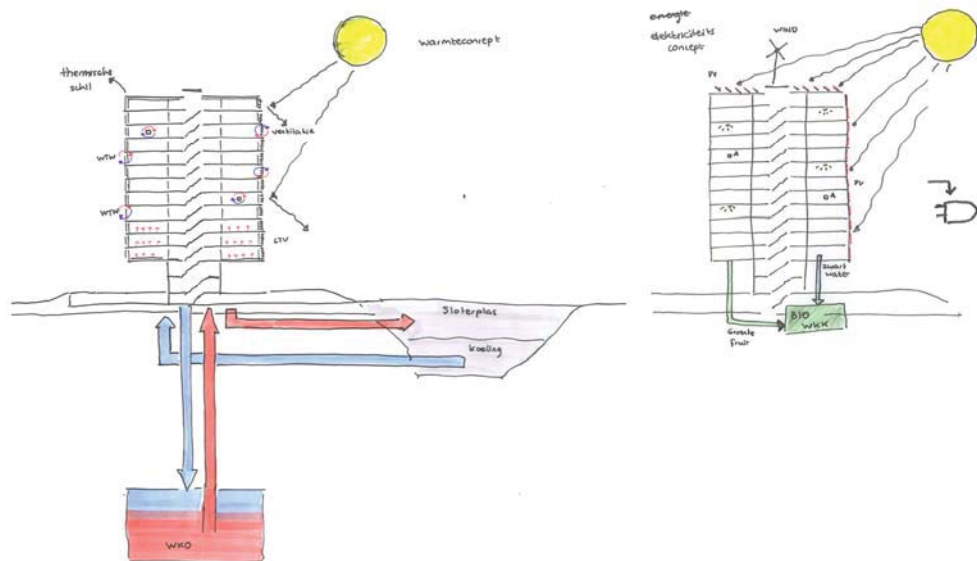
Binnen de studie is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de EPC rekenmethode. Verder is er een programma van mogelijkheden gemaakt ter inventarisatie van de mogelijke bouwkundige ingrepen aan de hand van de nieuwe stappen methode.

8.4.3 Ingrepen

Tabel 15: Duurzame architectonische ingrepen met betrekking tot energie Schutterstoren

	Warmte	Elektriciteit
Vraag reductie	Thermische schil - Buitengevels $R_c = 10$ - Thermisch onderbroken kozijnen met driedubbel gasgevuld glas - luchtdichtheid - Dubbele kierdichting op draaiende delen - Voordeur geïsoleerde met luchtdicht deurbeslag - Uitsluiten van koudebruggen Oriëntatie - Woonruimtes op het zuiden Buitenzonwering oost-, zuid- en westzijde, centraal aangestuurd met individuele beïnvloeding LTV vloerverwarming Thermostaat gekoppeld aan aanwezigheid Centraal systeem gebalanceerd of decentrale klimatiseringsunit in de gevel en centrale afvoer Te openen ramen met LED signalering gedurende stookseizoen	Verlichting - Energiezuinige - daglicht- en bewegingssensoren - dimmers - Solartubes verlichting - Reductie lichtpunten Energiezuinige liften Huishoudelijke apparaten met 'A-label' Standbykillers Ventilatie CO2 gestuurd
Hergebruik	Warmteterugwinning - uit ventilatielucht - uit doucheafvoer - Vaatwasser en wasmachine	-
Opwekking	Vrije koeling middels koud water Sloterplas warmtekoude opslag (WKO) HR combi-warmtepomp	Bio WKK - zwartwater - groente/fruit afval PV-zonnecellen netgekoppeld - dak (hellingshoek 35°) - gevel oost-, zuid Windenergie
Opslag	warmtepomp warmtekoude opslag	-

8.4.4 Warmte- en elektriciteitsconcept



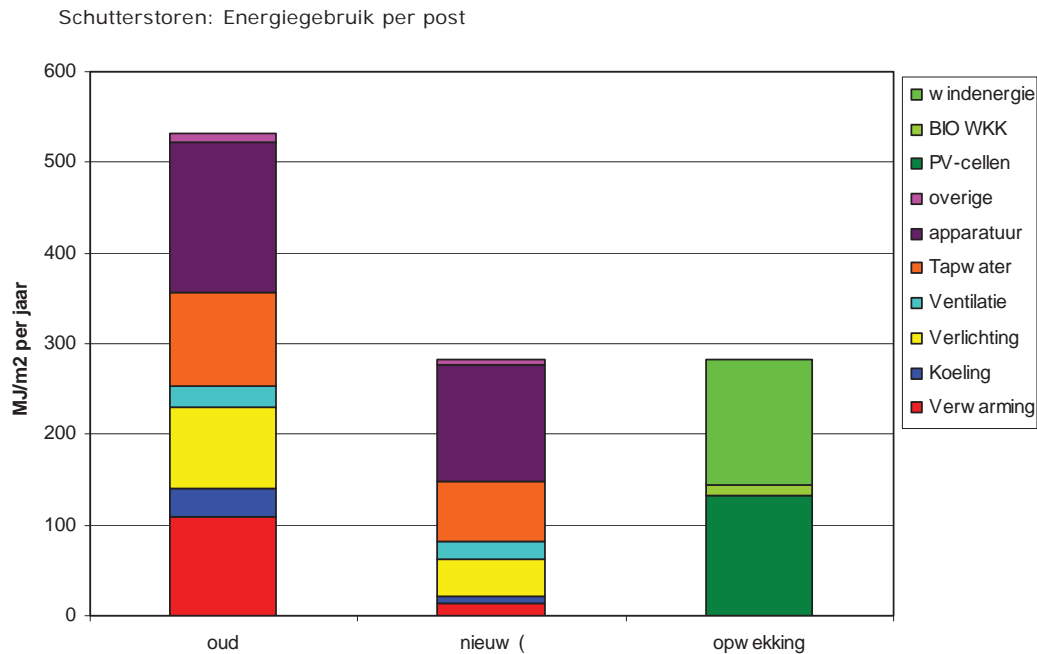
Figuur 12: Warmteconcept en elektriciteitsconcept Schutterstoren

8.4.5 Energiedata

Tabel 16: Energiegebruik Schutterstoren onderverdeeld naar belangrijkste energieposten

Energiepost	Primair energiegebr. bestaand (MJ)	Energiegebr. Studie (MJ)	Besp. (MJ)	Besp. (%)
GEBOUWGEBONDEN				
Verwarming	947.582	118.518	829.064	88
Koeling	276.617	62.508	214.109	77
Tapwater	890.940	583.655	307.258	35
Ventilatie	210.818	168.654	42.164	20
Verlichting algemeen	227.059	181.647	45.412	20
Parkeergarage verlichting	234.498	117.249	117.249	50
lift	62.769	33.231	29.538	47
hydrofoor	18.462	12.923	5.538	30
HUISHOUDELIJK				
Verlichting woningen	306.752	62.081	2.44.671	80
Huishoudelijke apparaten	1.040.887	884.754	156.133	15
Wasmachine droger	413.723	232.193	181.530	44
Totaal	2.632.709	2.457.413	2.172.666	47
OPWEKKING				
PV-cellen	00.00	-1.152.000	1.152.000	
BIO WKK	00.00	-100.000	100.000	
windenergie	00.00	-1.205.413	resterend	
TOTAAL	2.632.709	0	2.632.709	74
Specifiek	532 MJ/m ²	282 MJ/m ²	249 MJ/m ²	

Grafiek 5: Energieberekening Schutterstoren



8.4.6 Evaluatie energie prestatie

De berekeningen van de schutterstoren zijn gebaseerd op de EPC methodiek conform NEN 5128. Het blijkt echter dat wanneer de EPC waarde daalt, de rekenmethode minder toereikend wordt en dat het beter is te kijken naar de werkelijke energiestromen. Alleen als het werkelijke energiegebruik aanwijsbaar anders is, zijn aanpassingen genuanceerd doorgevoerd.

Om de energiezuinigheid in het ontwerp van een gebouw zoveel mogelijk te stimuleren en inzicht te geven in het werkelijke energieverbruik en mogelijkheden van besparingen is vervolgens een onderscheid gemaakt tussen gebouwgebonden energieverbruik en huishoudelijk energieverbruik. Het gebouwgebonden energieverbruik betreft de onderdelen die grotendeels beïnvloed worden door het ontwerp. Het huishoudelijk energieverbruik betreft onderdelen die grotendeels beïnvloed worden door bewoners.

De schutterstoren werkt volgens de nieuwe stappen methode. Volgens de nieuwe stappen methode moet de resterende vraag duurzaam worden aangevuld, nadat de vraag is verminderd en de reststromen zoveel mogelijk zijn hergebruikt. De meest voor de hand liggende mogelijkheden voor energieopwekking zijn:

Zonne-energie middel PV cellen.

Energieopwekking uit zwartwater afvalstroom en biomassa (BIO WKK)

Windenergie

De bovenstaande tabel en grafiek tonen de verandering van het totale primaire energiegebruik met de gerealiseerde besparingen en de daarbij gehanteerde energiemaatregelen. Zichtbaar is dat de energiebesparing ten gevolge van de energiereducerende ingrepen 47% bedraagt. De grootste energiebesparing komt voort uit de energieposten verwarming en koeling, met respectievelijk 88% en 77%. Dit zijn de energieposten die een seizoensgerelateerde vraag hebben.

De vraag die overblijft na de energiebesparing zal ingevuld worden met energie uit hernieuwbare bronnen. Hiervoor komen zonnepanelen, bioWKK en windenergie voor in de aanmerking. Bij hoogbouw is de beperkende factor dat het toepassen van PV cellen op dakoppervlak lastig is in verband met een klein dakoppervlak. Daarom zal ook de gevel worden gebruikt voor de plaatsing van PV cellen. Een effectief oppervlak van 1000m² kan worden gerealiseerd. De opbrengst bij een piekvermogen van 160W/m² is dan 1.152.000MJ per jaar. Naast zonne-energie zal gebruikt gemaakt worden van een Bio-WKK. Uit analyse is gebleken dat de opbrengst hiervan ruim 100.000 MJ bedraagt. Deze twee bronnen leveren niet voldoende energie om de totale energievraag in te vullen. Met de PV panelen en de bioWKK kan worden voorzien in 74% van de energievraag. De overige energievraag zal moeten worden aangevuld met windenergie op lokaal niveau.

De energie uit wind zal 1.205.413 MJ per jaar moeten opbrengen. Een turby kan goed gepositioneerd jaarlijks 5000 kWh opleveren. Dit staat gelijk aan 18.000 MJ. Er zullen dus 67 turby windmolens nodig zijn om de restende energievraag aan te vullen. Gezien dit niet een haalbaar aantal is, kan hieruit kan geconcludeerd worden dat het gebouw niet energieneutraal is. Het gebouw is dus op 26% na niet energieneutraal. Gezien de verwachte toename van de rendementen van PV panelen, zal in de nabije toekomst een hogere energieopbrengst mogelijk zijn met PV.

8.4.7 Opmerkingen

Het is van belang om er bewust van te zijn dat deze case studie gaat om een renovatiestudie naar een woningbouwproject. Daarom kan de gehanteerde aanpak afwijken van de meest efficiënte aanpak voor nieuwbouwprojecten voor utiliteitsbouw. Ook zal de energiedata van het woningbouwproject kunnen afwijken van die van utiliteitsgebouwen. Toch is dit een goed uitgewerkt onderzoek dat ons veel inzicht verschaft in een mogelijk aanpak naar energieneutrale gebouwen.

8.5 TNT Greenoffice



Figuur 13: TNT Greenoffice

Gebouwkarakteristieken

Gebouw:	TNT Greenoffice
Architect:	Paul de Ruiter
Grootte:	750 werkplekken
Locatie:	Hoofddorp
Oplevering:	volgens planning eind 2010
Ambitie:	CO2 emissievrij,
Labels:	Greencalc label A, meer dan 1000 punten Leed Platinum

8.5.1 Beschrijving Gebouw

Het nieuwe kantoor dat voor TNT in Hoofddorp zal verrijzen, is het eerste in een reeks van zes Green Offices™. Green Office™ is onderdeel van het ambitieuze Planet-Me programma, waarmee TNT zijn ambitie wil waarmaken om het eerste post- en expresbedrijf ter wereld te worden dat emissievrij opereert. Ook voor de toekomstige gebouwen van TNT betekent dit dat ze geen CO2 zullen uitstoten, dan wel CO2-positief zijn.

Het nieuwe kantoor moet dan ook aan de hoogste eisen op het gebied van duurzaamheid voldoen: CO2-emissievrij, LEED Platinum en de hoogste Greencalc+ certificering ooit bereikt in Nederland. Architectenbureau Paul de Ruiter maakt het ontwerp van het eerste Green Office™.⁴⁶

Het atrium is door zijn oriëntatie in het bouwvolume zodanig ontworpen dat veel daglicht kan binnenvallen. Er worden verscheidene duurzame technieken toegepast zoals slimme zonwering, natuurlijke ventilatie, warmteterugwinning uit ventilatielucht, energiezuinige apparatuur en verlichting, warmte koudeopslag en het aansluiten van het gebouw op het grijswatersysteem. Naast duurzaamheid staat de communicatieve waarde van het gebouw voorop.⁴⁷

8.5.2 Aanpak

Vanaf de allereerste ontwikkelingsstap zijn er hoge duurzame ambities gesteld. Door duurzaamheid als uitgangspunt te nemen bij het ontwerpproces haalt het gebouw de hoogste graad op het gebied van duurzaamheidsbeoordelingen. Aan de hand van een volumestudie is het gebouwontwerp getoetst op aspecten als compactheid, flexibiliteit, daglichttoetreding, uitzicht, connectiviteit, beleggingswaarde, bouwtijd, bouwkosten, LEED en Greencalc+ prestatie.⁴⁸ Paul de Ruiter hanteert voor zijn duurzame ontwerpen een stappenplan voor energiezuinigheid:

Zo compact mogelijk ontwerpen.

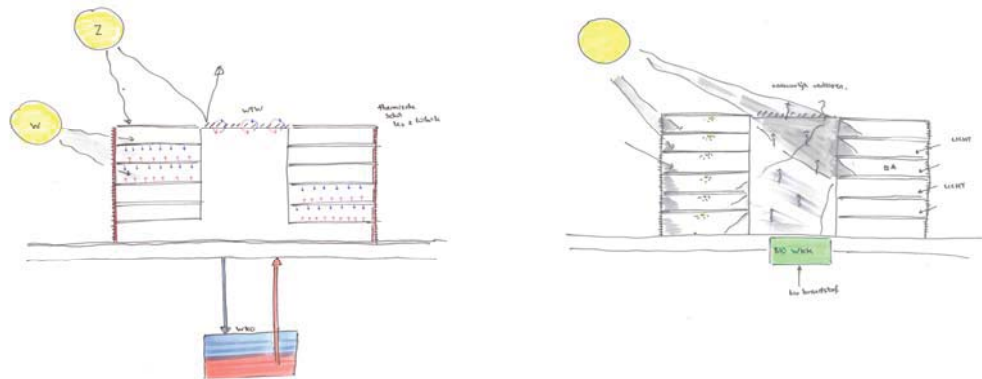
De benodigde warmte en koude uit de grond halen. Dit scheelt zo'n 40-50% in het energieverbruik. De terugverdientijd ligt tussen de vijf en tien jaar.⁴⁹

8.5.3 Ingrepen

Tabel 17: Duurzame architectonische ingrepen m.b.t. energie TNT greenoffice

	Warmte	Elektriciteit
Vraag reductie	Zonwering: Innovatieve lamellen voor daglichtsturing in het gebouw, Thermische schil - Het frame van gevelpaneel/glas heeft een U-waarde van minder dan 2 W/m ² K LTV vloerverwarming Hoge temperatuur koelplafonds	Daglicht: - het atrium geoptimaliseerd voor daglichttoetreding. Energiezuinige apparatuur energiezuinige verlichting Natuurlijke ventilatie
Hergebruik	Warmteterugwinning uit ventilatielucht	
Opwekking		BIO-WKK: biobrandstof
Opslag	Warmte- en koudeopslag	

8.5.4 Warmte- en elektriciteitsconcept



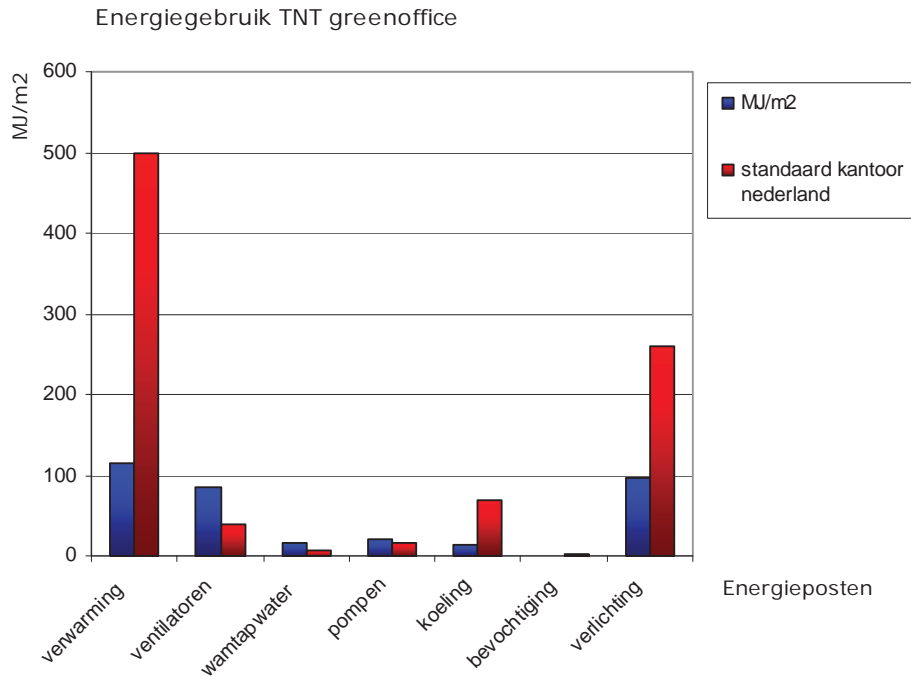
Figuur 14: Warmteconcept en elektriciteitsconcept TNT greenoffice

8.6 Energiedata

Tabel 18: Energieprestatie TNT Greenoffice

Energiepost	Energievraag in MJ	Specifieke energievraag in MJ/m ²	Besparing t.o.v. standaard kantoor in Nederland
verwarming	1845258	114.4	77%
ventilatoren	1358474	84.2	-10%
warm tapwater	275829	17.1	-84%
pompen	330995	20.5	-36%
koeling	236336	14.6	79%
bevochtiging	0	0	100%
verlichting	1563356	96.9	63%
totaal	5610248	347.7	61%
Qpres, toel	9781458	606.2	

Grafiek 6: Energieprestatie TNT Greenoffice vergeleken met standaard kantoor in Nederland



8.6.1 Evaluatie energieprestatie

De bovenstaande energiedata is afkomstig van de EPC berekening van het TNT Greenoffice, berekend door DGMR. Voor de opwekking van de warmte en koude wordt gebruik gemaakt van een warmte en koude opslag met warmtepompen. Hierdoor is de warmte- koude vraag erg laag. Dit is terug te zien in de energieposten verwarming en koeling, die zijn gedaald, met respectievelijk 77% en 79%. Ook de energiepost verlichting kent een energiebesparing van 61% ten opzichte van een standaard kantoor in Nederland. De energieposten ventilatoren, warm tapwater en pompen kennen echter een energievraag verhoging. De elektriciteit voor de warmtepompen en voor de rest van het gebouw wordt op duurzame wijze opgewekt door een bio-WKK. De herkomst van deze elektriciteit maakt geen deel uit van de EPC methodiek en is dus niet in de EPC berekening zichtbaar. De duurzame opwekking wordt wel gewaardeerd in de Greencalc berekening van het gebouw. Hierdoor behaalt het gebouw een hoge Greencalc+ score van 1000 punten.⁵⁰

8.6.2 Opmerkingen

Dit gebouw is een nieuwbouwproject voor utiliteitsbouw. Daarmee is het een goede case studie ter ondersteuning van dit onderzoek. Wat opvalt aan het gebouwtype is dat het een glazen kubusvormig gebouw is met een atrium in het hart. Dit gebouwtype wordt herhaaldelijk toegepast in energiezuinige nieuwbouwprojecten.

8.7 Oberlin College



Gebouwkarakteristieken:

Gebouw:	Oberlin College
Architect:	Shanti Pless en Paul Torcellini
Grootte:	1.263 m ²
Locatie:	Oberlin, Ohio
Oplevering:	Januari 2000
Ambitie:	energieneutraal
Labels:	Green building Challege & Zero Energy Building

Figuur 15: Oberlin College Lewis Centre

8.7.1 Beschrijving gebouw

De lange termijn visie voor het gebouw was om meer energie te exporteren dan het consumeert, ook wel energie neutraal genoemd. Het gebouw is ontworpen om het energiegebruik te minimaliseren terwijl het gebouw energie produceert. Nadat het gebouw is voltooid, heeft het national Renewable Energy Laboratory (NREL) het gebouw geëvalueerd op energie prestatie.⁵¹

Het gebouwontwerp omvat ingrepen met betrekking tot daglicht toetreding, natuurlijke ventilatie, thermische massa opslag, warmte koude opslag, een energie management systeem, en een afval water behandeling systeem.

8.7.2 Aanpak

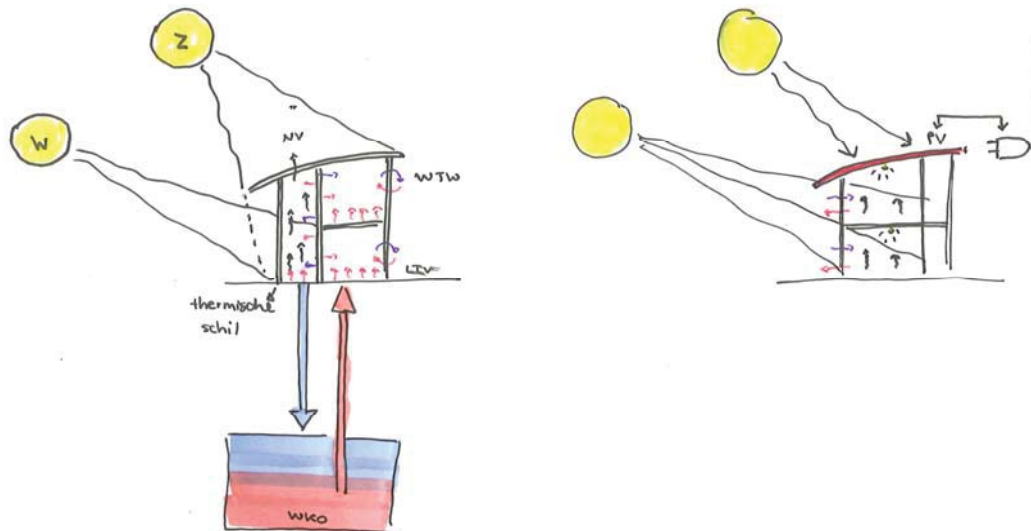
Het ontwerp van het Oberlin College is een all-electric system: elektriciteit voldoet aan alle energie vraag, inclusief mechanische systemen en sanitair warm water. Dit was een eis om de ambitie van zero energie te voldoen.⁵² Nadat het ontwerp gebouwd is werd het energie gebruik in kaart gebracht en geëvalueerd door het nationaal Renewable Energy Laboratory (NREL). Hiermee kon aangetoond worden of het gebouw zijn ambitie van energieneutraal gehaald heeft.

8.7.3 Ingrepen

Tabel 19 : Duurzame maatregelen m.b.t. energie Oberlin College

	Warmte	Elektriciteit
Vraag reductie	<p>Oriëntatie</p> <ul style="list-style-type: none"> - opvangen van zonnewarmte in de winter - vermijden van zonnewarmte in de zomer <p>Zonwering: raam overstek</p> <p>Thermische schil:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Beglazing - Goed geïsoleerde muren, daken en gevels - Toepassing van triple pane low-e atrium glass <p>Passief verwarmen d.m.v. de zon</p> <p>Vloerverwarming</p> <p>Thermische massa vermindert piekbelasting</p>	<p>Oriëntatie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - klaslokalen aan zuidzijde voor maximaal daglicht <p>verlichting</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verlichting: T8 fluorescente lampen - dimming ballasts - sensoren Licht en beweging - Sterkte is 8,5 W/m². <p>passief ventileren</p>
Hergebruik	Warmte terugwinning uit ventilatielucht	
Opwekking	-	PV systeem op dak, 60 kW
Opslag	<p>Warmtebron (water/water) met elektrisch back up boiler</p> <p>Geothermische warmtepomp (gesloten kring)</p> <p>Thermische massa (metselwerk in het atrium)</p>	(Het PV systeem exporteert energie naar het energienetwerk wanneer meer energie wordt geproduceerd dan het gebouw gebruikt en visa versa.)

8.7.4 Warmte- en energieconcept



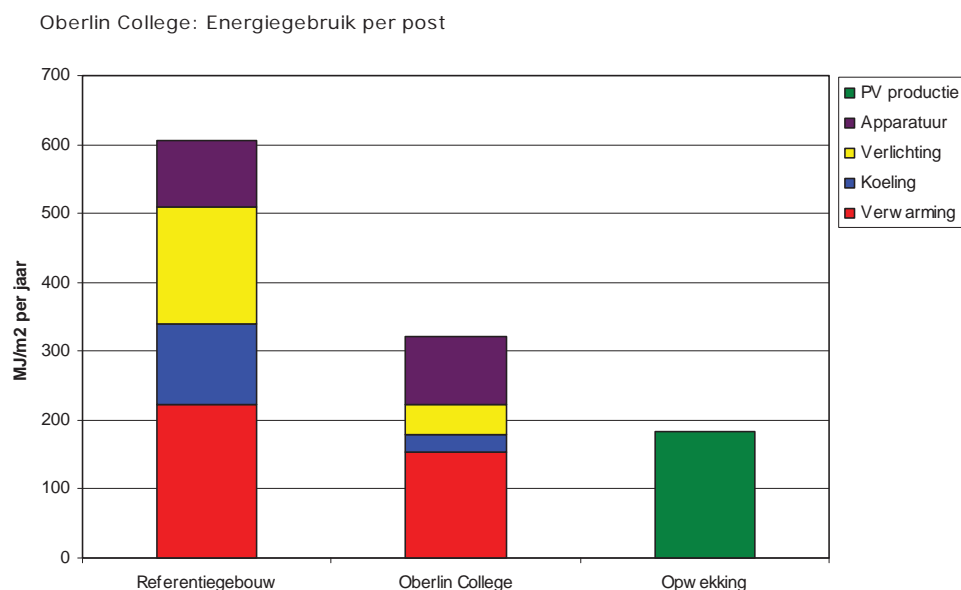
Figuur 16: Warmteconcept en elektriciteitsconcept Oberlin College

8.7.5 Energiedata

Tabel 20: energiegebruik van referentiegebouw en het Oberlin College onderverdeeld naar belangrijkste energieposten

Energiepost	Referentiegebouw (MJ/m ²)/jr	Oberlin College (MJ/m ²)/jr	Besparing (MJ/m ²)/jr	In procenten
Verlichting	169.2	44.3	124.9	74
Apparatuur	96.5	96.5	0	0
Verwarming	222.6	153.3	69.3	31
Koeling	117.0	26.1	90.9	78
Totaal energie gebruik terrein	605.3	323.7	281.6	47
PV productie	0	- 184.0	184	n.v.t.
Totaal energie gebruik bron	605.3	139.7	465.6	77

Grafiek 7: energiegebruik van referentiegebouw en het Oberlin College



8.7.6 Evaluatie energie prestatie

De energie prestatie van het Oberlin Lewis center is van maart 2001 tot maart 2003 geëvalueerd door het monitoren van de energievraag. Er zijn energie simulaties van het gebouw gemaakt en van een referentie gebouw. Dit referentie gebouw voldoet aan de minimale eisen van ASHRAE standard 90-1-2001. Beide modellen zijn berekend met weerdata gebaseerd op gemiddelde weer omstandigheden met behulp van het programma DOE-2.1E (DOE-2 2003). Hieruit is de prestatie en energie besparing berekend over een jaar met gemiddelde weersomstandigheden.

Het jaarlijkse energie gebruik is zichtbaar in de bovenstaande tabel en grafiek. De totale energiebesparing ten gevolge van energiereducerende maatregelen is 47%. Op de jaarlijkse energiebesparing geeft het verlichtingssysteem de grootste besparing. Het verlichtingssysteem vergeleken met daglicht toetreding bespaard 74% in energiegebruik voor verlichting. Het koelsysteem bespaard 78% wanneer het wordt gecombineerd met het

referentiegebouw. Deze besparing wordt veroorzaakt door de warmte pomp, het verminderde interne warmte winst van verlichting en een betere thermische envelop. Voor het voorspellen van de energieproductie uit de PV panelen is een simulatie model PVSyst 3.2 (Mermoud 1996) voor een jaar met gemiddelde weersomstandigheden. De PV simulatie laat zien dat op jaarlijkse basis de PV productie in 57% van de energievraag kan voldoen.

Wanneer de energieproductie van de PV cellen wordt inbegrepen bij de energiebesparing van het gebouw, dan wordt energiebronbesparing 77%.

Met de totale besparingen, kan het PV systeem voldoen in 57% van de energievraag. Hieruit blijkt dat er meer PV productie en/of energiebesparende maatregelen nodig zijn om tot een energieneutraal gebouw te komen. De energiebesparing moet worden verhoogd tot 70% of 26kW aan PV panelen moet worden toegevoegd aan de huidige hoeveelheid PV panelen om tot een energieneutraal gebouw te komen.

Hieruit blijkt dat de mate van energieneutraliteit hoog afhankelijk is aan de energieproductie van de PV panelen. Hoewel de energiebesparing ten gevolge van de energiebesparende ingrepen 47% bedraagt, is de totale bronbesparing ten gevolge van de productie van PV panelen 77%.

8.7.7 Opmerkingen

Dit gebouw is een nieuwbouwproject voor utiliteitsbouw, gelegen in de buurt van New York. Daarnaast zijn er uitvoerig metingen gedaan aan het energieverbruik na oplevering. Daarmee is het een ideale case studie ter ondersteuning van dit onderzoek. Aan het gebouwtype valt op dat het gedeeltelijk is gebaseerd op de kastypologie.

8.8 Genzyme Center



Figuur 17: Genzyme Centre



Figuur 18: Interieur Genzyme Centre

Gebouwkarakteristieken

Gebouw:	Genzyme Centre
Architect:	Benisch and Partners
Grootte:	32.000m ²
Locatie:	Cambridge, Massachusetts, 500 Kendall Street/
Oplevering:	November 2003
Ambitie:	Leed Platinum
Labels:	Leed Platinum

8.8.1 Beschrijving gebouw

Het Genzyme Center is het hoofdkwartier voor de Genzyme Corporatie, een internationale biotechnologie bedrijf. Het gebouw is 1 van de dertien gebouwen in de Verenigde Staten met een LEED platinum certificaat. Het gebouw heeft 42% reductie in energiekosten, gebruikt 34% minder water en is geoptimaliseerd voor daglichttoetreding. In het gebouw ligt een focus op daglichttoetreding. In het gebouw is een overvloed aan daglicht als gevolg van een verzameling daglichttoetreding technologieën en een ingewikkeld management system. Andere duurzame ingrepen omvatten stedelijke invulling door herontwikkeling, een filigrein slab constructie, het gebruik van intern- en extern gegenereerde hernieuwbare energie, energie efficiënte systemen, waterconservering technologieën, hemelwater mitigerende maatregelen, en bevordering van openbaar vervoer.⁵³

8.8.2 Aanpak/ontwerpproces

Bij het Genzyme Center is tijdens het ontwerpproces leidend geweest dat het van binnenuit ontworpen is. Beslissingen op ieder niveau zijn geëvalueerd vanuit milieu oogpunt. Door middel van een geïntegreerd ontwerpproces was het mogelijk om duurzame doelen te behalen. De beoordelingsmethode LEED is leidend geweest tijdens het ontwerpproces.

In het ontwerp van het Genzyme zijn de thema's en de checklijst die beoordeeld worden door de beoordelingsmethode LEED richtinggevend geweest voor veel beslissingen:
Locatie ontwikkeling

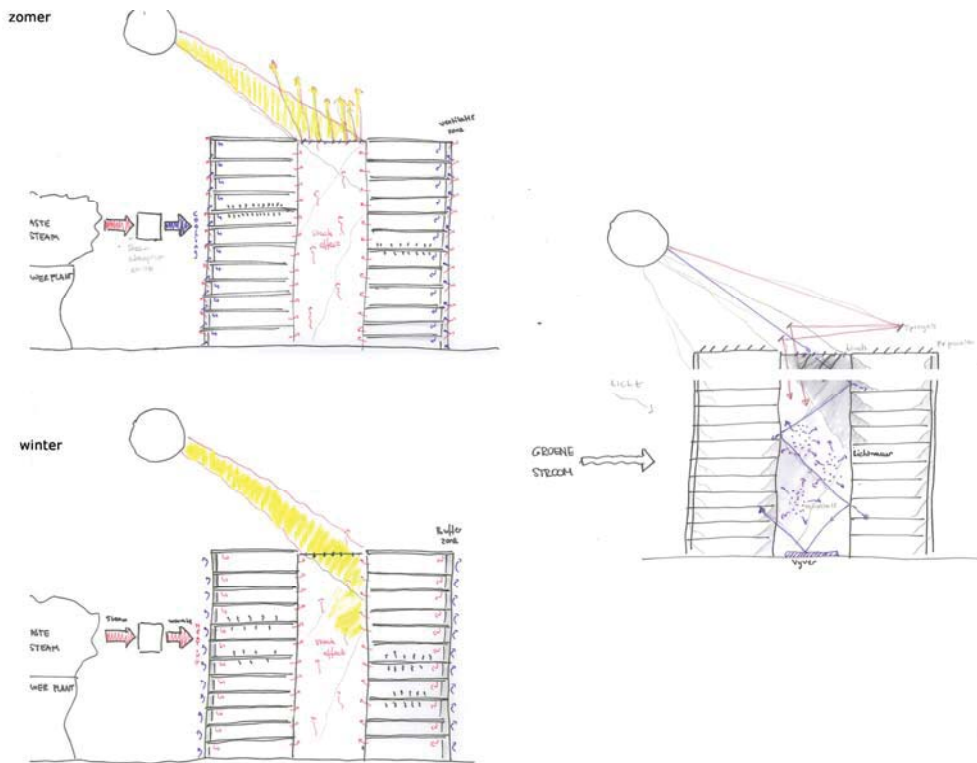
- Water
- Energie en efficiëntie
- Materialen
- Binnen klimaat

8.8.3 Ingrepen

Tabel 21: Duurzame maatregelen m.b.t. energie Genzyme Centre

	Warmte	Elektriciteit
Vraag reductie	Oriëntatie: thermische massa om piekbelasting te verminderen zonwering: horizontale lamellen thermische schil: dubbele gavel system - winter: insulated bufferzone - summer: ventilated buffer zone and night cooling thermostaten in kantoren	daglicht - spiegels - lichtmuur - heliostats op dak - prismatic mobiles - U shaped perimeter blinds sensoren beweging en licht natuurlijke ventilatie door stack effect in atrium
Hergebruik	Externe warmtebron (restwarmte)	-
Opwekking	externe warmte van 'power plant waste steam' (de stoom wordt omgezet in warmte of koude)	PV panelen: produceert ongeveer 24.000 – 26.400 kWh per jaar. * groene stroom: 100% energie uit hernieuwbare bronnen: - 10% wind - 12% landfill gas - 40% small hydro - 38% biomass
Opslag	-	-

8.8.4 Warmte- en energieconcept



Figuur 19: warmteconcept winter en zomer en elektriciteitsconcept Genzyme Centre

8.8.5 Opmerkingen

Dit gebouw is een nieuwbouwproject voor utiliteitsbouw, gelegen in de buurt van New York. Helaas is het niet gelukt om energiedata te verkrijgen van deze case studie. Daarmee kan het ons niet een goed beeld geven van de energiehuishouden van het gebouw. Verder is het opmerkelijk dat in het ontwerp van dit gebouw wederom het kubusvormige glazen gebouwtype herkenbaar is, met een atrium in het hart van het gebouw.

Conclusies

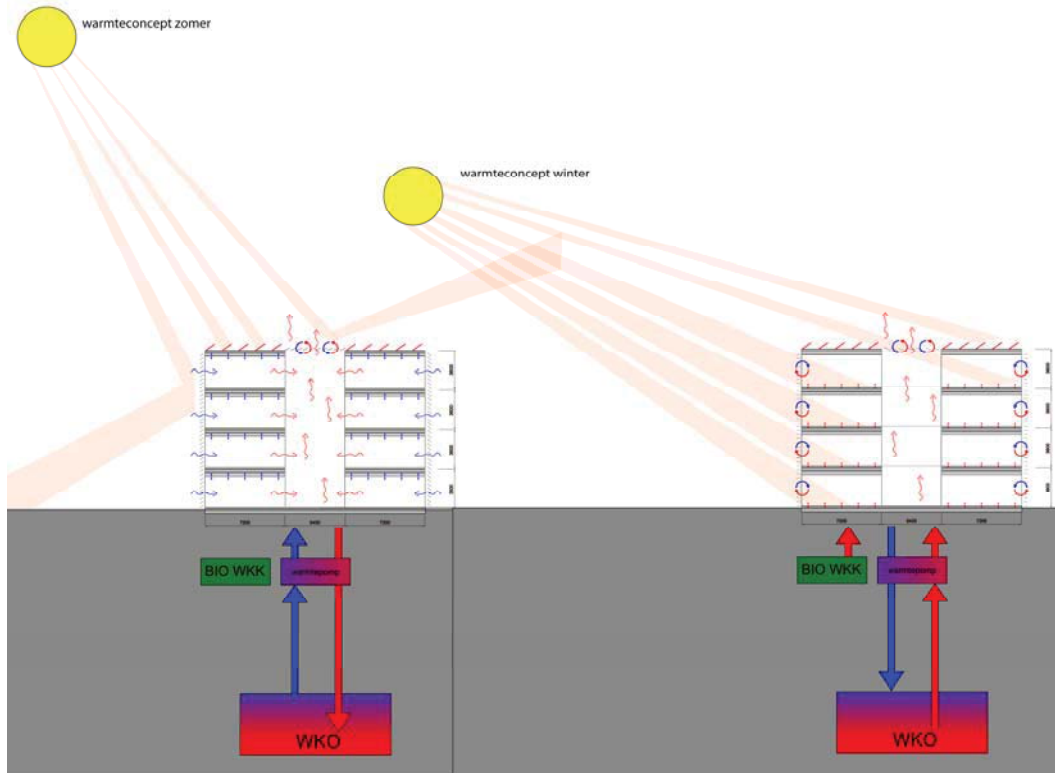
Allereerst blijkt uit de Case studies dat geen enkel project bewezen energieneutraal is. Uit de studie naar het Oberlin College is gebleken dat het gebouw, ondanks de energieneutrale ambitie, op 23% na niet energieneutraal blijkt te zijn. De Studie aan de schutterstoren heeft berekend dat het op 26% na niet zal lukken om energieneutraal te zijn. Het TNT Greenoffice heeft ook een energieneutrale ambitie, maar kan nog niet bewijzen energieneutraal te zijn omdat het gebouw korter dan een jaar is opgeleverd.

Uit de case studies blijkt verder dat de grootste energiereductie wordt behaald door architectonische ingrepen die invloed hebben op de energieposten verwarming, koeling en verlichting. Compact bouwen, in combinatie met een goede thermische schil, ventilatie met warmteterugwinning en aanpasbare buitenzonwering lijken ten grondslag te liggen aan de verwarming- en koelreductie. Ook is opmerkelijk dat er relatief veel glas wordt toegepast in de referentieprojecten. Bijvoorbeeld het Genzyme Center en het TNT Greenoffice hebben een bijna totale transparante gevel. Ook het Oberlin Centre en het WNF kantoor hebben vrij veel glas toegepast in de gevel. Door de optimalisatie van daglichttoetreding in combinatie met energiezuinige verlichting en daglichtregeling vermindert de energievraag voor verlichting.

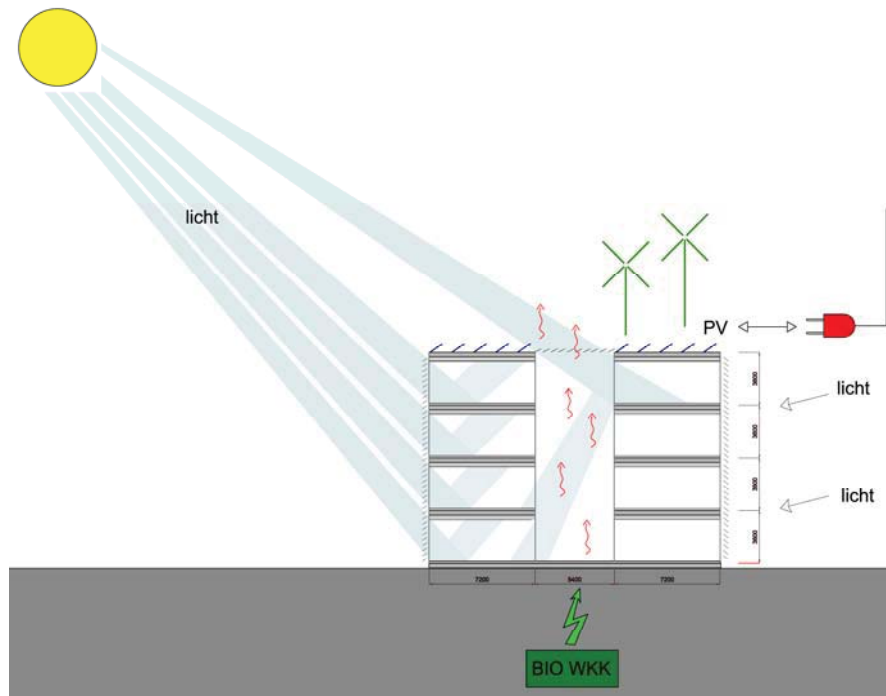
Opmerkelijk is dat voor de twee grootste projecten eenzelfde gebouwtypologie is toegepast, namelijk een transparant 'kubus'-vormig gebouw, met een atrium in het hart. De transparante gevel en het atrium dienen ter optimalisatie van de daglichttoetreding tot in het hart van het gebouw.

Verder blijkt dat ieder gebouw een andere warmtebron gebruikt ter verwarming van het gebouw. De bron varieert van zonnecollectoren in combinatie met WKO, warmteterugwinning in combinatie met WKO, externe warmte en geothermie. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de warmtebron een grote locatieafhankelijke factor heeft. Drie van de vijf case studies passen een combinatie van PV en biomassa toe ter invulling van de elektriciteitsvraag. De andere twee projecten hebben alleen PV en vullen de elektriciteitsvraag aan met groene stroom. Hieruit blijkt dat de toepassing van PV alleen niet kan voldoen aan de energievraag, doordat het een te seizoensafhankelijke opbrengst heeft. Alle referentiestudies passen warmteterugwinning toe uit ventilatielucht toe. Ten slotte kan nog gezegd worden dan de case studies van het TNT Greenoffice, het Oberlin College en het Genzyme Centre het beste bruikbaar zijn voor dit onderzoek, omdat deze cases allen nieuwbouwprojecten zijn van utiliteitsgebouwen.

Op de volgende pagina is een energieconcept weergegeven die de architectonische ingrepen weergeeft die veelvuldig zijn toegepast in de case studies. Daarnaast is duidelijk de atrium opbouw zichtbaar die naar voren is gekomen in de case studies. Dit schema is niet een meest ideale schema voor energieneutrale gebouwen, omdat daarvoor te veel locatie en klimatologische factoren bepalend zullen zijn per opgave. Het geeft slechts een voorbeeld van een energieconcept, waarin ingrepen zijn toegepast die alle stappen van de nieuwe stappen methode vertegenwoordigen die veelal worden toegepast in de case studies.



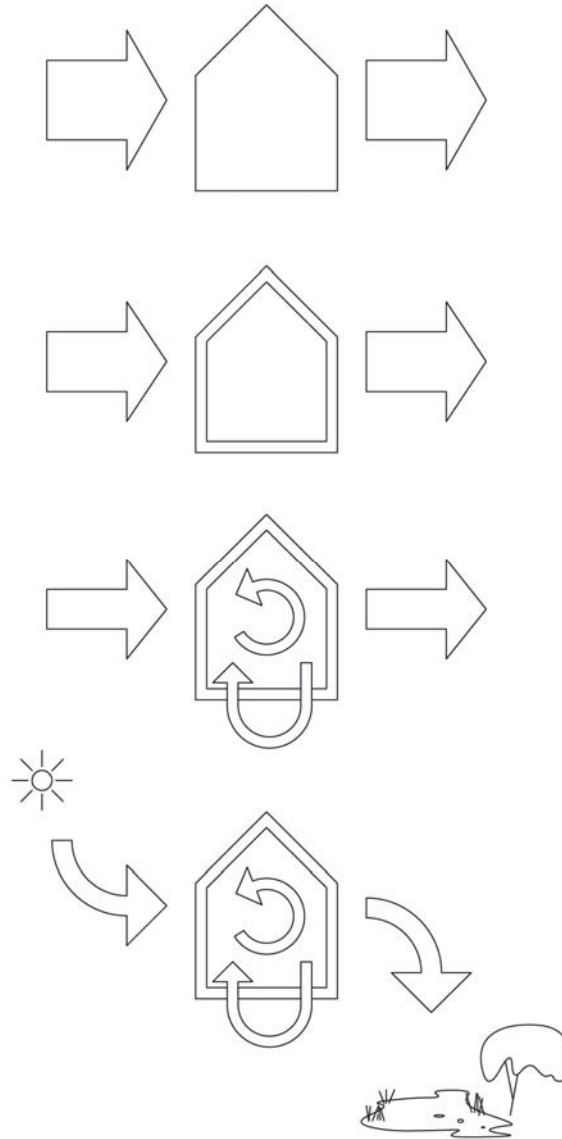
Figuur 20: warmteconcept voor zomer en winter



Figuur 21: elektriciteitsconcept

DEEL II

ONTWERPMETHODIEK



*Nieuwe Stappen Methode
Andy van den Dobbelssteen & Nico Tillie (REAP)*

9 ONTWERPMETHODIEK VOOR ENERGIENEUTRALE UTILITEITSGEBOUWEN

9.1 Inleiding

De transitie naar energieneutraliteit in de gebouwde omgeving is niet zover weg als men zou denken. De technologie om een energieneutraal gebouw te maken bestaat al. Het is zelfs al mogelijk om gebouwen te maken die meer energie leveren dan dat ze consumeren. Echter, een eenduidige ontwerpmethodiek die kan worden toegepast in het bereiken van een energieneutraal ontwerp ontbreekt nog. Daarom geeft dit onderzoek een eerste aanzet tot een ontwerpmethodiek voor het ontwerpen van energieneutrale utiliteitsgebouwen. Met deze ontwerpmethodiek kan een hoogst efficiënt energiesysteem worden opgezet. Door het strategisch combineren van programma, dat elkaar aanvult op energetisch vlak, alsook door het vinden van de ideale dichtheid van programma bijvoorbeeld in relatie tot energieopslag, wordt een nieuwe set van ontwerpprincipes voor architecten gegenereerd. Door het toepassen van deze integrale methode komen nieuwe ruimtelijke implicaties voor gebouwen boven, die enorm tot de verbeelding kunnen spreken. Decentralisatie en diversificatie van energielevering, waar consumenten producenten worden en meer zelfvoorzienend worden is technisch al mogelijk en op de lange termijn ook realistisch. De transitie van een op fossiele bronnen gestoelde bouwvoorraad naar een duurzame voorraad met alleen maar duurzame energiebronnen kan in een versnelling geraken door ontwerpmethodieken zoals deze.⁵⁴

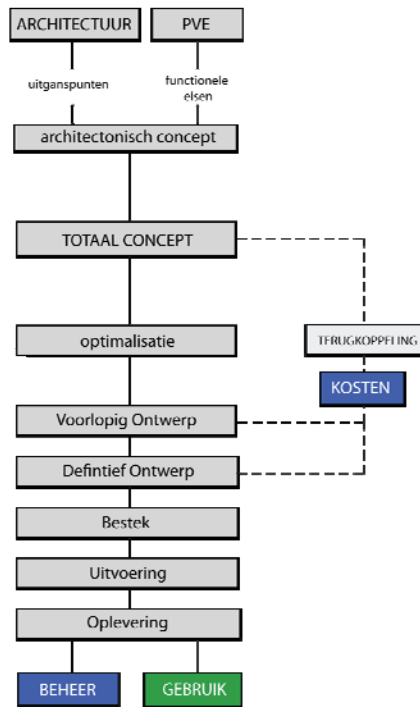
9.2 Het traditionele ontwerpproces

Voordat een nieuwe ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen kan worden uiteengezet, is het van belang om een helder beeld te schetsen van het traditionele ontwerpproces. Dit hoofdstuk begint daarom met een schematische weergave van het traditionele ontwerpproces en zal dit vervolgens transformeren tot een innovatief ontwerpproces voor het ontwerpen van energieneutrale utiliteitsgebouwen. Op deze wijze omvat de ontwerpmethodiek alle fases van het ontwerp en bouwproces van gebouwen.

9.2.1 Gangbare aanpak

De gangbare aanpak is dat de opdrachtgever een idee of plan heeft, waarvan de architect een ontwerp maakt met advies van de verschillende adviseurs. Het ontwerpproces als totaal kan worden verbeeld als zandloper. Het is een koker met een verdichting in het midden. Met betrokken partijen wordt de vraag en de problematiek eromheen geanalyseerd. De metaforische zandloper wordt van bovenaf gevuld met informatie. De conceptfase is het condensatiepunt van alle informatie. Een duidelijke diagram, maquette of schetsontwerp verbeeld de gedachten of het vraagstuk. Het ontwerp wordt vervolgens omgezet in een voorlopig ontwerp, definitief ontwerp en een bestek voor de bouwers en installateurs. Hierbij vindt in de DO-fase met de projectleider een afstemming en toetsing plaats op de actuele bouwregelgeving en kosten. Tevens worden in deze fase globale energie, ventilatie en daglichtberekeningen gemaakt. Zo wordt binnen het bureau het plan voortdurend op het concept en op bouwtechnische en financiële haalbaarheid getoetst. Na overleg met derden

en externe adviseurs, zoals constructeur en installatie adviseur(s), worden de definitieve technische tekeningen gemaakt. De bestektekeningen vormen de stukken op basis waarvan een aanbesteding wordt gedaan.⁵⁵



Figuur 22: Traditioneel ontwerpproces

9.2.2 Introductie van een innovatieve aanpak

Voor een energieneutraal of zeer energiezuinig gebouw is de gangbare aanpak van ontwerp en realisatie geen optie. Een gebouw met een hoge energetische ambitie vereist meer samenhang, onder meer voor de energetische kwaliteit. Die samenhang heeft financiële consequenties. Speciale energie-installaties zijn soms duurder dan conventionele. Om het financiële plaatje van het totale gebouw in balans te houden, zijn slimme ingrepen nodig. Er is proces- en systeeminnovatie nodig. Het bouwproces wordt hierdoor korter, faalkosten lager en de verschillende maatregelen om een hoge ambitie te realiseren zijn op elkaar afgestemd. Een aanpak van het bouwproces zoals integraal ontwerpen en het werken in bouwteams faciliteert de uitwerking van thema's zoals energiezuinigheid. In het vervolg van dit hoofdstuk zal nader worden beschreven wat hieronder wordt verstaan.

9.3 Ontwerpmethodiek energieneutrale utiliteitsgebouwen

Deze paragraaf zal aan de hand van het doorlopen van de stappen van het ontwerpproces de ontwerpmethodiek voor het ontwerpen van energieneutrale utiliteitsgebouwen toelichten. Dit ontwerpproces is weergegeven in de onderstaande figuur. Het doel is om tijdens de beginfase van het ontwerpproces tot een totaalconcept te komen voor het ontwerp, waarin energetische ideeën zijn geïntegreerd. Dit totaalconcept dient vervolgens te worden geoptimaliseerd door middel van toetsing aan de energiebalans en door middel van het verder uitwerken tot een Voorlopig Ontwerp (VO) en een Definitief Ontwerp (DO).

9.3.1 Inventarisatie

Een energieneutraal gebouw begint met een doelstelling of ambitie: het (energetische) kwaliteitsniveau. Dit is doorgaans een keuze van de opdrachtgever, die de ambitie van tevoren moet formuleren. In deze fase is het van belang om te definiëren wat de opdrachtgever precies verstaat onder 'energieneutraal' (zie het hoofdstuk energieneutraliteit). Wanneer er een heldere algemene definitie geldt voor energieneutrale utiliteitsgebouwen, kan het ontwerp en het uiteindelijke gebouw hieraan getoetst worden. Hiermee zal de effectiviteit van de methodiek en de mate van energieneutraliteit van zogenaamde energieneutrale gebouwen beoordeeld en vergeleken kunnen worden. Ontwerpers kunnen zich dan niet meer verschuilen achter de vage betekenis die het begrip energieneutraal momenteel kent.

Hoe hoger de ambitie, hoe complexer doorgaans het project. Dat stelt ook eisen aan de samenstelling en expertise van de bouwpartners om de gewenste doelen en kwaliteiten te realiseren. Ook moet de opdrachtgever een keuze maken voor de organisatie van het bouwproces en de kwaliteitscontrole tijdens het proces. Het is van belang dat alle bouwpartners een eenduidig beeld krijgen over wat in het project wordt verstaan onder 'energieneutraal'. Het is daarom aan te bevelen om als start een workshop over dit onderwerp te houden.

9.3.2 Nieuwe stappen methode

Op grond van de vijf richtlijnen voor energieneutraal bouwen van Agentschap NL, die worden toegelicht in hoofdstuk 2, zou je kunnen zeggen: het maakt niet uit hoe je te werk gaat, als je maar voldoende duurzame energie opwekt. Dit zou echter leiden tot verspilling van kostbare duurzame energie en onnodig hoge bouw- en vooral installatiekosten. Vergaande energiezuinigheid van gebouwen vereist een andere aanpak dan het 'stapelen' of 'toevoegen' van energiebesparende maatregelen en duurzame energie in een project. Een belangrijke leidraad om een kostenefficiënt en duurzaam resultaat te bereiken is de Nieuwe Stappen methode. Wanneer we de Trias Energetica en de Nieuwe Stappen Strategie vertalen naar maatregelen voor energieneutrale gebouwen en woningen, komen we op vier stappen met bijbehorende richtlijnen:

- Stap 1. Verminder de vraag
Verminder de energievraag door (steden)bouwkundige, passieve maatregelen die geen hulpenergie vragen.
- Stap 2. Hergebruik van reststromen
Gebruik energie uit interne of externe reststromen
- Stap 3. Gebruik energie uit hernieuwbare bronnen
Gebruik voor de overblijvende energievraag energiebronnen uit hernieuwbare bronnen.
- Stap 4. Opslag van energie
Sla het surplus van geproduceerde energie op, zodat een buffer ontstaat waarmee de kloof tussen energieproductie en energievraag ingevuld kan worden.

Gedurende het gehele ontwerpproces is het van belang om de nieuwe stappen methode sturend te laten zijn in het nemen van beslissingen. De vier stappen geven een voorkeursvolgorde aan. Door het probleem, de energievraag van het gebouw, allereerst te minimaliseren met passieve ingrepen behorende bij de eerste twee stappen, kan de

oplossing, het duurzaam invullen van de resterende energievraag met actieve ingrepen behorende bij de laatste twee stappen, zo efficiënt en minimaal mogelijk zijn. De vierde stap, opslag van energie, is uiterst essentieel voor de ontwikkeling van het gebouw als duurzaam energievoorzieningsstelsel. Het aspect van energieopslag zal de kloof tussen het moment van energieopwekking en het moment van energievraag opvangen. Door energieopslag wordt het energievoorzieningsstelsel gecompliceerd en kunnen actieve ingrepen ter opwekking van energie minimaal blijven. Op deze wijze kan een kostenefficiënt programma van energiemaatregelen worden gevormd door het hanteren van de Nieuwe stappen methode.

9.3.3 Integraal ontwerpen

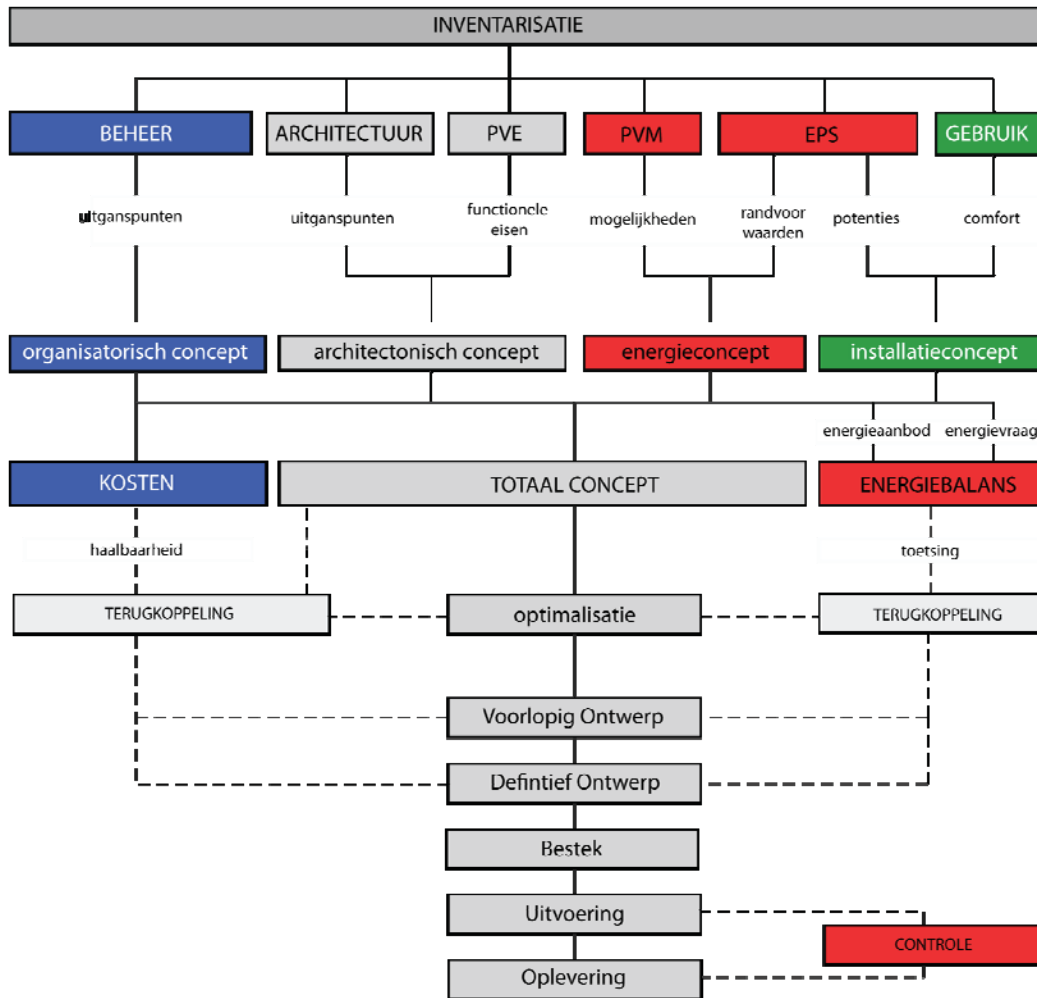
Naar mate het gebouw energiezuiniger wordt, neemt de onderlinge samenhang toe op het gebied van:

- energiebesparende maatregelen en duurzame energie (onderlinge verhouding);
- energiebronnen en lokale omstandigheden/kenmerken (mogelijkheden voor energie uit wind, zon, bodem, water, restwarmte en biomassa);
- bouwkundige, bouwfysische en installatietechnische aspecten en maatregelen;
- thema's als comfort, binnenklimaat en gebruiksgemak;
- investeringskosten en gebruikskosten.

Hierdoor is een energiebewust ontwerp een ontwerp dat niet alleen op het gebied van energiegebruik hoog scoort, maar ook op andere gebieden. Een lage energierekening alleen is niet voldoende voor de kwalificatie 'goed energiebewust ontwerp'. Bij de beoordeling van de energiezuinigheid van een ontwerp dienen consequenties op overige kwaliteitsaspecten integraal te worden meegewogen. Het gaat om een integrale aanpak, die al begint bij de eerste ideeën rond een project.

'Integraal ontwerpen' impliceert dat de gebruiksfase van het project het uitgangspunt is voor de projectaanpak. Dit betekent 'denken vanuit de eindgebruiker' (voor de functionele eisen) en denken vanuit beheer en onderhoud (voor eenvoud, gemak, toekomstbestendigheid en lage kosten). Integraal ontwerpen vereist dat er in de eerste fase van het ontwerpproces, de conceptontwikkeling, parallel aan elkaar aandacht is voor de thema's architectuur, programma van eisen, programma van mogelijkheden, energie potentie scan, gebruik en beheer. Het ontwerpproces als zandloper bekeken, heeft een bredere koker aan de bovenkant, die gevuld wordt met meer informatie uit verschillende takken dan in het gangbare ontwerpproces. Op deze wijze is het thema energie van de DO-fase naar de beginfase van het ontwerpproces verschoven, zodat deze informatie kan worden meegenomen in de vorming van het concept. Dit wordt schematisch weergegeven in Figuur 23: Ontwerpproces voor energieneutrale gebouwen. In deze figuur is zichtbaar dat de thema's gebruik en beheer naar de beginfase van het ontwerpproces zijn gehaald. Ook zijn de thema's Programma van Mogelijkheden en Energie Potentie Scan toegevoegd aan de beginfase van het ontwerpproces.

Door het parallel behandelen van energie gerelateerde thema's naast de gangbare thema's in de conceptfase van het ontwerpproces, heeft de conceptvorming van het gebouw input vanuit meerdere gebieden. Hierdoor zal het gemakkelijker zijn om architectonische ingrepen ter optimalisatie van het energiegebruik te implementeren in het eindontwerp.



Figuur 23: Ontwerproces voor energieneutrale gebouwen

9.3.4 Mogelijkheden onderzoeken

Na de inventarisatie volgt een fase waarin mogelijkheden worden onderzocht en uiteengezet. Met betrokken partijen wordt de vraag en de problematiek eromheen geanalyseerd. De hoeveelheid informatie rondom het vraagstuk is hier van groot belang. Hier worden feiten verzameld, relatie onder de loep genomen, situaties geanalyseerd enz. Deze metaforische zandloper wordt van bovenaf gevuld met informatie uit verschillende takken. Hieruit kan het uiteindelijk gebouwconcept input halen.

Programma van eisen (PVE)

Het programma van eisen geeft functionele eisen aan een ontwerp. Het programma dient verwerkt te worden tot een heldere functionele organisatie van programma onderdelen.

Architectuur

Naast het programma van eisen wordt een gebouwontwerp allereerst bepaald door de stedenbouwkundige situatie. Uit de analyse van de stedenbouwkundige analyse volgen

architectonische uitgangspunten. Ook de stijl van de architect heeft invloed op de architectonische uitgangspunten. De vorm en typologie van het gebouw zullen zich hiernaar aanpassen.

Programma van mogelijkheden (PVM)

Een gebouwvorm die wordt bepaald door architectonische uitgangspunten dient tevens te worden onderzocht op de mogelijkheden die er zijn om energiemaatregelen te benutten. De nieuwe stappen methode kan uitgewerkt worden tot een uitgebreid programma van mogelijkheden. Hierin worden architectonische maatregelen voorgesteld die kunnen leiden tot een energieneutraal gebouw. Deze maatregelen hebben betrekking op alle stappen van de Nieuwe Stappen Methode. Vervolgens dient, in samenhang met de energie potentie scan, bepaald te worden welke mogelijkheden potentie hebben voor het gebouwontwerp.

Energie potentie scan (EPS)

De ontwerplocatie kenmerkt zich door locatie afhankelijke en klimatologische omstandigheden. Deze omstandigheden hebben invloed op de energievraag van het gebouw en zijn bepalend voor de toepassing van actieve en passieve energiemaatregelen. Om te bepalen welke actieve en passieve ingrepen de meeste potentie hebben is het van belang om een energie potentie scan uit te voeren voor de desbetreffende locatie. Op deze wijze kunnen uit het programma van mogelijkheden de maatregelen gedestilleerd worden die hoge potentie hebben voor de specifieke situatie en die niet zonder meer toe te passen zijn op andere gebouwvormen en in andere situaties.

De energie potentie scan geeft bijvoorbeeld inzicht in welke energiebronnen de meeste potentie hebben voor energieopwekking en hoeveel energie deze bronnen kunnen opwekken op de gegeven locatie. Ook geeft de energie potentie scan inzicht in de energieopslag mogelijkheden. Het opslag vermogen van de locatie heeft grote invloed op het te ontwikkelen concept.

De kennis die vergaard wordt tijdens de energie potentie scan zal een sturende invloed hebben op het te ontwikkelen concept. Bepaalde mogelijkheden zullen afvallen vanwege weinig potentie, andere zullen juist de voorkeur krijgen. Hierdoor scheidt de energie potentie scan randvoorwaarden voor het te ontwikkelen energie- en installatieconcept.

Gebruik

De energievraag wordt bepaald door de het gebruik van het gebouw en het gewenste binnenklimaat. Het gebruik van een gebouw stelt minimale eisen aan het te creëren binnenklimaat. Dit binnenklimaat moet voldoen aan het gewenste comfort niveau. Hierdoor zullen bepaalde energiereducerende maatregelen afvallen, doordat ze het comfortniveau in gevaar brengen. Wanneer de grenzen van het acceptabelen comfortniveau worden vergroot en opgezocht zal de energievraag dalen. Een lagere energievraag zal een gunstig effect hebben op het te vormen installatieconcept van het gebouw.

Beheer en kosten

De architectonische ingrepen die worden gedaan om de energievraag omlaag te brengen zullen de primaire bouwkosten van het ontwerp omhoog brengen. Het is echter van belang inzicht te geven in de terugverdientijd van de verschillende ingrepen om een juist inzicht te geven in de gemaakte kosten. Het toepassen van veel technische actieve ingrepen zal het

onderhoud aan het gebouw verhogen. Wanneer de Nieuwe stappen methode wordt gehanteerd, zal het toepassen van deze technische ingrepen worden gereduceerd.

9.3.5 Denken in concepten

De complexiteit van een integraal ontwerpproces vraagt om een benadering vanuit concepten.

Een concept bevat een samenhangend plan voor onder meer:

- ontwerp en bouw;
- geïntegreerde bouwdelen en installaties;
- financiering en/of eigendomsconstructies.
- Samenhang is hierbij een randvoorwaarde.

Het is aan te raden in de beginfase van een nieuw gebouwontwerp gerichte uitgangspunten voor het ontwerp te formuleren. Hieruit kunnen concepten worden ontwikkeld.⁵⁶

Het denken in concepten is te onderscheiden in architectonische, energetische, installatietechnische en organisatorische concepten, die samenhangen en elkaar soms overlappen. Het gaat uiteindelijk erom deze concepten in overeenstemming met elkaar te brengen tot een totaalconcept.

Architectonisch concept

Het programma van eisen en de architectonische uitgangspunten kunnen worden uitgewerkt tot een architectonisch concept. Dit concept komt voort uit de stedenbouwkundige situatie, het programmatische functionele eisen en de persoonlijke voorkeur van de architect. Invloed vanuit het energieconcept is mogelijk en gewenst, waardoor aspecten als compact ontwerpen en daglichttoetreding kunnen worden meegenomen in de ontwikkeling van de vorm, oriëntatie en typologie voor het ontwerp.

Het architectonische concept is in het traditionele ontwerpproces de basis voor de uitwerking van een ontwerp. In een integraal ontwerpproces wordt dit architectonische concept aangevuld door andere thema's die integraal leiden tot een totaalconcept.

Energieconcept

Een programma van mogelijkheden en een energie potentie scan voor de locatie hebben invloed op het energieconcept. Een energieconcept kan worden beschouwd als:

"Een logische combinatie van bouwkundige, bouwfysische en installatietechnische maatregelen die leidt tot de gewenste prestatie-eisen, waarbij de maatregelen onderling op elkaar aansluiten en zo veel mogelijk elkaar versterken in het verwezenlijken van 'zeer energiezuinige of energieneutrale ambities'."

Het energieconcept kan worden weergegeven met een programma van energiemaatregelen, die tot ontwikkeling komt met de studie naar het programma van mogelijkheden en de energie potentie scan.

Installatieconcept

De energie potentie scan en het gebruik hebben invloed het te ontwikkelen installatieconcept. De bouwkundige installatietechnische aspecten en het gebruik bepalen het energiegebruik en de te realiseren mate van thermische behaaglijkheid in de zomer en de winter. Binnen de

gestelde eisen en randvoorwaarden die voortkomen uit het gewenste comfort kunnen installatieconcepten ontwikkeld worden. Op basis van bouwkundige installatietechnische uitgangspunten en de randvoorwaarden voor het gebruik, dient te worden vastgesteld of aan gestelde kwaliteitseisen voor behaaglijkheid en goede verlichting kan worden voldaan. Energiezuinige gebouwen zijn succesvol in de zin dat ze minder energie verbruiken. Er blijkt echter ook dat een kwart van de gebruikers niet tevreden is over ventilatie en het binnenklimaat. Er zijn klachten over de akoestische kwaliteit en over het ruimtebeslag van de speciale installaties. Daarom is het van belang dat de minimale kwaliteit gewaarborgd blijft ondanks de energiereducerende maatregelen. Het installatieconcept stelt naast energiereducerende maatregelen dus als het ware een ondergrens aan de energie reductie die kan worden behaald.

Installatiekeuze

De installatiekeuze is afhankelijk van:

- het gebruik van het gebouw
- de architectonische uitgangspunten
- de bouwtechnische uitgangspunten

Uit de keuze kunnen installatieconcepten worden geformuleerd. Het gaat hierbij om concepten op het gebied van het verwarmingsinstallatiesysteem, het koelinstallatiesysteem en het ventilatiesysteem. De keuze van deze systemen is nauw met elkaar verweven. Maar ook heeft de keuze van een bepaald systeem consequenties voor het architectonische- en energieconcept en uiteindelijk op het ontwerp en vice versa.⁵⁷

Voor de installatiekeuze zijn de stappen van de 'nieuwe stappen methode' eveneens van toepassing:

- | | |
|---------|---|
| Stap 1: | Voorkom onnodig energiegebruik |
| Stap 2: | Hergebruik restwarmte |
| Stap 3: | Gebruik energiebronnen uit hernieuwbare bronnen |
| Stap 4: | Sla energie op |

Uit het gekozen installatieconcept volgt de energievraag van het gebouw. Deze dient al in het begin van het ontwerp proces inzichtelijk te worden gemaakt, zodat op een integrale wijze met energie efficiëntie kan worden omgegaan. Dit kan gedaan worden aan de hand van de energiebalans, waaraan het uiteindelijke ontwerp getoetst dient te worden.

Organisatorische concepten

De kosten van de geïmplementeerde ingrepen dienen inzichtelijk te worden gemaakt gedurende het ontwerpproces, om de haalbaarheid van het project helder te krijgen. De geschatte kosten kunnen resulteren in een alternatief organisatorisch concept.

De organisatorische conceptbenadering omvat bouwprocesmatige en financiële aspecten. Organisatorische ingrepen zijn:

- Benadering vanuit de total cost of ownership;
- Goede logistiek en bouwmanagement om het bouwproces efficiënter te maken (tijdwinst);
- Reductie van faalkosten in het proces door toepassing van industrieel gefabriceerde bouwdelen (kostprijsbeheersing) en de methode van commissioning;

- Korte schakels in de inkoopketen en vaste toeleveranciers (ruimte voor duurzame investeringen).
- Nieuwe inkoop, c.q. aanbestedingsvormen (prestatiegericht, PPS, etc.)

Kosten

De positieve effecten van energieverlagende ingrepen zijn vooral op langere termijn te verwachten. Het vergt van opdrachtgevers moed om vanuit een bepaalde visie budget vrij te maken voor de genoemde kosten. Dit gebeurt meestal vanuit het perspectief 'kwaliteit mag meer kosten'. Er dient hierbij verder vooruit te worden gekeken dan de primaire kosten. De exploitatie- en restkosten worden ook meegenomen en er wordt naar alle levensduurkosten gekeken. Dit garandeert dat investeringen in energiebesparing en onderhoud financieel beter zichtbaar zijn. Er kan in dit geval ook gewerkt worden met terugverdiertijden en meer-investeringen kunnen verrekend worden met de partij die er later profijt van heeft. Bij onderbouwing van een keuze uit duurzame maatregelen kan een verdeling in kostenklassen nuttig zijn. Dit kan gebaseerd worden op 'echte levensduurkosten': investeringen, exploitatielasten en restkosten. Globaal kunnen ze onderverdeeld worden in meer- of minder-investering en terugverdiertijden.⁵⁸

Totaalconcept

Voor de onderlinge samenhang tussen de architectonische, energetische en installatietechnische onderdelen is het van belang de verschillende concepten in overeenstemming met elkaar uit te werken tot een totaalconcept. Dit totaalconcept zal de start zijn voor de optimalisatie van het ontwerp. Wanneer de Nieuwe stappen methode is gehanteerd in de totstandkoming van het totaalconcept, dan zal op een effectieve manier gekomen zijn tot een Programma van Energiemaatregelen die al neigt naar energieneutraal. Vervolgens is het doel om door middel van toetsing aan de energiebalans en optimalisatie van het totaalconcept te komen tot een energieneutraal ontwerp.

9.4 Energiebalans

9.4.1 Toetsing van ontwerpkeuzes

Bij een energiebewust ontwerp, dienen de uitgangspunten en keuzen steeds tegen het licht van energiegebruik te worden beschouwd. Hierbij gaat het om alle energieposten, zoals verwarming, warm tapwater, koeling, ventilatoren, bevochtiging, verlichting, pompen, elektrische apparatuur en andere bijzondere installaties. Steeds zou moeten worden nagegaan welk effect een bepaalde keuze heeft op de afzonderlijke energieposten. Maar ook het effect op de architectonische aspecten zoals de functionaliteit, thermische behaaglijkheid in de winter en zomer en akoestische kwaliteit dienen in beschouwing te worden genomen. In de conceptfase van het ontwerpproces dienen de consequenties van architectonische uitgangspunten op de bouwfysische en installatietechnische consequenties te worden getoetst. Inzicht in de consequenties van bepaalde ontwerpbeslissingen op het energiegebruik is hiervoor noodzakelijk. Daarom dient het ontwerp altijd getoetst te worden aan de energiebalans.⁵⁹

9.4.2 De energiebalans

Een heldere energiebalans is voor een energieneutraal ontwerp van groot belang om inzicht te verkrijgen in de mate van energiezuinigheid c.q. energieneutraliteit. In de energiebalans wordt zowel de energievraag als de –opwekking van het gebouw gegeven. Hieruit zal blijken of de gekozen set van ingrepen zal leiden tot energieneutraliteit. Ook geeft de energiebalans inzicht in de energievraag- en –opwekkingspatronen. De periode met een surplus aan energie en de periode met een tekort aan energie kan hiermee in kaart worden gebracht. Hieruit blijkt de noodzaak voor opslag maatregelen.

De energiebalans geeft een oordeel over de energie efficiënte van het ontwerp, maar zegt niets over de kwaliteit. Daarom dient er tevens getoetst te worden of de ontwerp ingrepen leiden tot de gestelde eisen voor het binnenklimaat en het gewenste comfortniveau.

9.5 Technisch Ontwerp: van concept naar VO en DO

Bij de uitwerking van het ontwerpconcept tot een voorlopig ontwerp en definitief ontwerp blijft het belangrijk om alle aspecten naast elkaar te ontwerpen. Alle factoren hebben namelijk invloed op elkaar. Dit is de fase waarin optimalisatie van het totaalconcept plaatsvindt en de verschillende aspecten tot een kleiner detailniveau worden uitgewerkt. Daarbij blijft het belangrijk dat de genomen maatregelen altijd worden getoetst aan de hand van de energiebalans.

9.6 Uitvoering

De gekozen ontwerpmaatregelen die moeten leiden tot een energieneutraal ontwerp doen een groot beroep op een juiste uitvoering. Zeer energiezuinig bouwen is vakwerk. Opleiding van bouw personeel, instructie en nauwlettend toezicht op de bouwplaats helpen mee om de berekende resultaten ook in de praktijk te realiseren.

Ketenintegratie

Een nieuwe vorm van samenwerking binnen en tussen opeenvolgende schakels in de bouwkolom die past bij energieneutrale ontwerpen is de zogenaamde ketensamenwerking. Van opdrachtgever, via ontwikkelaar, architect, specialisten en aannemer tot aan de klant. Het wordt ook wel ketenintegratie genoemd. Een belangrijk verschil met samenwerking in een bouwteam is dat ketensamenwerking gericht is op een reeks bouwprojecten. Veel genoemde voordelen zijn:

- efficiënter door o.a. stroomlijning van ontwerpproces en uitvoering, maar ook door leereffecten;
- betere kwaliteit door de mogelijkheid van optimalisatie van bouw- en installatietechniek, detaillering en (product)ontwikkeling.

In energieneutrale ontwerpen, waar veel specialistische kennis vereist is, zou een dergelijke ketensamenwerking vruchtbaar kunnen zijn.

9.7 Gebruiksfase: beheer & onderhoud

Het is gebleken dan installaties tijdens de gebruiksfase lang niet altijd volgens ontwerp functioneren. Oorzaken hiervan zijn onder andere fouten in ontwerp, uitvoering, beheer en

geen meting op efficiency. Dit geeft een hogere energievraag dan berekend in de energiebalans. De energieneutraliteit van een gebouw loopt hierdoor gevaar. De belangrijkste oorzaak van de problemen is dat ontwikkelaars, architecten en bouwbedrijven onvoldoende rekening houden met de wensen van de gebruiker. Beter afstemming op de behoeften van gebruikers is cruciaal voor acceptatie en correct gebruik van innovatieve energieconcepten. Daarom dient het gebruik als uitgangspunt te worden genomen voor het opstellen van het installatieconcept.

9.7.1 Controle na oplevering

In het artikel 'Energieprestaties van energie-efficiënte gebouwen' laat ir. L. Gommans zien dat veel woningen en gebouwen de theoretisch berekende energieprestatie in de praktijk niet halen. Hij waarschuwt vooral voor die situaties waarin er ogenschijnlijk geen (binnenklimaat-)klachten zijn, maar waarbij de installatie of het gebouw in zijn geheel de beoogde energiezuinigheid niet waar maakt. Gommans concludeert: "Vooral bij bivalente systemen (waarbij duurzame energie bij onvoldoende aanbod wordt aangevuld met fossiele energie) valt het niet op als een onderdeel niet of onvoldoende functioneert. Het controleren op energie-efficiëntie en het optimaliseren vanaf het ontwerp tot en met de oplevering van gebouw en installatie, zou daarom als een vast onderdeel aan het bouwproces moeten worden toegevoegd" en hij pleit daarbij voor consequente bemetering van installaties. "Gebouwen en installatie zullen beter kunnen functioneren doordat fouten kunnen worden gesignaleerd en installaties geoptimaliseerd. Dit leidt tot een beter comfort bij een lager energiegebruik. Op deze wijze zouden installateurs ook garantie kunnen afgeven op energie-efficiëntie van hun installaties, dat kan worden gekoppeld aan een onderhoud(beheer)contract bij de installateur. Het rendement kan met de meters eenvoudig worden gecontroleerd door de gebouweigenaar/beheerder en de installateur kan hiermee beter problemen traceren en het systeem optimaliseren." Dit alles zal extra investeringskosten met zich meebrengen, maar het levert ook belangrijke winst als gebouwen en installaties werkelijk energiezuinig zijn en geen schijnzuinigheid vertonen. Daarom is in het integrale ontwerpproces controle tijdens de uitvoering en gebruik van het gebruik van belang.

9.8 Effectief energieneutraal ontwerpen

In het effectief ontwerpen van een energieneutraal utiliteitsgebouw is het van belang dat gedurende het hele ontwerpproces het thema energie hoge prioriteit heeft. Doordat het aspect energie in het ontwerpproces naar voren wordt gehaald, zal het bereiken van een gebouwontwerp met een geïntegreerd energievoorzieningsstelsel meer integraal worden meegenomen in de ontwikkeling van het gebouwconcept. Hierdoor kunnen maatregelen met betrekking tot energie beter worden geïmplementeerd in het uiteindelijke gebouwontwerp. Voor energieneutrale gebouwen is het van belang dat het gebouw functioneert als volledig energievoorzieningsstelsel. Om op een effectieve wijze tot een energieneutraal gebouw te komen is het daarom van belang dat alle stappen van de nieuwe stappen methode met architectonische ingrepen vertegenwoordigd zijn in het gebouwconcept. De volgorde van de nieuwe stappen methode geeft hierbij een voorkeur aan voor passieve architectonische ingrepen boven actieve ingrepen. Om tot een effectief programma van energiemaatregelen te komen is het van belang om prioriteit te leggen bij het verminderen van de energievraag boven het opwekken van energie uit hernieuwbare bronnen. Door eerst het probleem, de energievraag, te verkleinen, kan het met minimale ingrepen worden opgelost.

Voor het effectief verminderen van de energievraag is kennis van het energiehuishouden van gebouwen van belang. Het doel is om het gebouw te optimaliseren op energieverbruik per oppervlakte-eenheid (bijvoorbeeld MJ/m²). De klimaatafhankelijke energieposten verwarming, koeling en verlichting bieden de meeste potentie voor energiereductie. Daarom zullen de aspecten compact ontwerpen en daglichttoetreding sturend zijn in de ontwikkeling van vorm en oriëntatie van het gebouw.

Aan het effectief opwekken van energie uit hernieuwbare bronnen liggen een ruimtecomponent en een tijdscomponent ten grondslag. Het is van belang om te kiezen voor de energiebron die het meest aanwezig is qua tijd en hoeveelheid en voor de ingreep die qua ruimtebeslag kan worden geïntegreerd in het gebouwontwerp.

Energieopslag is een doorslaggevend aspect in het bereiken van een effectief energieneutraal gebouw. Ten eerste zal energieopslag de kloof tussen energieopwekking en energievraag opvangen. Met de architectonische ingrepen ter energieopslag wordt het energievoorzieningsstelsel dat ten grondslag ligt aan een energieneutraal gebouw gecompliceerd. Ten tweede zal door middel van het toepassen van energieopslag de ingrepen ter energieopwekking minimaal kunnen blijven.

Om te beoordelen welke ingrepen gedaan kunnen worden ter ontwikkeling van een energieneutraal gebouw kan een programma van mogelijkheden worden gemaakt. Een energie potentie scan kan vervolgens inzichtelijk maken welke mogelijke ingrepen de grootste potentie bieden. Door deze twee studies in de beginfase van het ontwerpproces uit te voeren, kan de kennis worden meegenomen in de ontwikkeling van het ontwerpconcept. Tezamen kunnen het programma van mogelijkheden en de energie potentie scan worden gevormd tot het programma aan energiemaatregelen dat zou kunnen leiden tot een energieneutraal gebouw. De mate van energieneutraliteit zal moeten blijken uit de energiebalans.

Wanneer de Nieuwe stappen methode is gehanteerd in de vorming van een programma van mogelijkheden en een energie potentie scan, kan op een effectieve wijze een totaalconcept worden ontwikkeld die al neigt naar energieneutraliteit. Het is vervolgens het doel om het totaalconcept te optimaliseren op energieverbruik per oppervlakte-eenheid (MJ/m²) door middel van toetsing aan de energiebalans.

9.8.1 Aandachtspunten

We kunnen al lessen trekken uit het verleden. Enkele punten in het ontwerpproces vragen speciale aandacht.

- Oververhitting in de zomer:
Vanwege de oriëntatie op de zon kan er in de zomer oververhitting plaatsvinden. Houd hier in het ontwerpproces rekening mee door bijvoorbeeld buitenzonwering of duurzame koeling toe te passen.
- Ventilatie
In extreme situaties (bijvoorbeeld een verjaardagsfeestje) kan de installatie de verversing van de lucht soms niet meer bijhouden. Houd hier in het ontwerpproces rekening mee door de installatie goed te dimensioneren of ook de mogelijkheid te bieden voor natuurlijke ventilatie.

- Afbreukrisico
Hoe meer techniek, hoe ingewikkelder. En hoe meer partijen in het bouwproces zijn betrokken, des te groter ook de kans op fouten: zowel technisch als in de keten (communicatie). Beperk dit risico door met alle partijen integraal samen te werken en kennis te delen. Maak duidelijke afspraken over verantwoordelijkheid en onderhoud.

9.9 Financiering en Marktaspecten

Financiering van zeer energiezuinig of energieneutraal bouwen is niet alleen goed mogelijk, maar levert na een aantal jaren zelfs overtuigende winst op. Zowel voor woningbouw als voor utiliteitsbouw, ook zonder subsidie. Dat is wat de innovatieve aanpak van koplopers ons leert.

De sleutel tot succes zit hem in een slimme integratie van verschillende vakgebieden:

- Technieken moeten perfect samenwerken.
Een integraal ontwerpproces ligt hieraan ten grondslag
- Kostenbesparing in het bouwproces
Stroomlijnen van het bouwproces door samenwerken met vaste partners, ketenintegratie, goede afspraken, prefabricage en standaardisering voorkomt faalkosten en levert tijdwinst (geld) op.
- Financieringsconstructies waarin diverse financiële dragers (fiscale, hypothecaire, andere) samenwerken
- Eigendomsconstructies
Voorbeelden van eigendomsconstructies zijn:
 - sale-and-lease-back-constructie;
 - leaseconstructies;
 - voorfinanciering met terugbetaling uit de energiebesparingen.
- Sturen op woon-/gebruikskosten
In de bouw wordt traditioneel gekeken naar bouw- en investeringskosten. Voor energieneutraal bouwen is een mindswitch nodig: een energieneutraal gebouw is geen conventioneel gebouw. Het is een ander product dat ook op andere manier in de markt gezet moet worden. Niet met terugverdientijd en meerkosten, maar argumenten als kwalitatief beter, onafhankelijk van fossiele energie (waardoor stabiele prijs) en hoger comfort (bijvoorbeeld ook koeling door warmtepompinstallatie en stabiele binnentemperatuur bij lage temperatuur verwarming). Gebruik het principe van Total Cost of Ownership. Je hebt het over een kwalitatief hoogwaardiger product. Bij dit soort hoogwaardige gebouwen kunnen we accepteren dat de maandlasten voor hypotheek of financiering hoger zijn, maar dat de uiteindelijke huisvestingskosten lager en stabiel zullen zijn door een sterk gereduceerde energierekening.
- Inzet regelingen en subsidies
Het rijk heeft meerdere financieringsregelingen en subsidies. Informatie over financiering voor utiliteitsgebouwen:
 - Fiscale regelingen en subsidies utiliteitsbouw
 - Andere financieringsmogelijkheden voor de utiliteitsbouw

Als bovenstaande punten elkaar versterken is het mogelijk om de hogere investering van zeer energiezuinige en energieneutrale gebouwen te realiseren.

9.10 Opmerkingen

Deze ontwerpmethodiek voor energieneutraal ontwerpen van utiliteitsgebouwen is slechts een eerste aanzet. Deze methodiek is voortgekomen uit de kennis die is opgedaan uit literatuurstudie en de referentiestudies die is uiteengezet in deel 1 van dit onderzoeksverslag. Daarnaast is het infoblad 'Ergieneutraal Bouwen, hoe doe je dat?', van Agentschap NL (04-10-2010), behulpzaam geweest.

De toepassing van de ontwerpmethodiek zal duidelijk worden gemaakt aan de hand van de ontwerpopgave van het United Nations Environmental Council. Deze ontwerpopgave zal aangeduid worden met 'validerende casus', en wordt nader toegelicht deel 3 van dit onderzoeksverslag. De validerende casus illustreert hoe de methodiek toegepast kan worden voor een concrete ontwerpopgave. De parameters waarmee ontwerpers in een bestaande ontwerpopgave geconfronteerd kunnen worden komen aan bod, zoals het lokale klimaat, energiepatronen en betaalbare en bruikbare technologie. Uit het ontwerpproces wordt duidelijk, waarop keuzes gebaseerd worden en hoe prioriteit wordt bepaald. Ook is zichtbaar hoe de energiebehoefte van het ontwerp in kaart is gebracht. Voor de validerende casus is dit gedaan aan de hand van een energiebalans, die is gebaseerd op de EPC berekening. De validerende casus zal aantonen of de voorgestelde methodiek in de juiste richting is en waar deze nog vatbaar is voor verbetering en optimalisering. Daarnaast is het aan vervolgstudies om aan te tonen in hoeverre deze voorgestelde methodiek juist is. Ik wil graag benadrukken dat meer onderzoek en ontwikkeling in het thema energieneutraliteit gewenst is om bewijs te kunnen leveren voor de voorgestelde methodiek.

9.11 Conclusie

Voor een energieneutraal gebouw is de gangbare aanpak van ontwerp en realisatie geen optie. De nieuwe stappen methode vormt de basis voor de methodiek voor energieneutrale gebouwen

Vergaande energiezuinigheid van gebouwen vereist een andere aanpak dan het 'stapelen' of 'toevoegen' van energiebesparende maatregelen en duurzame energie in een project. Een gebouw met een hoge energetische ambitie vereist meer samenhang, onder meer voor de energetische kwaliteit. Het gaat om een integrale aanpak, die al begint bij de eerste ideeën rond een project.

Allereerst is het van belang om te definiëren wat de opdrachtgever precies verstaat onder 'energieneutraal'.

'Integraal ontwerpen' impliceert dat de gebruiksfase van het project het uitgangspunt is voor de projectaanpak. Dit betekent 'denken vanuit de eindgebruiker' en denken vanuit beheer en onderhoud. Integraal ontwerpen vereist dat er in de eerste fase van het ontwerpproces, de conceptontwikkeling, parallel aan elkaar aandacht is voor de thema's architectuur, programma van eisen, programma van mogelijkheden, energie potentie scan, gebruik en beheer.

De complexiteit van een integraal ontwerpproces vraagt om een benadering vanuit concepten. Het denken in concepten is te onderscheiden in architectonische, energetische, installatietechnische en organisatorische concepten, die samenhangen en elkaar soms overlappen. Het gaat uiteindelijk erom deze concepten in overeenstemming met elkaar te brengen tot een totaalconcept.

Bij een energiebewust ontwerp, dienen de uitgangspunten en keuzen steeds tegen het licht van energiegebruik te worden beschouwd. Inzicht in de consequenties van bepaalde ontwerpbeslissingen op het energiegebruik is hiervoor noodzakelijk. Daarom dient het ontwerp altijd getoetst te worden aan de energiebalans ter optimalisatie van het

energiegebruik. Bij de uitwerking van het ontwerpconcept tot een voorlopig ontwerp en definitief ontwerp blijft het belangrijk om alle aspecten naast elkaar te ontwerp. Zeer energiezuinig bouwen is vakwerk en expertise is gewenst. Instructie en toezicht op de bouwplaats helpen mee om de berekende resultaten ook in de praktijk te realiseren. Acceptatie en correct gebruik van innovatieve energieconcepten is van belang tijdens het gebruik.

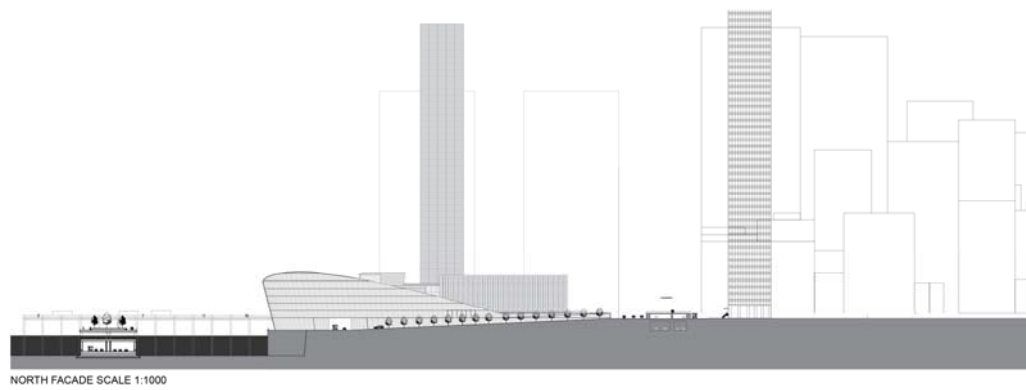
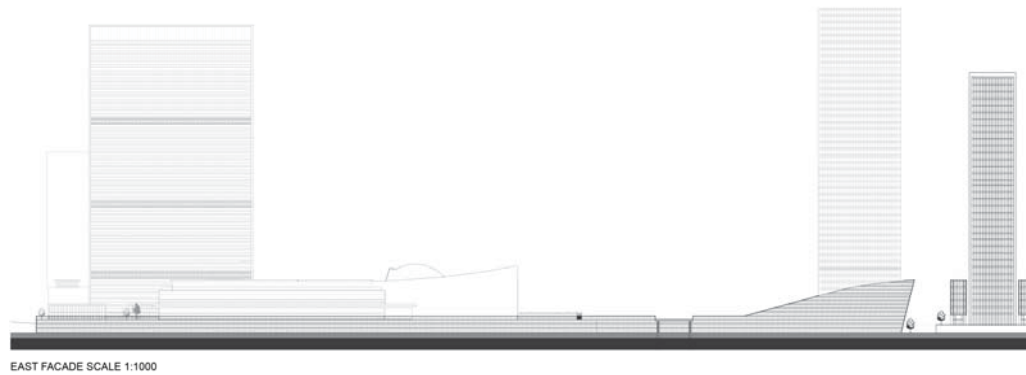
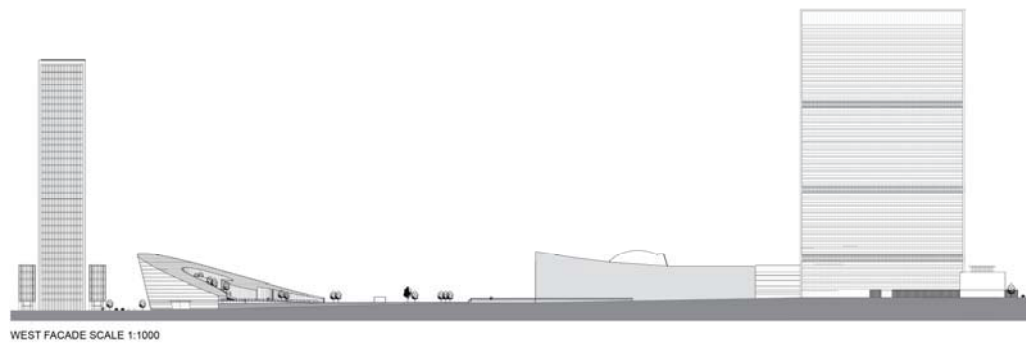
Controle tijdens de uitvoering en gebruik van het gebruik is van belang om inzichtelijk te maken of het gebouw functioneert volgens ontwerp. Dit betekent dat bemetering geïntegreerd dient te zijn in de installaties en juist onderhoud wordt gepleegd. Het meten moet onderdeel zijn van beheer en onderhoud om de energieneutraliteit in gebruik te kunnen testen en indien nodig kan worden geoptimaliseerd. Meer aandacht aan communicatie en voorlichting van gebruikers kan hierbij van belang zijn.

Financiering van zeer energiezuinig of energieneutraal bouwen is niet alleen goed mogelijk, maar levert na een aantal jaren zelfs overtuigende winst op. Zowel voor woningbouw als voor utiliteitsbouw, ook zonder subsidie. Hiervoor is wel een omschakeling van denkwijze nodig. In de bouw wordt traditioneel gekeken naar bouw- en investeringskosten.

Energie neutrale bouw is een ander product dat ook op andere manier in de markt gezet moet worden. Niet met terugverdientijd en meerkosten, maar argumenten als kwalitatief beter, onafhankelijk van fossiele energie en hoger comfort. Het principe van Total Cost of Ownership is volgens een dergelijke financieringsconstructie opgezet.

DEEL III

VALIDERENDE CASUS



*Gevelaanzichten ontwerp United Nations Environmental Council
(Eigen werk)*

10 ONTWERPOPGAVE EN ARCHITECTONISCH CONCEPT

Dit hoofdstuk beschrijft de ontwerpogave en het voorgestelde ontwerpconcept dat is gemaakt voordat is begonnen met de start van dit onderzoek. Vervolgens wordt in het volgende hoofdstuk, door middel van de energie potentie scan, bepaald of het concept dient te worden gewijzigd ten behoeve van de energievraag of dat keuzes juist zijn gemaakt.

10.1 De ontwerpogave

Dit ontwerpproject roept voor de ontwikkeling van een coördinerende Verenigde Naties organisatie, de kracht en macht heeft om de milieuproblemen op schaal van de aarde aan te pakken. Deze zesde council van de Verenigde Naties zal zich uiten in een fysiek gebouw, de United Nations Environmental Council. Dit architectonisch icoon voor duurzaamheid zal de noodzaak voor duurzame ontwikkeling representeren. Het zal worden geplaatst op de locatie van het VN hoofdkwartier in Manhattan, New York.

10.1.1 Het programma

De UN Environmental Council kan de duurzame kwesties op wereldschaal verbeteren door haar macht, kennis, technologie en economie te combineren en haar product af te leveren in politieke zin op een adviserende manier.

Deze kennis bestaat uit vier entiteiten:

Verzamelen: het verzamelen van materiaal en het publiceren van rapporten zal zich representeren door een bibliotheek functie

Producers: het produceren van beleid voor propaganda en uitwisseling van kennis en rapporten zal zich representeren in een kantoorfunctie en de brainstorm ruimtes.

Verspreiden: het verspreiden van kennis naar burgers, corporaties en overheden zal zich representeren door publieke functies.

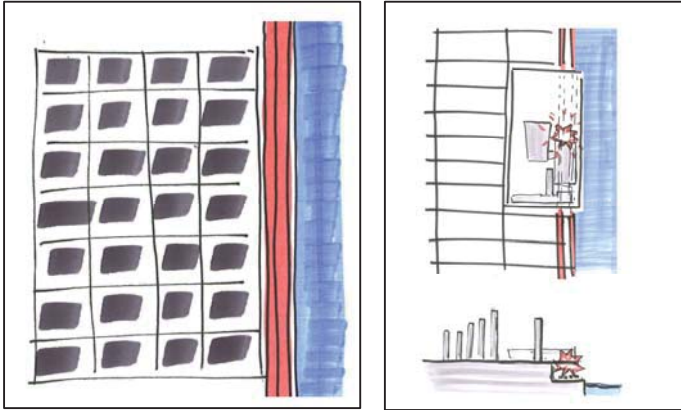
Uitwisseling: het uitwisselen van kennis tussen landen, regio's, wetenschap en commerciële partijen zal gerepresenteerd worden door de conference hall en de auditoria.

10.1.2 Masterplan en gebouwoontwerp

De ontwerpogave omvat twee onderdelen. Allereerst is er in groepsverband een masterplan ontwikkeld voor de omgeving van het United Nations. Ten tweede is er een individueel ontwerp gemaakt voor de United Nations Environmental Council.

10.2 Masterplan voor de omgeving van de VN

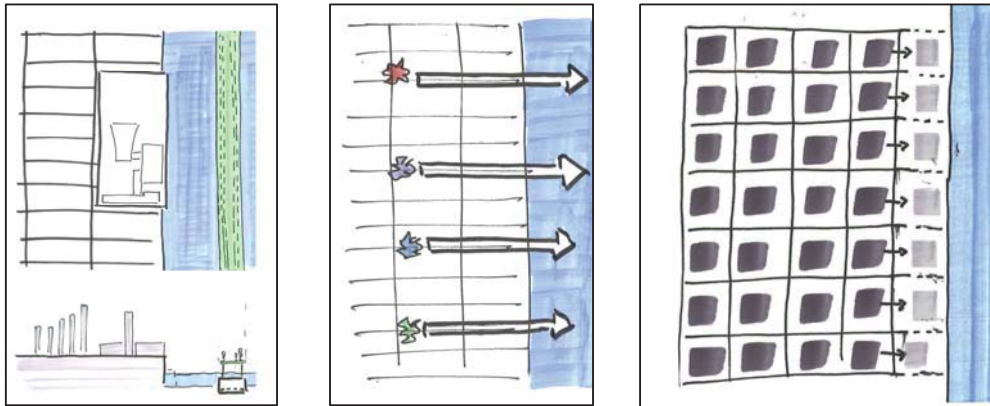
10.2.1 Problematiek



Figuur 24: problematiek ontwerplocatie

De start van het opzetten van een ontwerp begint met het analyseren van de omgeving. Uit de analyse zijn de volgende aandachtspunten voortgekomen; Langs de oostkust van Manhattan loopt de FDR drive. Deze snelweg blokkeert de relatie van de stad met het water. Hierdoor kan de FDR drive gezien worden als een barrière. Daarnaast loopt de FDR drive onder het plot van de United Nations door. Dit kan worden gezien als gevaar voor de United Nations.

10.2.2 Potentie



Figuur 25: Potenties van de ontwerplocatie

De FDR drive kan worden verlegd naar een plek verder verwijderd van de UN. Dit verhoogt de veiligheid van de UN. De FDR vormt dan als het ware een tunnel in de East River. Op deze tunnel kan een park worden aangelegd. Hiermee kan de bijna sluitende groenstructuur, die rondom Manhattan loopt, worden aangevuld tot een doorgaande recreatieve groene route. Ook kan de relatie van de stad met de waterzijde worden versterkt door het verwijderen van de FDR drive en het toevoegen van pieren. De stad kan worden afgemaakt richting de waterzijde.

De geanalyseerde problematiek en potenties zijn uitgewerkt in een Masterplan voor de omgeving van het UN. Hieronder is een beschrijving te vinden van de genomen ingrepen.

10.3 Beschrijving masterplan

Manhattan is erg dicht bebouwd met weinig openbaar groen, op Central Park na. De oostkust, waar het Midtown East gelegen is, heeft een minder sterke relatie met het water dan de westkust, doordat de F. D. Roosevelt Drive een barrière oplevert. Dit plan heeft tot doel de relatie tussen de stad en het water voor Midtown East te herstellen.

De FDR drive wordt daarnaast gezien als gevaar voor de Verenigde Naties. Het plan geeft hiervoor een oplossing door de FDR te verplaatsen naar een tunnel in de East River. Deze tunnel is het fundament voor een groene promenade in het water, een parkstrook waar mensen kunnen hardlopen, relaxen, uitwaaien en loskomen van drukte de stad. Hiermee wordt de groenstructuur rondom Manhattan gesloten.

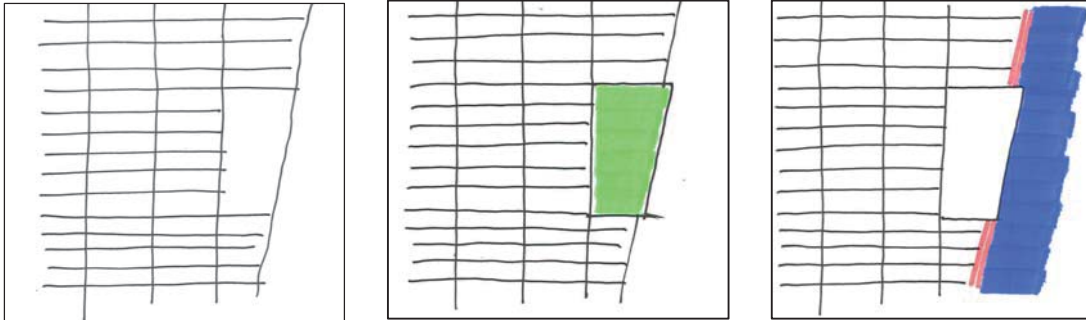
Aan de boulevard liggen vier pieren. De pieren hebben een stedelijk groen karakter en huisvesten recreatieve functies. Deze functies zijn gerelateerd aan de achterliggende gebieden in de stad. Ook zal de nieuwe metrolijn, die onder 2nd avenue gaat rijden, haltes krijgen in het verlengde van de pieren. Op deze wijze wordt het park bereikbaar gemaakt voor recreërende mensen vanuit de stad.



Figuur 26: Masterplan voor omgeving United Nations

10.4 Stedenbouwkundige uitgangspunten

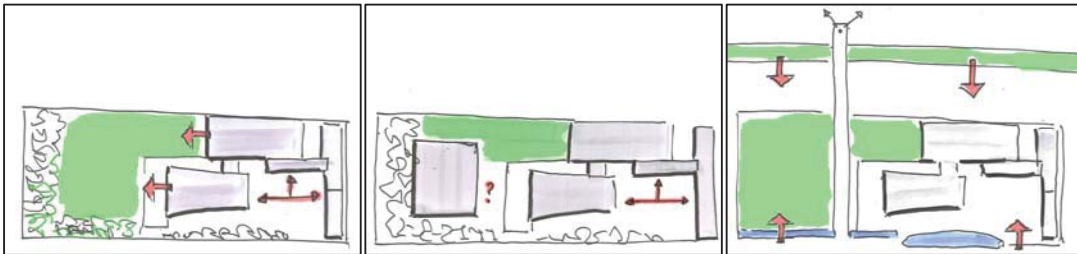
10.4.1 Kenmerken locatie



Figuur 27: v.l.n.r. uitzondering grid, groene open zone, relatie water

De ontwerplocatie kenmerkt zich doordat het opvalt als uitzondering in het grid van Manhattan. In de dichtbebouwde binnenstad van Manhattan vormt zich een opening in het grid ter plaatste van het United Nations. Deze opening kenmerkt zich door groen, openheid en ruimte en heeft een zichtrelatie met het water. Deze richtrelatie met het water wordt lang de kust van Manhattan geblokkeerd door de FDR drive, maar ter plaatse van de UN is deze blokkade opgeheven door een uitkragend plateau over de snelweg.

10.4.2 Problematiek van de locatie



*Figuur 28: Vroeger:
Groen park voor UN*

*Figuur 29: Nu
Tijdelijk gebouw blokkeert*

*Figuur 30: Toekomst
Groen Park voor de stad*

Het groene plateau is vroeger ontworpen als tuin voor de United Nations. Momenteel bevindt zich echter een tijdelijk gebouw midden in de tuin, dat de renovatie van het huidige United Nations gebouw mogelijk maakt. Deze ingreep blokkeert de zichtrelatie vanuit de stad naar het water en doet afbraak aan het groene open ruimtelijke karakter van de locatie. Daarom kan de huidige situatie gezien worden als een probleem en kan het als potentie worden gezien om de locatie weer vrij te maken van gebouwmassa en het open, groene karakter terug te brengen, waarbij de relatie met het water wordt benadrukt. Deze potentie is de basis geweest voor het formuleren van uitgangspunten voor het ontwerp van het United Nations Environmental Council.

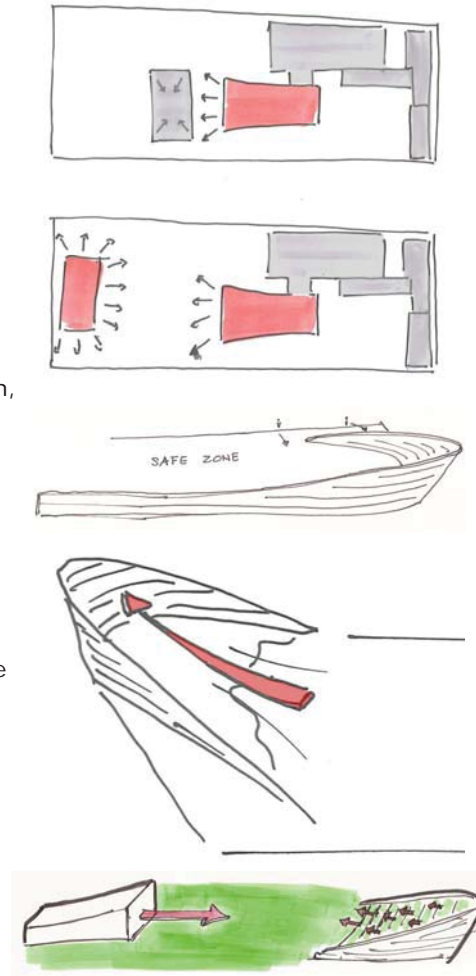
10.5 Ontwerp uitgangspunten en concept

10.5.1 Locatie en gebouwvorm

Het ontwerp moet de drie kenmerken, openheid, groen en zichtrelatie met het water, versterken. Op het UN gebied speelt een problematiek rondom de onderwerpen veiligheid, openbaarheid, bereikbaarheid en routing. De Environmental Council zal met haar gebouwvorm een oplossing bieden voor deze problemen, zodat veiligheidmaatregelen onzichtbaar zijn en de visuele relatie naar het UN geoptimaliseerd wordt.

Het huidige United Nations gebouw heeft een abstracte, neutrale, gesloten, maar expressieve uitstraling. Het bestaat uit een compositie van vormen, waarbij de 'general assembly' de publieke zone markeert. Het ontwerp van de Environmental Council dient het UN in zijn waarde te laten door de ruimte te geven.

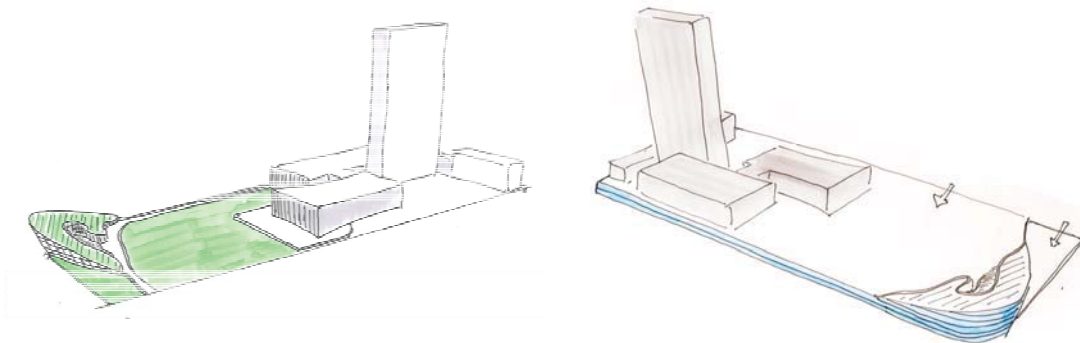
Doordat het gebouw ruimte geeft aan het UN kan het zelf een spectaculaire, sculpturale, vrije vorm hebben welke de bijzondere locatienkenmerken versterkt. Het gebouw zal expressief zijn door te contrasteren met de orthogonale omgeving. De vorm en positionering van het gebouw zal ten eerste het gebied een open, groene en benaderbare uitstraling geven en ten tweede de nadruk op het water leggen met een opwaartse beweging. Daarnaast zal de vrijgekomen ruimte van de FDR drive worden benut als kantoorruimte. Hiermee kan een goede organisatorische relatie gelegd worden met de kantoren in het huidige UN gebouw. Deze ingreep dient als basis voor het gebouwontwerp. Vanuit de vrijgekomen ruimte van de FDR drive komt een scherm omhoog in de uiterste punt van de locatie. Het UNEC zal dan als het ware als dienblad kunnen functioneren voor het huidige UN.



Figuur 31: ontwerpuitgangspunten

10.5.2 Duurzaamheid

Duurzaamheid betekend allereerst dat gebouwen veranderingen in de tijd kunnen doorstaan. Maar wanneer duurzaamheid tot zijn uiterste wordt doorgevoerd in een gebouwontwerp betekend het ook dat het gebouw natuurkrachten van zoals licht, water, zon en wind, optimaal benut voor het bereiken van een prettig binnenklimaat. Ik heb de ambitie om het gebouw energieneutraal te maken, zodat het onafhankelijk is van haar omgeving. Dit gedachtegoed past goed bij het internationale karakter van het UN. Duurzaamheid heeft ook een materiaal aspect. De vrijgekomen ruimte van de FDR drive zal worden hergebruikt en worden opgenomen in het concept van het gebouw. Dit kan materiaal besparen.



Figuur 32: Concept met twee gezichten

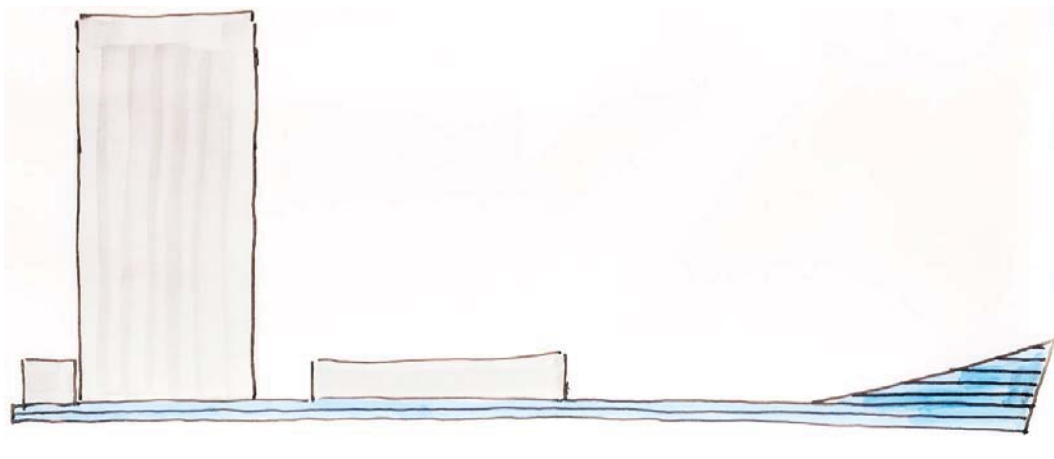
Gevel

De gevel, die de overgangszone tussen binnen en buiten markeert, zal een grote rol spelen in het bereiken van een energie efficiënt gebouw. De gevel gericht op de waterzijde dient een transparante en neutrale uitstraling te hebben. Hierachter zullen de kantoren zijn gehuisvest. De gevel naar de UN/stad zijde heeft een meer gesloten uitstraling. Deze gevel geeft het gebouw echter door haar vorm een benaderbaar karakter, waarachter publieke functies zijn gehuisvest.

Licht

De aanwezigheid van daglicht in kantoren is van belang voor de beleving van de ruimte, maar ook voor de gezondheid van de gebruiker, het bevordert de productiviteit. Een grotendeels glazen gevel zal ruim en diepe lichtinval creëren voor een prettige, rustige, inspirerende en natuurlijke (werk)omgeving.

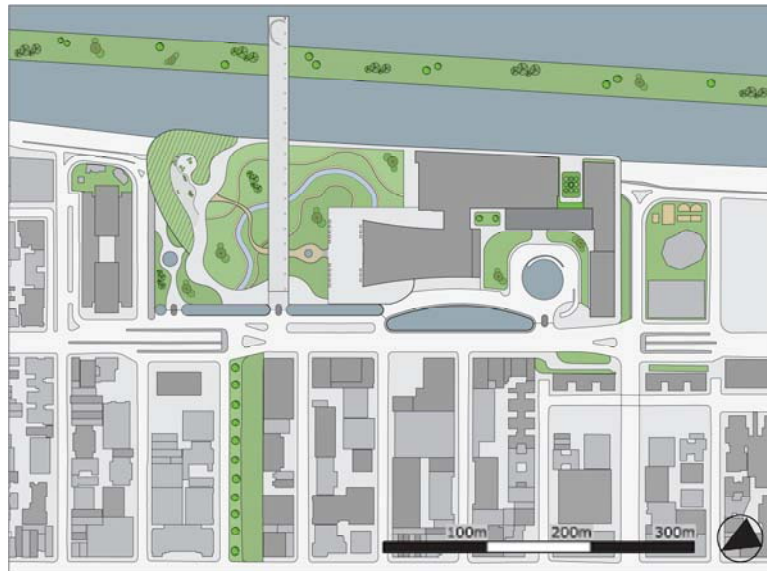
10.5.2.1.



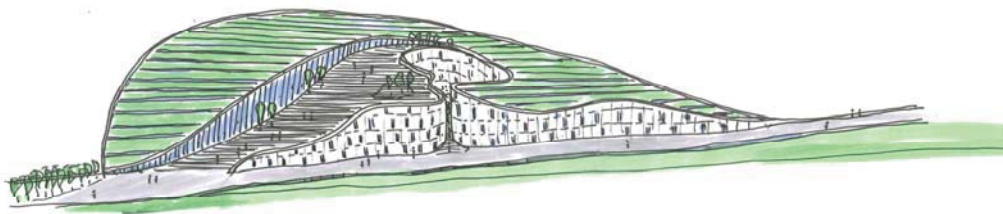
Figuur 33: Het UNECF als dienblad voor het UN, scherm komt omhoog vanuit vrijgekomen FDR drive

10.6 Voorlopig ontwerp

De hierboven beschreven uitgangspunten hebben geleid tot een ontwerpconcept, waarbij er een scherm omhoog komt vanuit de vrijgekomen ruimte van de FDR drive. Dit scherm gaat definiëren de grenzen van de ontwerplocatie, en reikt vervolgens tot aan de entreezone aan de stadszijde van de ontwerplocatie. Vanuit de stadszijde komt er een helling omhoog. Deze helling geeft het gebouw een benaderbare groene uitstraling, waarbij park en gebouw versmelten. De vrije vormtaal is doorgevoerd in het parkontwerp, zodat de samensmelting tussen park en gebouw wordt versterkt. Dit is zichtbaar in de onderstaande situatietekening en impressieschets.



Figuur 34: Situatietekening ontwerplocatie



Figuur 35: Impressieschets UNEC, benaderd vanuit de stad

10.7 Verdere ontwikkeling ontwerp

Dit ontwerp is ontwikkeld voor de start van dit onderzoek naar energieneutraal utiliteitsgebouwen en is voornamelijk gebaseerd op architectonische uitgangspunten. Voor de verdere ontwikkeling van het ontwerp is het mogelijk dat het ontwerp en de vorm van het gebouw zal veranderen ten behoeve van de energieneutraliteit. Deze veranderingen dienen gebaseerd te zijn op uitgangspunten en conclusies die voortkomen uit het programma van mogelijkheden, de energie potentie scan en de energiebalans. Bij een energiebewust ontwerp, dienen de uitgangspunten en keuzen steeds tegen het licht van energiegebruik te worden beschouwd. Steeds zou moeten worden nagegaan welk effect een bepaalde keuze heeft op het energieverbruik. Maar ook het effect op de architectonische aspecten zoals de functionaliteit, thermische behaaglijkheid in de winter en zomer en akoestische kwaliteit dienen in beschouwing te worden genomen. Belangrijk is dat het architectonische concept overeind blijft ondanks de energetische keuzes. Daarom is het van belang dat er architectonische randvoorwaarden worden gesteld waaraan niet mag worden getart.

10.8 Randvoorwaarden architectuur

De locatie en oriëntatie van het gebouw dient ruimte te bieden voor het herstellen van het groene, open, lichte en ruimtelijk karakter van de ontwerplocatie.

Het gebouw dient ruimte te geven aan het huidige gebouw, zodat deze voldoende ruimte heeft om tot zijn recht te komen en het UNEC voldoende ruimte krijgt om expressief te zijn. De vrijgekomen ruimte onder de FDR drive dient te worden hergebruikt vanwege duurzame redenen en om een goede organisatorische relatie te leggen tussen de nieuwe council en het huidige UN gebouw.

Het 'scherm' dat omhoog komt vanuit de vrijgekomen FDR drive ligt ten grondslag aan het ontwerpconcept. Het scherm markeert met haar positie de randen van de locatie en voorziet hiermee in een geïntegreerde veiligheidsbarrière. De curve waarmee het scherm is bepaald mag worden gewijzigd, zolang primaire idee intact blijft.

De helling die omhoog komt vanuit de stadzijde van de locatie en overgaat in het scherm ligt ook ten grondslag van het architectonische ontwerp. De precieze oriëntatie en hoek van de helling kan worden aangepast.

Daglichttoetreding is een belangrijk ontwerpargument geweest voor de entreezone. De entree mag een andere vorm krijgen, zolang voldoende daglichttoetreding in de publieke zones van het gebouw kan worden gewaarborgd.

De gevel van het scherm dient een uniforme uitstraling te hebben.

De stadgevel dient qua expressiviteit te passen bij de neutraliteit van het huidige United Nations gebouw.

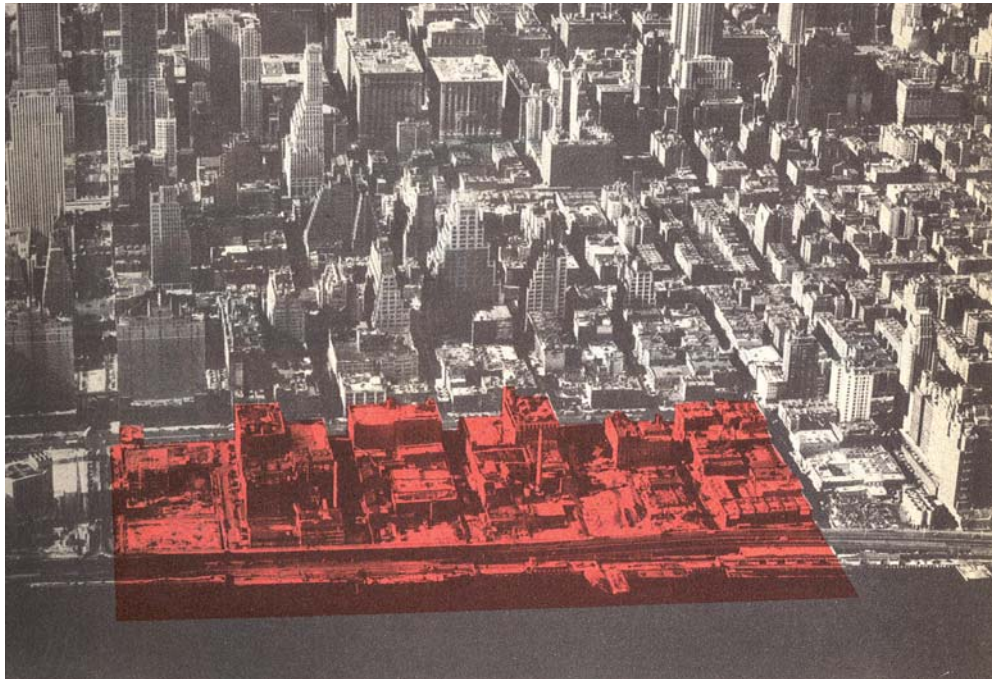
11 ENERGIE POTENTIE SCAN NEW YORK

In dit hoofdstuk zal aan de hand van de thema's die zijn genoemd in het hoofdstuk 4, de energie potentie scan, een analyse worden gedaan naar de energie potentie van de locatie. Dit hoofdstuk beschrijft de kenmerken en het volgende hoofdstuk geeft een benadering van de potentiële opbrengst per energiebron. Aan de hand van deze twee hoofdstukken kan de ontwerplocatie worden beoordeeld op energie potentie.

Met de energie potentie scan is informatie verzameld over de klimatologische en locatie afhankelijke gegevens. Deze informatie is van belang om te kunnen concluderen welke ingrepen toepasbaar zijn voor de desbetreffende locatie. De lokale omstandigheden, zoals klimaat, bodem en water, zijn bepalend voor de toepassing van actieve en passieve maatregelen. Hierdoor kan de energie potentie scan sturend zijn tijdens het proces van conceptvorming. Met de energie potentie scan zullen veel mogelijkheden die zijn beschreven in het programma van mogelijkheden worden uitgesloten. Hiermee scheidt de energie potentie scan als het ware randvoorwaarden voor het te ontwikkelen ontwerpconcept.

11.1 Historische ontwikkeling

Historisch gezien kent het East River waterfront variërende ontwikkelingsprojecten. In 1945 is de FDR drive voltooid op het land waar eerst huurkazernes en rijtjeshuizen stonden. De bouw van deze weg creëerde een fysische barrière tussen het waterfront en het beperkte publieke gebruik van de waterzijde. Er zijn vele pogingen geweest om dit land te ontwikkelen, waarbij de wensen en input van de buurt vaak werd genegeerd.⁶⁰



Figuur 36: United Nations plot

11.1.1 Geschiedenis United Nations

De United Nations heeft de locatie geselecteerd voor haar hoofdkwartier, vanwege de ligging in een grote metropolis, die een van de hoofd kruisingen is van international transport en communicatie.

11.2 Manhattan en de United Nations

De ontwerplocatie voor het United Nations Environmental Council is gelegen in New York. De ontwerplocatie beïnvloedt de potentie voor duurzame energieopwekking door de geografische en klimatologische eigenschappen die bepaald worden door de locatie.

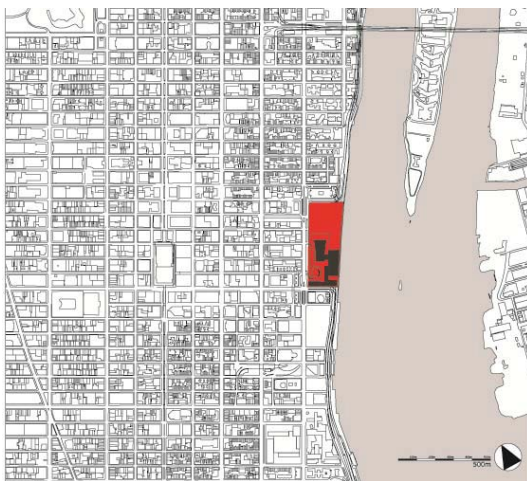


Figuur 37: Manhattan en locatie UN



Figuur 38: Ontwerplocatie United Nations Environmental Council

De Verenigde Naties is gelegen in Midtown East in Manhattan, langs de East River. De prominente ligging aan deze rivier biedt de locatie zowel stedenbouwkundig als vanuit duurzaam oogpunt bijzondere kenmerken. Zoals beschreven in het voorgaande hoofdstuk is de ontwerplocatie een open, groene, lichte locatie in het dichtbebouwde Manhattan. In de eerste planfase van het ontwerpproces hebben de stedenbouwkundige omgeving en kenmerken een relatief grote invloed op het te ontwikkelen architectonische en energetische concept.



Figuur 39: Manhattan en locatie UN



Figuur 40: Ontwerplocatie United Nations Environmental Council

11.2.1 Locatiekenmerken

Daarnaast kenmerkt de locatie zich door de nabijheid van de East River. De East River locatie, reikt over 457 meter van 42nd street tot 48th street en van First Avenue tot aan de waterkant. De locatie geeft voldoende ruimte voor zonlicht, ruimte en groen. Het gebied is beveiligd, maar oogt toch ruimtelijk door de uitgestrektheid van de East River.⁶¹ Door de ruimte op de locatie kan het een levende eenheid uitstralen van kracht, waardigheid en harmonie. De hoge gebouwen in Manhattan zijn als muren, die straten het profiel van diepe kloven geven. De locatie van de Verenigde Naties contrasteert hiermee en heeft een gevoel van ruimte.

11.2.2 De FDR drive

De locatie wordt daarnaast gekenmerkt door de aanwezigheid van de FDR drive. De Franklin D. Roosevelt (FDR) Drive is ontwikkeld door de regering van de United States en is gebouwd onder een overstek. Dit overstek breidt de United Nations locatie uit tot over de grens van de kustlijn. De Unites Nations mag boven de FDR drive bouwen, verspreid over de rijstroken van het verkeer.⁶²

In het masterplan is voorgesteld om de FDR drive vanwege veiligheidsredenen te verplaatsen. Hierdoor komt er veel ruimte vrij onder het overstek van het VN plateau. Deze ruimte heeft een goede potentie voor hergebruik, waarmee een goede (ondergrondse) functionele relatie kan worden gemaakt tussen het huidige VN gebouw en het nieuwe UNEC. Architectonisch gezien ligt deze ingreep ten grondslag aan het architectonische concept en komt het de organisatiestructuur van het gehele UN ten goede. Het uitbuiten van deze ruimte als kantoorfunctie maakt daarom deel uit van het architectonische concept. Hiermee kan tevens bespaard worden op materiaalgebruik, omdat de constructie van het overstek al aanwezig is het resterende programma in een veel kleiner volume kan worden ingepast. Energetisch gezien maakt een dergelijke ingreep het gebouw minder compact en daarmee minder energiezuinig. Er is echter voor gekozen om het architectonisch concept zwaarder te laten wegen dan de compactheid van het gebouw, omdat de architectonische kwaliteit en de functionaliteit van het gebouw bepalen hoe lang het gebouw voldoet. Rest wel uit te zoeken hoe de uitgestrekte kantoormuur zo optimaal en energetisch mogelijk kan worden gebruikt en in welke mate deze ruimte kan worden ingezet in de opwekking van energie.

11.3 Geografische ligging

11.3.1 Lengte- en breedtegraden

De ontwerplocatie kan aangegeven met lengte en breedte graden.

Location: New York

Breedtegraad: +40.71417

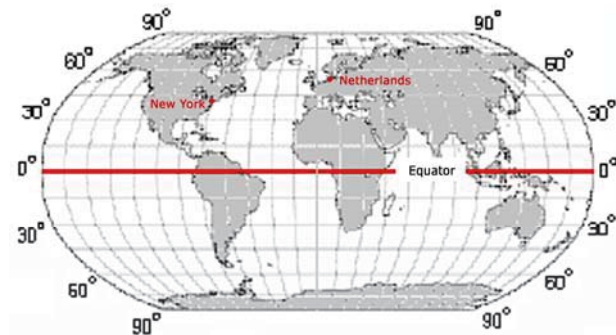
(40°42'51.012"N)

Lengtegraad: -74.00639

(74°00'23.004"W)

Tijd zone: UTC-5 hours

Hoogte: ~4m

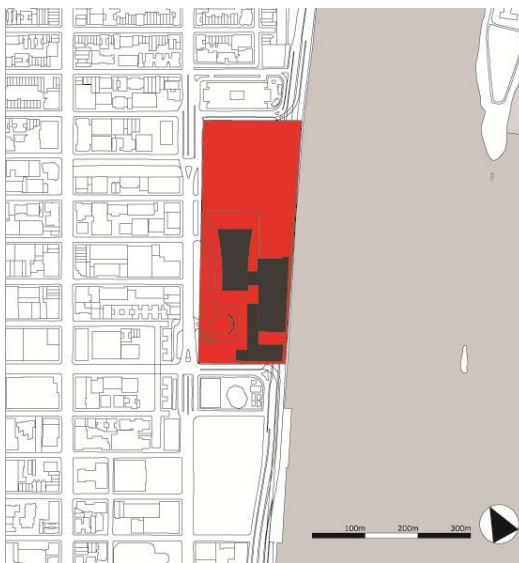


Figuur 41: ligging op aarde t.o.v. Nederland

11.3.2 Oriëntatie

In de beginfase van een ontwerpproces wordt bepaald hoe een bouwwerk kan worden georiënteerd. Zowel stedenbouwkundig als energetisch gezien dient de oriëntatie te worden onderzocht, om tot een totaalconcept te komen waarin het ontwerp zowel architectonisch goed tot zijn recht komt en het ontwerp optimaal gebruik kan maken van de potentiële energie in de omgeving. Met name zonne-energie is erg oriëntatie gevoelig.

De United Nations kavel is binnen het bestaande Manhattanse straat patroon opgenomen. Doordat de kavel over meerdere blokken loopt heeft het ongelijke zijden en heeft de locatie een overheersende noordoost-zuidwest oriëntatie. De lange zijde van de locatie aan het water loopt ongeveer 18 graden ten oosten van het ware noorden. De zon schijnt in de ochtend en de namiddag aan de lange zijdes en aan de korte zijde in de warmere middaguren.

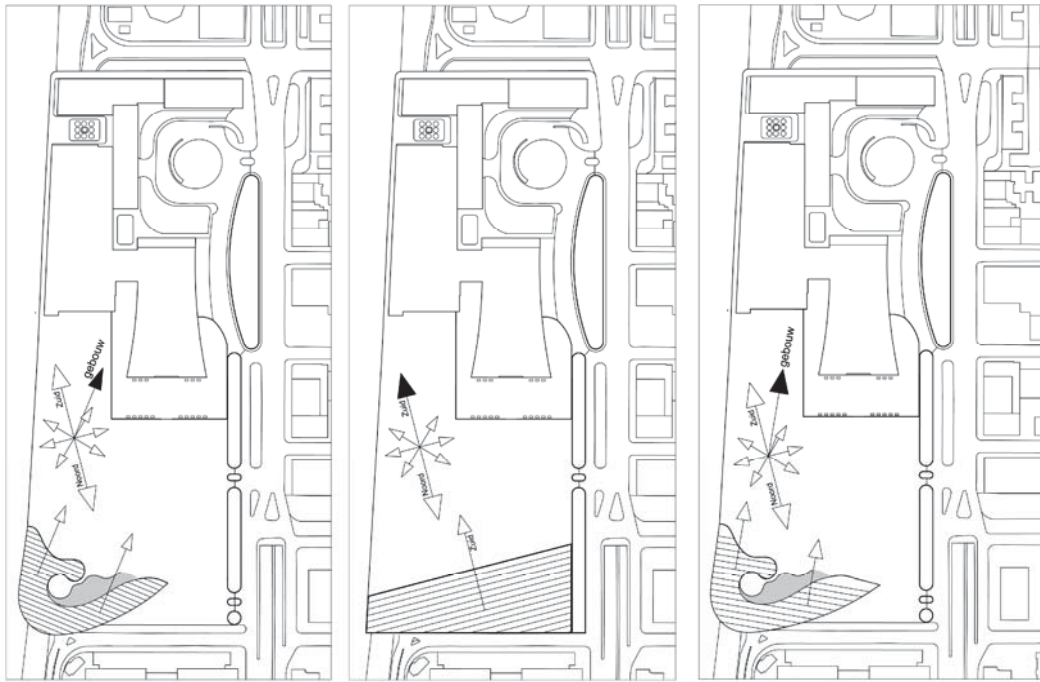


Figuur 42: ontwerplocatie

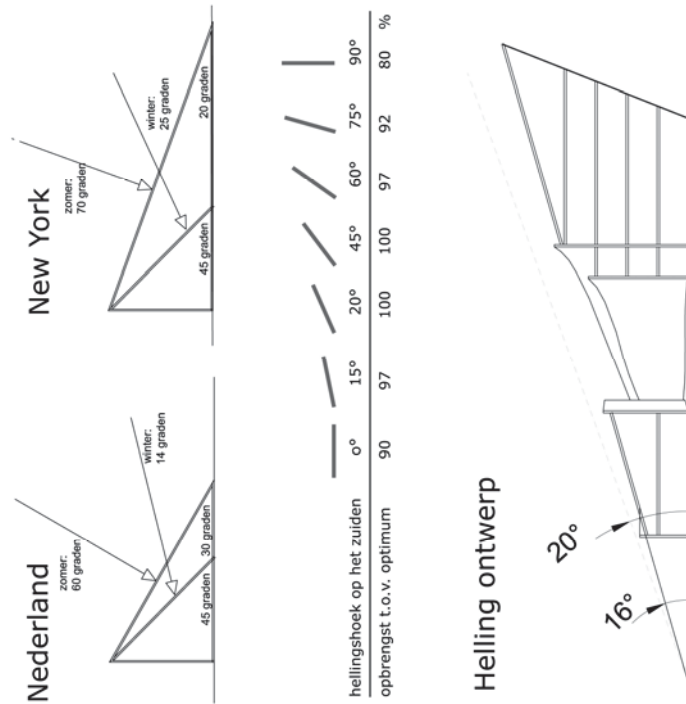


Figuur 43: situatietekening en oriëntatie

In het architectonische concept is gekozen om het hoofdvolume in de uiterste hoek, langs de rand van het plot, te plaatsen. De randen van de ontwerplocatie gaan als het ware naadloos over in het gebouw. Hiermee vormt het gebouw de grens en is veiligheid integraal opgelost in het gebouw. Naar de stadszijde toe vormt het UNEC gebouw een intieme sfeer, door een groene helling die als het ware wijst naar het huidige UN gebouw. Deze helling van 16 graden heeft een zuidwestelijke oriëntatie. De gebouwworm en -oriëntatie geeft het gebouw een goede potentie voor de toepassing van PV op het dak (de helling) van het gebouw. De helling kan geoptimaliseerd worden op haar oriëntatie ten opzichte het zuiden en de hellingshoek. Een optimalisatie van de helling ten opzichte van het exacte zuiden zal de gebouwworm doen veranderen in een vorm waarbij het architectonische concept van een scherm dat omhoog komt vanuit het plateau niet goed tot zijn recht komt (zie onderstaande figuur). Een dergelijke ingreep geeft de PV panelen slechts een hogere opwekking van 3 a 4%. De hoek van de helling kan wordt verhoogd tot twintig graden. Dit is in overeenstemming met de zonnehoogtehoek in de zomer (zie zonnebaan).



Figuur 44: Oriëntatie gebouwvorm t.o.v. zon – plattegrond



Figuur 45: Oriëntatie gebouwvorm t.o.v. zon - doorsnede

11.4 Klimaat

Het klimaat bepaald in grote mate de energievraag van gebouwen. Daarnaast geeft het klimaat de basis voor de potentie van energieopwekking uit hernieuwbare bronnen. Daarom is het van belang om data te verzamelen over het heersende klimaat.

11.4.1 Temperatuur

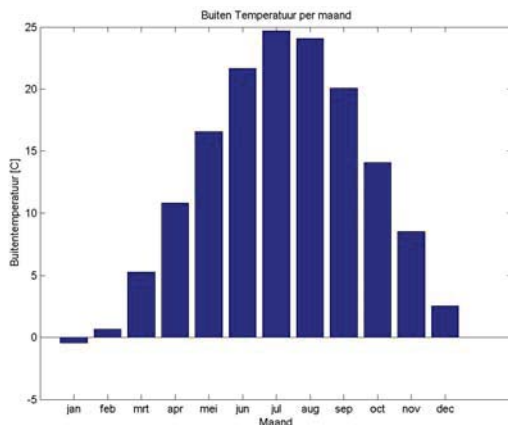
New York heeft een vochtig continentaal klimaat met warme zomers en koude winters.⁶³ De zomers zijn meestal warm en vochtig met een gemiddelde temperatuur van 19,9 °C hoge gemiddelde temperaturen van 27,4 °C. De zomers kennen echter uitschieters van maar liefst 34 °C.

De Winters zijn koud, en de heersende wind patronen met een richting van de kust af minimaliseren het effect van de Atlantische oceaan. De gemiddelde temperaturen in januari is -2° C, met gemiddeld minimum temperaturen van -5° C. Echter, de winter kent uitschieters van maar liefst -15 °C in januari.

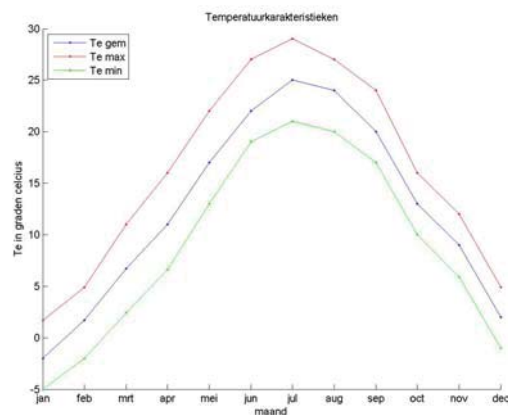
Tabel 22: Temperatuurkarakteristieken door het jaar heen voor Central Park

Temperatuur																
jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	winter	lente	zomer	herfst	jaar
Gemiddelde temperatuur in °C																
-2	1,7	6,7	11	17	22	25	24	20	13	9	2	0,6	11,7	19	15,8	13
Gemiddelde minimumtemperatuur in °C																
-5	-2	2,4	6,6	13	19	21	20	17	10	5,9	-1	-0,3	4,2	19,9	11	8,9
Gemiddelde maximum temperatuur in °C																
1,7	4,9	11	16	22	27	29	27	24	16	12	4,9	2,2	16,1	27,6	17,4	16

Grafiek 8: gemiddelde temperatuur



Grafiek 9: gem. max en gem. min. temp



11.4.2 Zon

De hoeveelheid potentieel beschikbare zonne-energie is afhankelijk van de geografische locatie. Hoe dichter bij de evenaar, hoe meer potentie beschikbaar. New York is dichter bij de evenaar gelegen dan Nederland. New York heeft een breedtegraad van +40.4 en bijvoorbeeld Delft heeft een breedtegraad van +52. Daarom kan worden aangenomen dat New York ongeveer gelijk of een betere potentie heeft voor zonne-energie. Dit biedt mogelijkheden voor het toepassen van actieve zonne-energie technieken.

Zonne-uren en horizontale globale straling

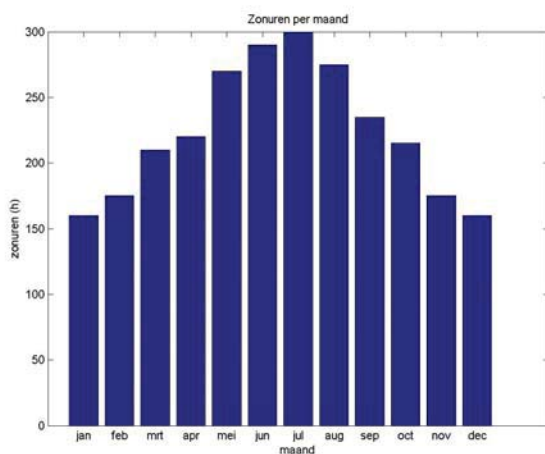
Voor New York geldt dat er per jaar gemiddeld 234 dagen zijn met zonneschijn. Dit komt neer op gemiddelde van 2540 zonne-uren per jaar. Gezien het gemiddelde van 1521 zonne-uren in Nederland is New York relatief zonnig.⁶⁴ Dit biedt goede potentie voor actieve zonne-energie technieken en een verlichtingsregeling gebaseerd op daglichttoetreding.

Tabel 23: Zonne-uren en globale stralingsintensiteit

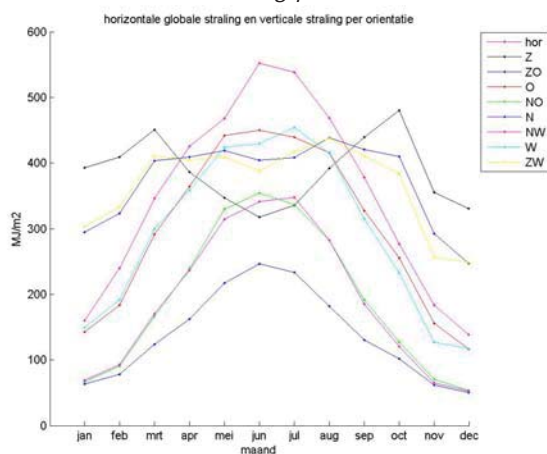
Zon																
jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	winter	lente	zomer	herfst	tot /jr
Gemiddeld aantal zonneschijn-uren																
160	175	210	220	270	290	300	275	235	215	175	160	495	700	865	625	2685
Globale straling in Wh/m2 per dag																
1853	2779	4003	4927	5412	6389	6226	5430	4376	3201	2128	1602	6234	14342	18045	9705	48326
Globale straling in kWh/m2 per dag																
1,9	2,9	4,1	5,1	5,6	6,6	6,4	5,6	4,5	3,3	2,2	1,7	6,4	14,8	18,6	10,0	49,8
Globale straling in kWh/m2																
45	67	96	118	140	153	149	130	105	77	51	38	150	344	433	233	1160
Globale straling in MJ/m2																
160	240	346	426	468	552	538	469	378	277	184	138	539	1239	1559	839	4175
Globale straling in W/m2																
5,2	7,7	11,2	13,7	15,1	17,8	17,4	15,1	12,2	8,9	5,9	4,5	17,4	40,0	50,3	27,1	134,7

* De data is afkomstig van het weerstation in Central park.

Grafiek 10: Gemiddelde maandelijkse zonne-uren



Grafiek 11: Globale horizontale straling en verticale straling per oriëntatie



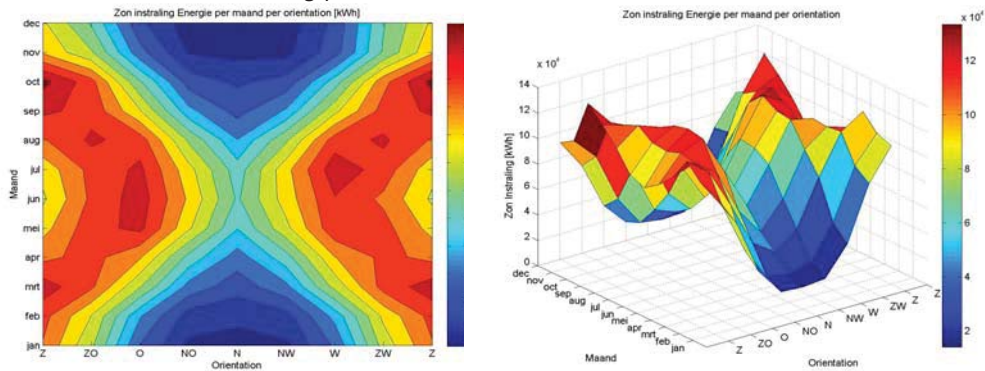
De energie-intensiteit van de straling bedraagt rond de 1160 kWh/m2 per jaar. Dit komt overeen met 4175 MJ/m2 per jaar. Dit ligt zo'n 14% boven het Nederlands gemiddelde. In Nederland valt op een horizontaal vlak jaarlijks per m2 globaal 1000 kWh.⁶⁵

Verticale straling voor alle geveloriëntaties

Voor het bepalen van de potentie van PV aan de gevel is de verticale straling per oriëntatie van belang. Wat opvalt aan de grafieken is dat de zuidelijke oriëntatie twee pieken kent, in maart en in oktober. Daarnaast valt op dat de zuidelijke oriëntaties een hoge basisstraling

kennen ten opzicht van globale horizontale straling. Daarom bieden de zuidelijke geveloriëntaties een goede potentie voor PV aan de gevel.

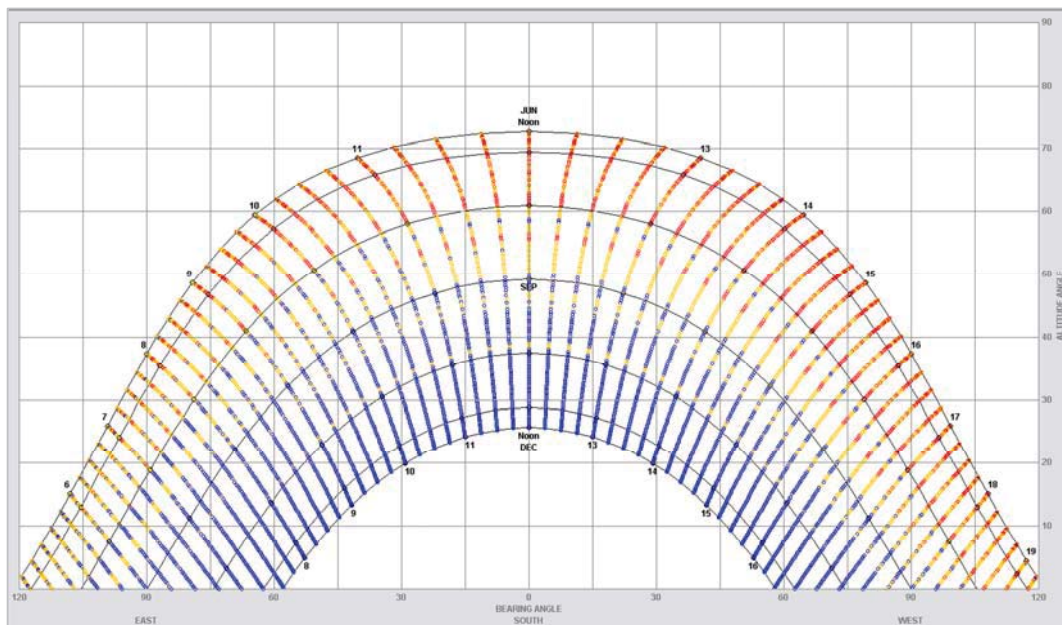
Grafiek 12: verticale straling per oriëntatie



Zonnebaan

Voor een duurzaam stedenbouwkundig en architectonisch ontwerp is naast de stralingskenmerken van een gebied kennis van de zonnebaan gedurende de seizoenen en de dag van groot belang. De effectiviteit van zonne-energie technieken is afhankelijk van de hoek van instraling van de zonnestraling. Hoe verder verwijderd van haaks, des te lager het rendement. Daarom is de positie van de zon op ieder moment van de dag gedurende het jaar belangrijke informatie. Uit de zonnebanen is voor ieder moment van het jaar af te lezen wat de zonnehoogtehoek en de azimuthhoek bedraagt, daarmee dus ook de hoogste zonnestanden in de zomer en de winter. Tevens is voor iedere dag het aantal uren zonlicht af te lezen. Dit zijn belangrijke gegevens bij de toepassing van passieve en actieve zonne-energie.

Grafiek 13: Zonnebaan New York



Er geldt dat de zonnebaan van mei overeenkomt met die van juli, die van april met augustus, die van maart met september, die van februari met oktober en die van januari met die van november.⁶⁶

Grafiek 13 geeft die zonnebanen voor 40,78 graden noorderbreedte, waarop New York ligt. In de zomer bereikt de zon een maximale hoogte van ruim 70 graden, waarbij de zon van noordoost naar noordwest draait; op 21 december bereikt de zon een hoogte van maximaal 25. Graden, met een loop van zuidoost naar zuidwest. (Ter vergelijking: In Nederland bedraagt de zonnehoogte in de zomer ruimt 60 graden en in de winter 14 graden). Dit betekent dat de optimale oriëntatie van PV panelen niet tussen 30-45 graden ligt zoals in Nederland, maar tussen 20 en 40%.

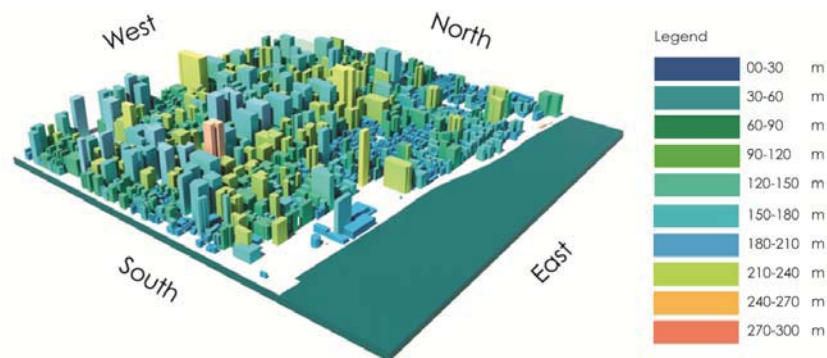
Beschaduwing

De beschaduwing speelt een belangrijk rol in het bepalen van de potentie van zonne-energie systemen. Hoewel de ontwerplocatie is gelegen in een stad met veel hoogbouw, krijgt de ontwerplocatie gezien haar ligging langs de East River en de relatief lage bebouwing rondom vrij veel zonlicht. Er is een beschaduwingsanalyse gemaakt door medestudent Ivan Cremer die dit bevestigt. In de onderstaande figuren is zichtbaar dat het gedeelte van de locatie in de oranje driehoek het hele jaar wordt bestraald door de zon. Daarom is deze plek geschikt voor het toepassen van zonne-energie. Hieruit blijkt dat de keuze die is gemaakt voor het architectonische concept veel potentie heeft voor zonne-energie.



Figuur 46: samenvatting zonnestudie

Figuur 47: gedeelte van locatie met meeste zon



Figuur 48: oriëntatie, omgeving en gebouwhoogtes

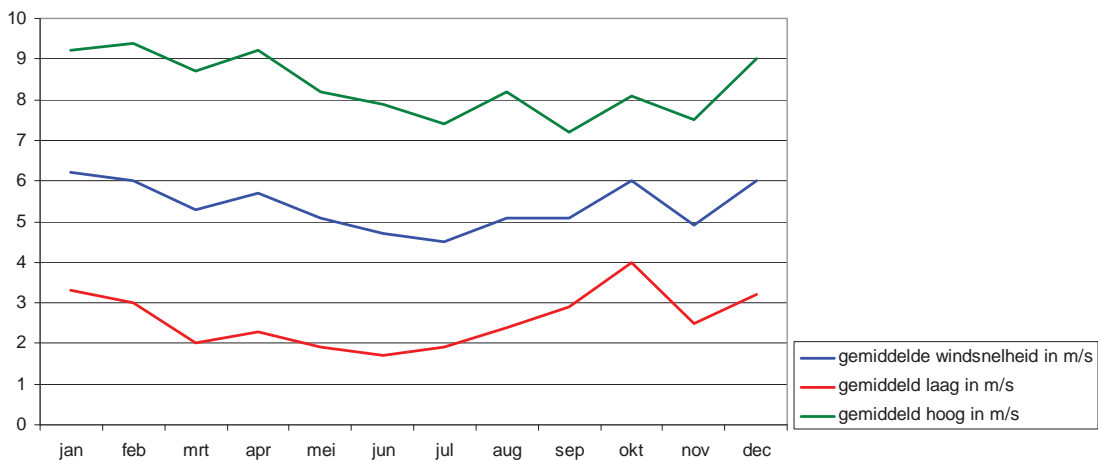
11.4.3 Wind

De windsnelheid op een bepaalde locatie wordt bepaald door de geografische locatie, de hoogte en de terreinruwheid.⁶⁷ Van belang voor de potentie van gebouwgebonden windturbines zijn de windsnelheid en richting op 40 meter hoogte. Onderstaande grafiek en tabel geven de windsnelheid op een hoogte van 40m voor New York. Opgemerkt kan worden dat de gemiddelde windsnelheid in New York van 5,4 m/s hoger is dan in Nederland (ongeveer 4,5 m/s) en een constanter verloop kent. Dit verhoogt de potentie voor windenergie.

Tabel 24: windkarakteristieken door het jaar heen op 40m hoogte, voor New York

Wind																
ja n	fe b	mr t	ap r	m ei	ju n	jul	au g	se p	ok t	no v	de c	wint er	lent e	zom er	herf st	jaa r
gemiddelde windsnelheid (m/s)																
6,2	6	5,3	5,7	5,1	4,7	4,5	5,1	5,1	6	4,9	6	6,1	5,4	4,8	5,3	5,4
gemiddeld laag (m/s)																
3,3	3	2	2,3	1,9	1,7	1,9	2,4	2,9	4	2,5	3,2	3,2	2,1	2	3,1	2,6
gemiddeld hoog(m/s)																
9,2	9,4	8,7	9,2	8,2	7,9	7,4	8,2	7,2	8,1	7,5	9	9,2	8,7	7,8	7,6	8,3

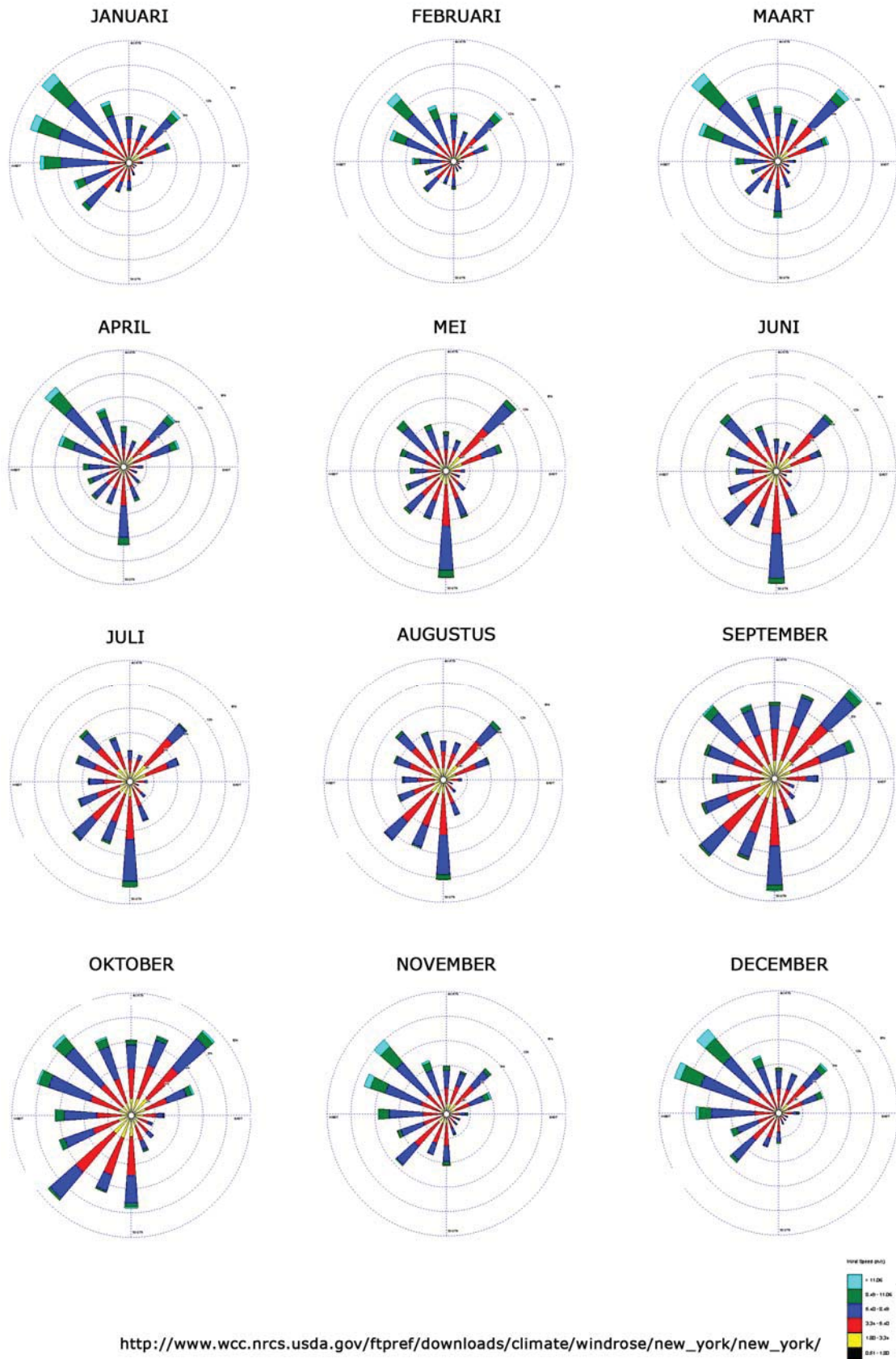
Grafiek 14: windkarakteristieken in m/s op 40m hoogte voor New York



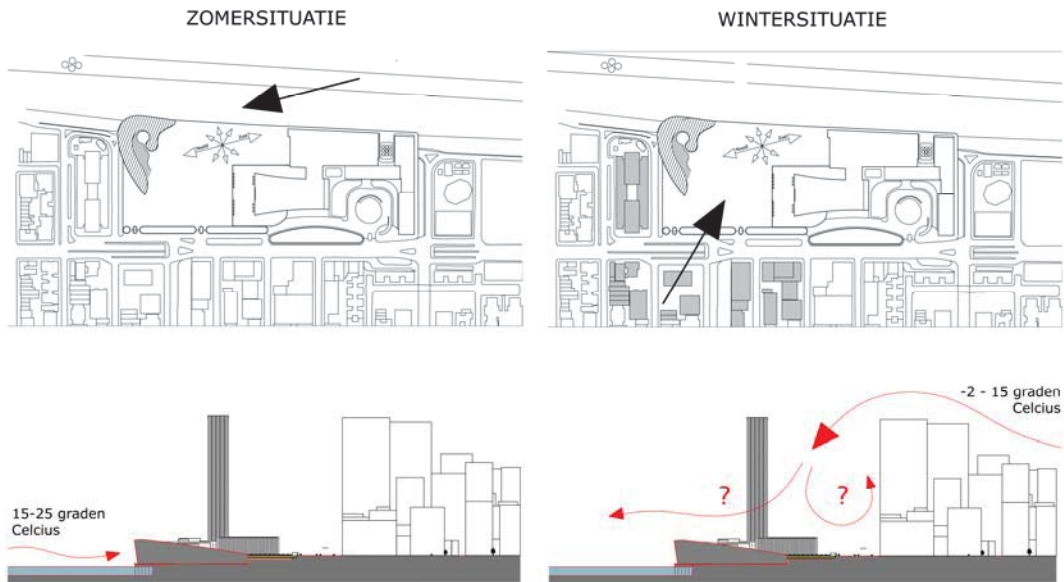
Windrichting

Naast de windsnelheid is ook de windrichting van belang. Op de volgende pagina staan de windrozen per maand voor New York. 's Winters overheerst een noordwester wind. Deze is afkomstig vanuit het centrum van Manhattan. 's Zomers overheerst een zuidelijke a zuidwester wind. Deze is afkomst van de East River. De zuidelijke zomerse windrichting, afkomstig vanaf de East River, is geschikt voor natuurlijke ventilatie. De noordelijke koude winterse windrichting is minder geschikt voor natuurlijke ventilatie, vanwege de lage temperatuur van de wind en vanwege de hoogbouw van Manhattan die de windrichting onvoorspelbaar maakt doordat de bebouwing werkt als blokkade.

Figuur 49: windrosen per maand voor New York



http://www.wcc.nrcs.usda.gov/ftpref/downloads/climate/windrose/new_york/new_york/



Figuur 50: windrichting en gebouwontwerp

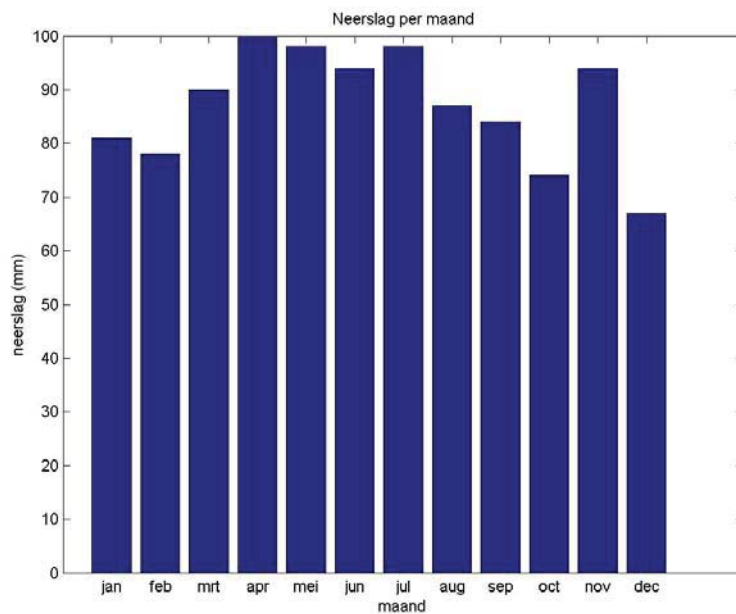
11.4.4 Neerslag

New York heeft volgens het World weather and climate information 1.045 mm neerslag ontvangen in het jaar 2009. Deze neerslag is vrij gelijkmatig verspreid over het hele jaar. Gemiddelde sneeuwval is ongeveer 71 cm.

Tabel 25: neerslagkarakteristieken voor het jaar 2009, New York

Neerslag																
jan	feb	mr	ap	m	ju	ju	au	se	ok	no	de	wint	lent	zom	herf	jaar
n	b	t	r	ei	n	l	g	p	t	v	c	er	e	er	st	
Gemiddelde neerslaghoeveelheid in mm per maand																
81	78	90	100	98	94	98	87	84	74	94	67	226	288	279	252	1045

Grafiek 15: neerslagkarakteristieken New York



Opmerkelijk aan de bovenstaande grafiek is dat de neerslag niet erg varieert met de seizoenen. Ook is opmerkelijk dat de hoeveelheid neerslag met een maandelijks gemiddelde van 87mm ruim boven het Nederlandse gemiddelde ligt van rond de 64 mm per maand. Gezien New York in mindere mate te kampen heeft met grote neerslag verschillen tussen de seizoenen zal het probleem van wateroverlast een minder grote rol spelen dan in Nederland. De ontwerplocatie naar de East River gelegen, waardoor het water gemakkelijk weg kan stromen.

11.5 Ondergrond

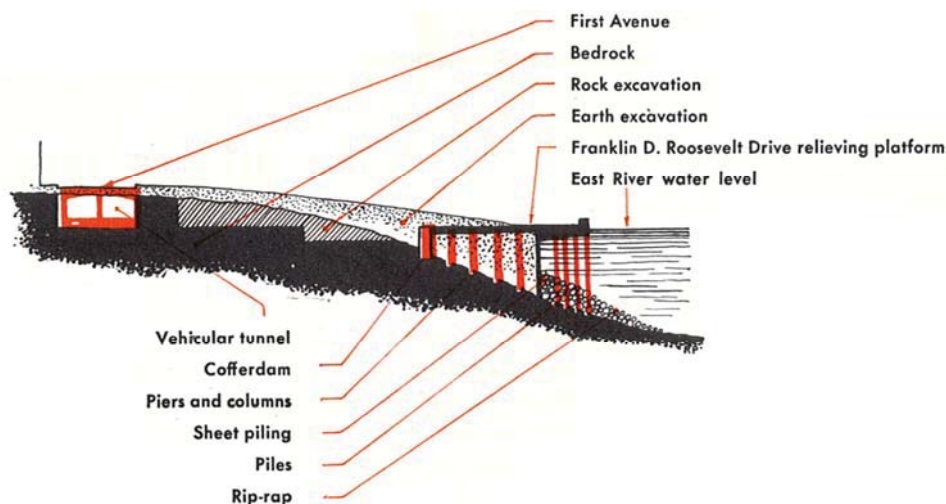
11.5.1 Grondsoorten in Manhattan

Het eiland Manhattan is gebouwd op drie lagen gesteente die bekend staan als Manhattan Schist, Inwood marmer en Fordham Gneis. Schist vormt de ruggengraat van het eiland van de Henry Hudson Bridge in het noorden tot Battery in het zuiden. Het gaat abrupt een paar honderd meter ondergronds ter plaatse van Washington Square en maakt een geleidelijke stijging vanaf Chambers Street. Deze verlaging en geleidelijke stijging creëren een duidelijk gat tussen midtown en downtown in de Manhattan Skyline, gezien de hoge gebouwen moeten worden verankerd op het solide fundament van de bedrock.

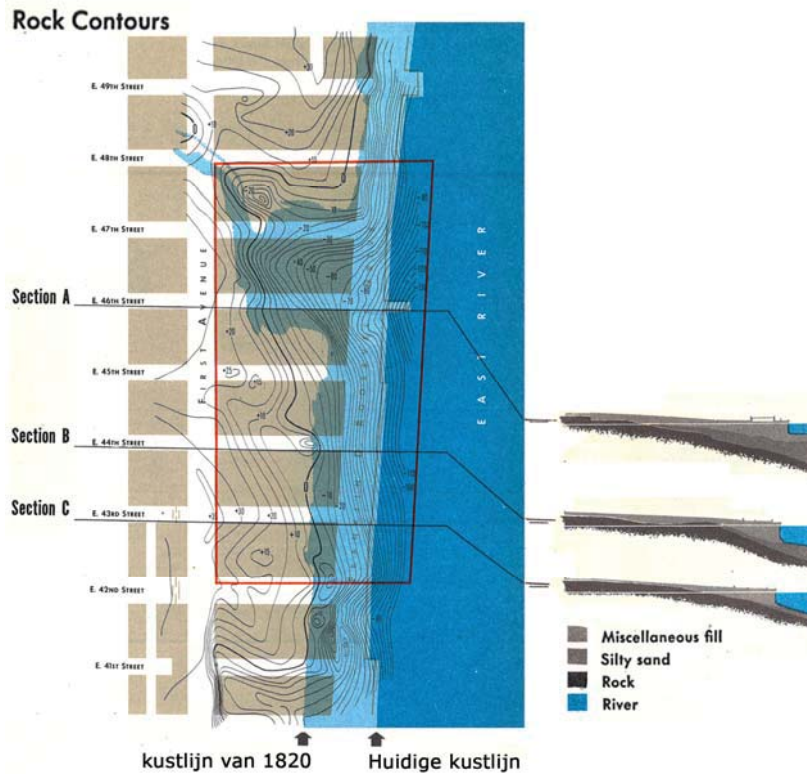
Het even oude Inwood Marmer, die bestaat uit kalksteen, vormt een bedding van 150 tot 500 feet dikte onder de Harlem River en de aangrenzende regio's. Dit gebied staat bij geologen bekend als Inwood Lowland. Het miljard jaren oude Fordham Gneiss ontstaat aan de oppervlakte in de Bronx. De drie lagen zijn complex met elkaar gemengd.⁶⁸

11.5.2 Ondergrond van ontwerplocatie

De natuur en locatie van het bedrock onder de locatie is onderzocht door de United Nations door middel van ingenieurs die 26 boringen hebben gedaan. Een bedrock van hard Manhattan Schist ligt net onder het oppervlak en vorm een solide basis voor constructies bijna overal op de locatie. Het bedrock heeft een helling naar de Rivier.⁶⁹



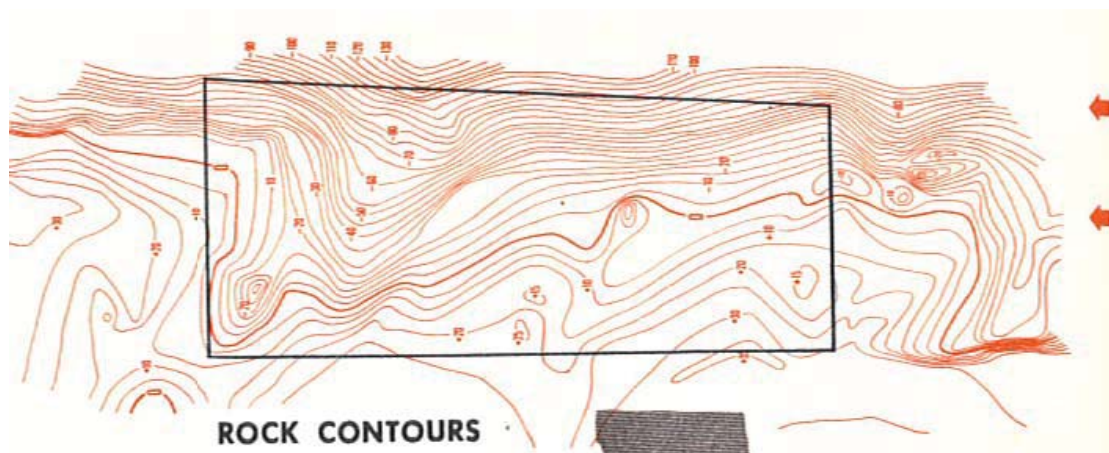
Figuur 51: dwarsdoorsnede over locatie, van 1st avenue tot de East River



Figuur 52: ondergrond ontwerplocatie

11.5.3 Reliëf ontwerplocatie

De ontwerplocatie kent enig reliëf. Het land op de locatie loopt langzaam af ten oosten van de East River vanuit zuidwestelijke hoek naar het noordoosten. Voordeel kan genomen worden van deze helling in het plannen van toegangen en uitgangen naar de locatie. Verder is deze hellingen niet stijl genoeg om gebruikt te worden voor energieopwekking in de vorm van kinetische energie.



Figuur 53: hoogtelijnen ontwerplocatie

11.5.4 Ondiepe ondergrond

De temperatuur van de ondiepe ondergrond is gegeven in de onderstaande tabel. Of de ondergrond potentie biedt als warmte en of koudebron is afhankelijk van de temperatuur van de grond en de COP van de warmtepomp.

Tabel 26: grondtemperatuur ondiep

Temperatuur van ondiepe ondergrond op 3 meter diepte in graden Celsius											
jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
4	3	3	5	10	15	19	21	20	17	12	8

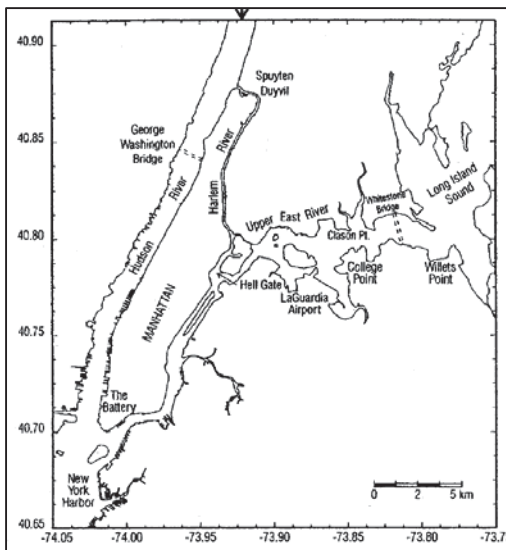
11.5.5 Diepe ondergrond

De diepe ondergrond neemt een constante temperatuur aan die ongeveer gelijk staat aan het jaargemiddelde van de buitentemperatuur. In New York neemt de ondergrond op een diepte van ongeveer 335 tot 425 m een constante temperatuur aan van 11 graden Celsius. Op een diepte van 100m heeft de ondergrond echter ook al een vrij constante temperatuur.

11.6 Water

11.6.1 De East River voor elektriciteitsopwekking

De East River is zowel een zeestraat als een trechtervormige monding met getij in New York City. Aan de zuidkant ligt de straat aan de Upper New York Bay en aan de noordkant aan de Long Island Sound. De straat scheidt zowel Long Island als de stadswijken Queens en Brooklyn van het eiland van Manhattan en the Bronx.⁷⁰ De East River is 24 km lang, en de breedte varieert van 0.8 km tot 5,6 km. Ter plaatse van het UN plot is de East River ongeveer 800 m breed. De gemiddelde diepte is ongeveer 10 meter, met uitschieters van 20 meter diep.



Figuur 54: De East river 1



Figuur 55: De East River 2

Getijde in East River

Kennis van de hydrodynamische karakteristieken van de East River is van groot belang voor het bepalen van de potentie voor elektriciteitsopwekking. In de East River wordt er water uitgewisseld tussen Long Island Sound en de haven van New York. De East River is een nauwe door getijden gedomineerd systeem die Long Island Sound verbindt met het bovenste deel van de haven van New York. De East River communiceert met de Hudson Rivier op twee plaatsen, The Battery en de Harlem River.

De getijden reeksen op Willets Point zijn ongeveer 65% hoger dan bij Battery. Getijde in de East River zijn een gevolg van het inkomende getij ter plaatse van zowel de New Yorkse haven als Long Island Sound. Hoog water bij Willets Point is ongeveer 3,5 uur later dan bij Battery, terwijl deze punten slechts 25 km uit elkaar liggen. Dit verschil in waterhoogte drijft een sterke getijde stroom door de East River. De getijde stroom is meer dan 2 m/s in de Lower East River en kan tot 1m/s zijn in het bovenste gedeelte van de East River.

Getijdenpatroon

De getijde in de East River zijn voornamelijk half dagelijks. Het duurt 5,5 uur om van een eb fase over te gaan in een vloed fase en visa versa. De totale getijde duurt dus ongeveer 11 uur, waardoor de East River ongeveer 2 maal daags de volledige getijdefases doorloopt. Een belangrijk kenmerk van de getijde is dat deze per maand zal variëren, gebaseerd op astronomische parameters. Dit betekent dat Januari 2008 een andere getijde zal kennen dan januari 2009.⁷¹ Gezien de getijde een goed voorspelbaar en alsmaar doorgaand proces is, biedt dit grote potentie voor energieopwekking.

Watertemperatuur

De watertemperatuur in de Eastriver is in het algemeen verticaal homogeen. Dit komt waarschijnlijk doordat het water in de rivier door het getijdepatroon twee maal daags wordt ververs met water vanuit Long Island Sound. Seizoenscycli geven variaties in de temperatuur van 2 graden Celsius in de winter tot 25 graden Celsius in de zomer.

Tabel 27: Temperatuur van de East River gemeten bij The Battery

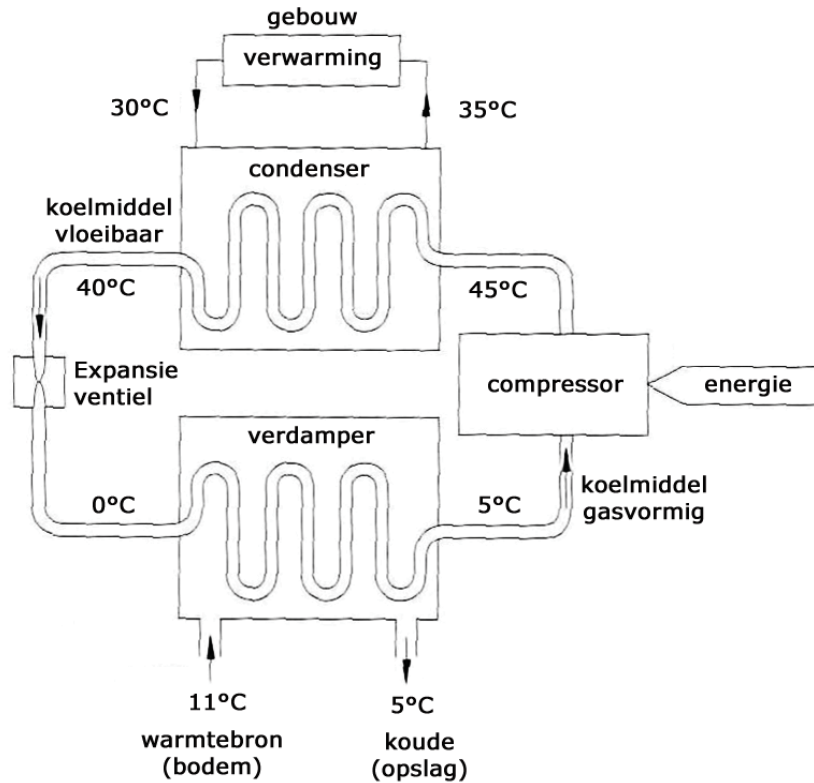
Rivier																			
Maand	Jan	Feb	Mrt	Apr	Apr	Mei	Mei	Jun	Jun	Jul	Jul	Aug	Aug	Sep	Sep	Oct	Oct	Nov	Dec
Data	1 - 31	1 - 28	1 - 31	1 - 15	16 - 30	1 - 15	16 - 31	1 - 15	16 - 30	1 - 15	16 - 31	1 - 15	16 - 31	1 - 15	16 - 30	1 - 15	16 - 31	1 - 30	1 - 31
Temp	3,3	2,2	5	7,2	9,4	12,2	15,6	17,8	19,4	21,1	22,8	23,3	22,8	22,2	20	17,2	14,4	11,7	6,1

11.7 Toepassing van warmtepomp met warmtebron

Zoals hierboven is beschreven kent de locatie meerdere warmtebronnen, waaronder de buitenlucht, de ondiepe ondergrond, de diepe ondergrond en het rivierwater. De warmte kan worden benut in het gebouw door toepassing van een warmtepomp. Aan de hand van de COP van de warmtepomp kan worden bepaald of de warmtebron potentie heeft ter verwarming of koeling van het gebouw. Daarom is inzicht in de werking van een warmtepomp van belang. Hieronder staat over de werking van een warmtepomp het één en ander toegelicht.

11.7.1 COP

Het rendement van een warmtepomp wordt gegeven als de verhouding tussen geleverde energie en gebruikte energie. Die verhouding wordt aangeduid met de prestatiecoëfficiënt of COP (Coëfficiënt of Performance). De COP is afhankelijk van het type warmtepomp en het toepassingsgebied. De COP wordt bepaald onder genormeerde omstandigheden. Hierbij zijn de verdamper en condensor-temperaturen belangrijke factoren, die worden bepaald door de capaciteit van de warmtepomp.



Figuur 56: warmtepomp schematisch

In de bovenstaande figuur is het principe van een warmtepomp schematisch weergegeven. In dit voorbeeld is de brontemperatuur (T_b) 11 graden Celsius. De warmtebron geeft warmte af aan het koelmiddel. De verdamptemperatuur (T_v) is 5 graden Celsius. Door het opheffen van de druk in de compressor stijgt de temperatuur. De condensortemperatuur wordt dan 45 graden Celsius. De condensor geeft de temperatuur over aan de aanvoertemperatuur (T_a) van het verwarmingssysteem in het gebouw.

Samenvattend

T_b	= 11 graden Celsius	= 284 graden Kelvin
T_v	= 5 graden Celsius	= 278 graden Kelvin
T_c	= 45 graden Celsius	= 318 graden Kelvin
T_a	= 35 graden Celsius	= 308 graden Kelvin
P_{el}	= de energievraag van de warmtepomp	

COP warmtepomp

$$\begin{aligned}\text{COP}_{\text{wp}} &= Q_c / P_{\text{el}} \\ Q_c &= Q_v + P_{\text{el}} \\ \text{COP}_{\text{wp}} &= Q_v + P_{\text{el}} / P_{\text{el}} \\ &= Q_v / P_{\text{el}} + 1\end{aligned}$$

Hieruit blijkt dat de COP groter is dan 1.

De COP kan ook bepaald worden uit de formule:

$$\begin{aligned}\text{COP}_{\text{wp}} &= \text{rendement}_{\text{wp}} * (T_c / (T_c - T_v)) \\ \text{COP}_{\text{km}} &= \text{rendement}_{\text{wp}} * ((T_c / (T_c - T_v)) - 1)\end{aligned}$$

Voor het berekenen van de COP dienen de temperaturen in Kelvin te worden genomen.⁷²

Met de temperaturen in de bovenstaande figuur heeft de warmtepomp een COP van:

$$\text{COP}_{\text{wp}} = \text{rendement}_{\text{wp}} * T_c / (T_c - T_v) = 0.5 * 318 / (318 - 278) = 4,0.$$

11.7.2 Factoren van invloed op COP

Uit deze formules blijkt dat hoe kleiner de verschillen in systeemtemperatuur, hoe hoger de COP zal zijn. Dit is waarom hoge temperatuur koeling en lage temperatuur verwarming het meest effectief is. De brontemperatuur is gegeven door de warmtebron en de aanvoertemperatuur kan gekozen worden afhankelijk van het verwarmingssysteem in het gebouw. De verdampingstemperatuur en de condensortemperatuur zijn afhankelijk van het type warmtepomp en de bron- en aanvoertemperatuur. Dit wordt mede bepaald door de capaciteit die de warmtepomp moet kunnen leveren. Wanneer energieneutraliteit het doel is dient de capaciteit van de warmtepomp te worden afgestemd op de grootste warmtevraag. Deze doet zich voor in januari. Wanneer de capaciteit van de warmtepomp groter dient te zijn, zal het temperatuurverschil tussen T_v en T_c groter zijn ter versnelling van de warmteoverdracht. Hierdoor zal de COP dalen. Daarom kan het verstandig zijn om meerdere warmtepompen met een kleinere capaciteit en dus een hogere COP naast elkaar te laten draaien. Dit zal echter de primaire kosten kunnen verhogen.

11.7.3 Rendementen vergelijken

Om het rendement van warmtepompen te kunnen vergelijken met dat van andere warmteopwekkers zoals een HR-ketel, en gasgedreven warmtepompen, wordt de COP omgerekend naar een PER. Dit staat voor Primaire Energie Ratio, en is vrij vertaald de "primaire energieverhouding". PER is de verhouding tussen de hoeveelheid geleverde energie en gebruikte primaire energie.

De energie die gebruikt wordt door een warmtepomp, gas of elektriciteit, heeft een omzettingsrendement. Zo wordt het rendement van elektriciteitsopwekking bepaald door het rendement van de elektriciteitscentrale en het transport inclusief netverliezen naar de gebruiker. In Nederland ligt dat op 39%. Voor de elektrische warmtepomp wordt dan $\text{PER} = \text{COP} \times 0,39$. Gebouwegebonden energieopwekking kent een rendement van 50%. Voor elektrische warmtepomp wordt dan $\text{PER} = \text{COP} \times 0,50$.

11.7.4 Energieneutraal

Bij gebruik van duurzaam opgewekte elektriciteit zijn warmtepompen samen met op biogas aangedreven verwarmingsinstallaties de enige mogelijkheden om energieneutraal te verwarmen.

11.8 Conclusies

De ontwerplocatie wordt gekenmerkt door ruimte, licht, groen en water. New York kent een extremer klimaat dan Nederland met warmere zomers en koudere winters. Dit vereist een goede thermische schil van het gebouw.

New York ligt op 40 graden noorderbreedte. Dit geeft de locatie een relatief hoge zonnestraling. Daarbij kent New York relatief veel uren met zonlicht. Het ontwerp is gelegen in de zone van de locatie met de minste schaduwval. Samen met de redelijk goed georiënteerd zuidwestelijke helling van 16 graden biedt dit een grote potentie voor de toepassing van PV. Deze potentie kan worden verhoogd met ongeveer 5% door de oriëntatie van de helling meer richting het exacte zuiden te oriënteren en de hoek 20 graden te maken. Hierbij dient het concept van het scherm intact te blijven.

Ook de verticale straling van de zuidelijke oriëntaties biedt veel potentie voor de toepassing van actieve zonne-energie technieken. Het ontwerp heeft een langgerekte gevel langs de waterkant met een zuidoostelijke oriëntatie. Hiermee kan de ochtendzou worden opgevangen. Ook de gevel naar de stadszijde heeft een zuid / zuidwest oriëntatie die de middagzou kan opvangen.

Het toepassen van actieve zonne-energie technieken op de dakzone (de helling) verdient de prioriteit boven het toepassen van actieve zonne-energie technieken aan de gevel.

New York kent hogere windsnelheden dan in Nederland. De zomerse wind komt overheersend uit het zuiden, vanaf de vrije East River. Deze wind biedt enige potentie voor de toepassing van windenergie technieken en natuurlijk ventileren. De winterwind komt overheersend uit noordelijke richting. Deze koude winterwind zal grotendeels worden geblokkeerd door de hoogbouw van Midtown East (Manhattan) en biedt daarom minder potentie voor windenergie. Ook natuurlijk ventileren met winterwind zal een negatief effect hebben op de verwarmingsvraag.

De ondergrond van de ontwerplocatie is slecht geschikt voor warmte en koude opslag in de grond, omdat New York geen waterdragende lagen kent. Wel zijn er voorbeelden in New York van gesloten boorputten waarin water tot een diepte van 340 meter wordt rondgepompt ter verwarming en koeling van het gebouw.

De East River biedt veel potentie voor elektriciteitsopwekking, dankzij de continue getijde. Daarnaast kan de rivier worden ingezet als warmtebron voor het koelen en verwarmen van het gebouw.

De potentie van de verschillende warmtebronnen wordt mede bepaald door het type warmtepomp dat nodig is voor het behalen van de capaciteit voor verwarmen en koelen van het gebouw. Aan de hand van de COP kunnen de verschillende warmtebronnen met elkaar worden vergeleken.

12 ENERGIE UIT HERNIEUWBARE BRONNEN

In dit hoofdstuk zullen de energie potenties van de verschillende energiebronnen berekend worden. Met de specifieke energieopbrengst, die de potentie in MJ per vierkante meter geeft, kunnen de verschillende energiebronnen goed worden vergeleken. Dit hoofdstuk zal eindigen in een tabel waarin de verschillende energie potenties worden vergeleken.

12.1 Zon

12.1.1 Elektriciteit uit de zon

Jaarlijkse opbrengst PV panelen

De globale jaarlijkse zoninstraling per vierkante meter horizontaal vlak ligt in New York rond de 1163 kWh/m². Dit komt overeen met een vermogen van $1163 \cdot 10^{-3} / 8760 \text{ h} = 136 \text{ W/m}^2$. Per hectare is dit 1357 kW.

Behalve het omzettingrendement van een (kristallijne) PV cel (15 a 18 %) zijn er verschillende factoren die het totale potentieel verminderen:

- redelijk optimale oriëntatie 95%
- daadwerkelijk oppervlak van PV panelen in panelen: 90%
- mismatchfactor (verliezen door hoge temperatuur en beschaduwing): 90%
- factor voor verliezen in kabels en bij de inverter: 85%

Een PV-dak haalt uit het vermogen van 1357 kW/ha: $(0,18 \times 0,95 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,85 \times 1375 = 161 \text{ kW/ha}$, of 16,1 W/m². In energietermen komt dit neer op 141 kWh/m² (16,1 x 8,76) per jaar of 508 MJ/m² per jaar. Als zonnestroom wordt opgeslagen (bijvoorbeeld in batterijen) blijft daar nog 40-70% van over.

Samenvattend het realistisch potentiële vermogen per hectare: ⁷³

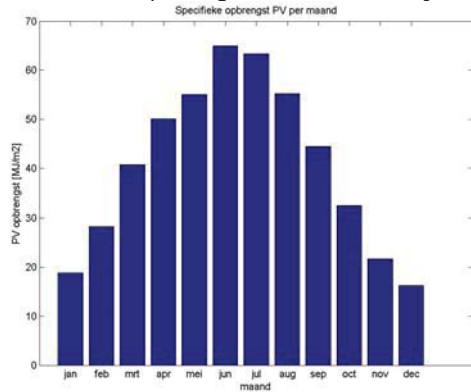
- 141 kWh/m² indien direct gebruikt
- 56,4 – 98,7 kWh/m² inclusief opslag

Maandelijks opbrengst PV panelen

De energieopbrengst is afhankelijk van de zoninstraling en de oriëntatie. Voor zuidelijke oriëntatie is de maandelijks opbrengst uit PV panelen met een rendement van 18% weergegeven in de onderstaande grafiek. De opbrengst van PV panelen met een zuidwestelijke oriëntatie zal 5% lager zijn. Deze factor van 0,95 zit al in de bovenstaande berekening verwerkt onder de noemer 'redelijk optimale oriëntatie'.

Duidelijk zichtbaar in de grafiek is het seizoensgebonden opbrengstpatroon. Dit patroon is tegenovergesteld aan het energievraagpatroon van gebouwen. Hier zal opslag nodig zijn of kan er elektriciteit teruggeleverd worden aan het elektriciteitsnet.

Grafiek 16: opbrengst PV voor zuidelijke richting



12.1.2 Warmte uit de zon

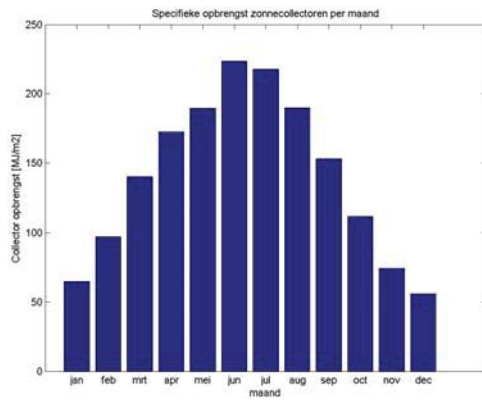
Jaarlijkse opbrengst zonnecollectoren

Het potentieel aan zonnewarmte is thermodynamisch gezien ongeveer 60%. Praktijkrendementen van zonnecollectoren liggen echter tussen 30% en 44%. Voor collectoren met een rendement van 40% komt dit voor New York neer op een warmteopbrengst van $0,40 \times 0,9 \times 0,9 \times 1375 = 445,5$ kW/ha of 44,6 W/m². In energietermen komt dit neer op $(44,6 \times 8,76 =)$ 390 kWh of 1404 MJ/m². De efficiëntie van de toepassing hangt sterk af van de lokale omstandigheden (oriëntatie en belemmeringhoeken door bebouwing en groen). Daarnaast is het van belang of de zonnewarmte kan worden opgeslagen voor een optimaal gebruik van de opwekking.

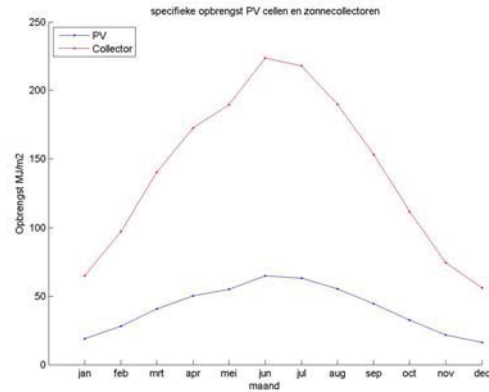
Maandelijks opbrengst zonnecollectoren

Het opbrengst patroon is afhankelijk van de zonnestraling in New York. Als voor de zonnestraling een maandelijks gemiddelde waarde wordt genomen heeft het energieopbrengst patroon voor de zuidelijke oriëntatie een verloop zoals weergegeven in de onderstaande grafiek. De onderstaande grafiek geeft de opbrengst van PV en collectoren weer. Hieruit blijkt dat zonnecollectoren een hoger rendement hebben. Daarnaast is duidelijk zichtbaar dat de actieve zonne-energie technieken een seizoensgebonden opbrengst hebben. Hierdoor is warmteopslag vereist voor het optimaal benutten van energie uit zonnecollectoren. Gezien New York geen warmte kan opslaan in de grond zal het toepassen van zonnecollectoren ondanks het hoge rendement van collectoren niet geschikt zijn voor het energieconcept.

Grafiek 17: Opbrengst collectoren voor zuidelijke richting



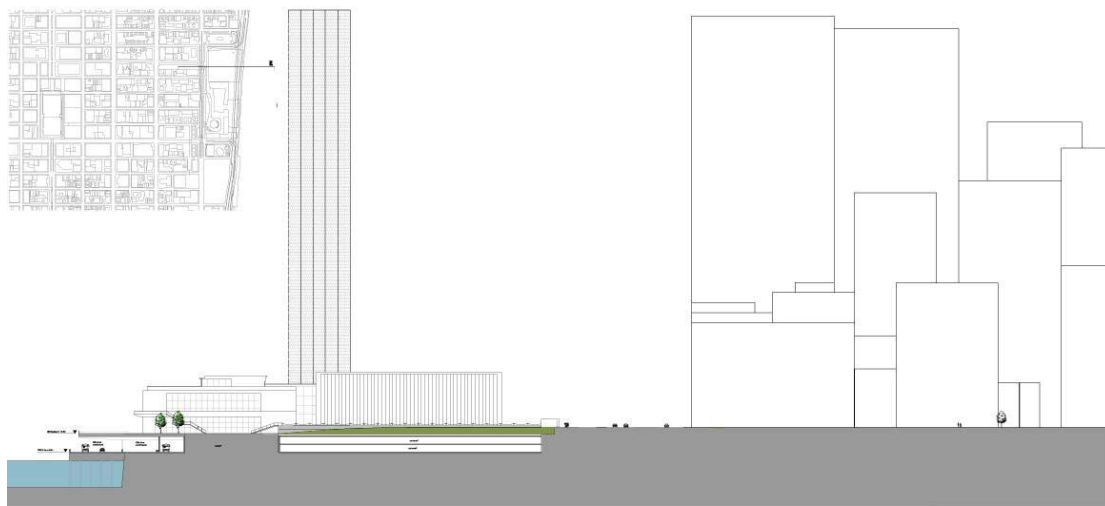
Grafiek 18: Vergelijking opbrengst PV vs. Oriëntatie collectoren



12.2 Wind

12.2.1 Gebouwgebonden windturbines

De potentie van windturbines wordt voornamelijk bepaald door de stedenbouwkundige omgeving en de hoogte. Voor de plaatsing van windturbines is het van belang dat omringende bebouwing lager is dan de plaatsing van de turbine en dat de turbine zich op een hoogte bevindt van tenminste 6 verdiepingen hoog. Gezien het United Nations gebouw half verzakt in de grond is ontworpen zal het niet erg hoog zijn, terwijl het wel wordt omringd door hoogbouw. Hierdoor zullen de windturbines weinig potentie hebben voor toepassing op het UNEC gebouw. Wel kan er gekeken worden naar de plaatsing op de hoogbouw van het huidige UN.



Figuur 57: dwarsdoorsnede over ontwerplocatie

12.2.2 Opbrengst gebouwgebonden windturbines

De maximale hoeveelheid elektrische energie die in de bebouwde omgeving, op 30m hoogte op te wekken is d.m.v. Een Turby kan, goed gepositioneerd, jaarlijks 2000 kWh opwekken. Dit komt overeen met 7200 MJ per jaar per turbine. 1 turby heeft ongeveer 10 vierkante meter nodig, waarmee de specifieke energieopbrengst per jaar 720 MJ/m² bedraagt.

12.3 Water

12.3.1 Regenwater opvangen

Wanneer regenwater zou worden opgevangen voor een grijswatersysteem zou er 1,045 m³ regenwater kunnen worden gevangen per vierkante meter per jaar.

12.3.2 Elektriciteit uit water

Het RITE project

Het RITE Project staat voor Verdant Power's Roosevelt Island Tidal Energy, oftewel Groene kracht Roosevelt Eiland Getijden Energie. Dit project bevindt zich in de East River van New York, dicht bij de United Nations. Het RITE Project voorziet in een getijde- vrije stroom systeem die bestaat uit

Turbines met een diameter van 5 meter die elektriciteit genereren op zowel de eb en vloed getijden van de East River. De RITE installatie van zes turbines werd voltooid in mei 2007. Het systeem staat bekend als 's werelds eerste serie van op het net aangesloten getijde turbines. Tot op heden heeft het systeem ongeveer 50MWh elektriciteit geleverd aan nabijgelegen New York City bedrijven.

De turbines zetten de kinetische energie van de getijden en de stroom van de rivier om in elektriciteit. Het systeem heeft geen dam of andere grote civiele werken nodig en verandert niet de natuurlijke waterstroming. Het systeem is stil en onzichtbaar, het is modulair en schaalbaar en biedt potentie voor toepassing overal ter wereld.



Figuur 58: locatie RITE project



Figuur 59: East River

Voordelen van waterkracht stroom: ⁷⁴

- De turbines zijn uit het zicht en geluidloos.
- Deze vorm van duurzame energie is voorspelbaar

- Waterkracht is een constante bron van energie uit hernieuwbare bronnen. Dit geeft een voordeel boven wind en zonne-energie.
- Het systeem is simpel en het project kan worden uitgebreid (schaalbaar)
- Deze vorm van duurzame energie is plaatsbaar in populaire centra
- Het systeem kan gecombineerd worden met waterzuivering installatie/technologie

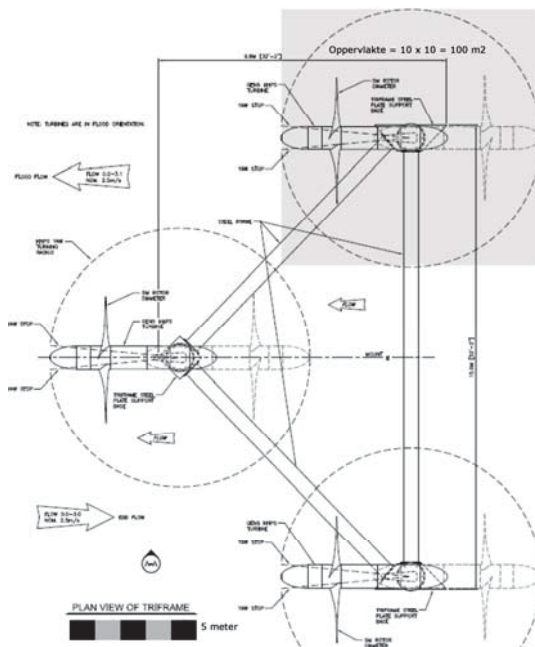
Opbrengst waterturbines

De turbines hebben een capaciteit van 35 kW. Gemiddeld geven de turbines een vermogen van 7,41 kW. Dit geeft een energieopbrengst van $(7,41W \times 8760 \text{ uren}) = 6491 \text{ kWh}$ per jaar = 65 MWh per jaar, of 234.000 MJ/jaar. Dit getal is gebaseerd op de gemeten werkelijke energieopbrengst van een werkende turbine tijdens september en oktober 2008. Het is belangrijk om op te merken dat opbrengsten van andere turbines kunnen variëren, omdat de watersnelheid varieert per locatie.⁷⁵

Turbine

De turbines zijn bevestigd aan een stalen triframe, die drie turbines kan ondersteunen. De rotor bestaat 3 bladen met een diameter van 5 meter. Het horizontale turbinelichaam heeft een diameter van 0.75 meter en een totale axiale lengte van 6 meter. De bladen van de turbine roteren relatief langzaam met een constante snelheid van 35 rotaties per uur (rpm) met puntsnelheden (tip speeds) van ongeveer 7,6 m/s.

De turbine kan rondom haar as van richting veranderen, waardoor zowel tijdens de eb als de vloed getijde energieopwekking kan plaatsvinden.



Figuur 60: opstelling van 3 turbines

Specifieke energie potentie

De individuele turbines hebben een oppervlak van 100m² (10x10m) nodig om optimaal te functioneren. Met dit gegeven kan een specifieke energieopbrengst worden berekend van 2340 MJ/m² per jaar.

12.3.3 Warmte uit oppervlaktewater en grondwater/bodem

Rivierwater als warmtebron voor warmtepomp

Met de riviertemperaturen kan per maand een COP worden berekend. Wanneer de COP per maand wordt vermenigvuldigd met het aandeel van de warmtevraag kan hieruit een gewogen gemiddelde COP worden berekend. Deze waarde is goed te vergelijken met die van andere warmtebronnen.

Tabel 28: COP warmtepomp met rivierwater van de East River als warmtebron

maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	Tot /gem
T rivier (Celsius)	0.0	0.0	5.0	8.3	13.9	18.6	22.0	23.1	21.1	18.8	11.7	6.1	12.4
T rivier(K)	0.0	0.0	278.0	281.3	286.9	291.6	295.0	296.1	294.1	291.8	284.7	279.1	239.9
Tv = tb+10	-10.0	-10.0	268.0	271.3	276.9	281.6	285.0	286.1	284.1	281.8	274.7	269.1	229.9
Tc = Ta - 10	10.0	10.0	318.0	318.0	318.0	318.0	318.0	318.0	318.0	318.0	318.0	318.0	266.7
T aanvoer	0.0	0.0	308.0	308.0	308.0	308.0	308.0	308.0	308.0	308.0	308.0	308.0	256.7
COP_wp_diep	0.3	0.3	3.2	3.4	3.9	4.4	4.8	5.0	4.7	4.4	3.7	3.3	3.4
Warmtebehoefte (MJ)	6395 93	583743	359881 1	138624	58556	0.0	0.0	0.0	13146	128729	219563	288968	5669733
Aandeel warmtebehoefte	0.1	0.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0
gewogen COP	0.0	0.0	2.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	2.6

$$* COP_{wp} = \text{rendement}_{wp} * T_c / (T_c - T_v)$$

Tabel 29: COP koelmachine (warmtepomp) met rivierwater als koudebron

maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	tot /gem
Trivier (Celsius)	2.0	3.0	5.0	8.3	13.9	18.6	22.0	23.1	21.1	18.8	11.7	6.1	12.8
Trivier(K)	275.0	276.0	278.0	281.3	286.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	284.7	279.1	163.4
Tv = tb+10	285.0	286.0	288.0	291.3	296.9	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	294.7	289.1	173.4
Tc = Ta - 10	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0
Taanvoer	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0
COP_km_diep	23.3	19.9	15.5	11.3	7.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.9	13.8	8.4
koelbehoefte (MJ)	0.0	0.0	0.0	0.0	1663	11492	10353	13451	6833	0.0	0.0	0.0	43792
aandeel koelbehoefte	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	1.0
gewogen COP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3

$$* COP_{km} = \text{rendement}_{wp} * (T_c / (T_c - T_v) - 1)$$

De gewogen gemiddelde COP_{wp} = 2,6 en de gemiddelde COP_{km} = 0,3. Januari en februari kennen een COP_{wp} van nul, omdat de watertemperatuur dan te koud voor toepassing als warmtebron aan de warmtepomp. Dit zou als resultaat hebben dat de watertemperatuur na het passeren van de verdampers onder nul zakt en dus bevroert. De zomermaanden kennen een warmtevraag van nul. Hierdoor is het gewogen gemiddelde lager dan de berekende COP per maand.

De zomermaanden kennen een COP_{km} van nul, omdat de riviertemperatuur dan hoger is dan de gewenste koeltemperatuur van 16 graden Celsius. Er kan dan niet met het rivierwater gekoeld worden.

12.4 Biomassa

12.4.1 Elektriciteit uit zwart water

1 persoon kan jaarlijks 432 MJ aan energie leveren uit fecaliën wanneer het zwart water wordt vergist tot biogas in een bioWKK. Er werken in het UNEC 220 vaste medewerkers in de kantoren en 105 flexwerkers waarvan er dagelijks 80% aanwezig is. Daarnaast werken er ook mensen als schoonmaker, restaurantmedewerker, bibliotheekmedewerker, gidsen, vertaler en bewaking. Dit zal in totaal neerkomen op zo'n 100 mensen per dag. Dit geeft een constante aanwezigheid van 400 mensen in het gebouw.

Daarnaast bieden de bijeenkomstfuncties ruimte aan 2250 mensen. Wanneer deze ruimtes allemaal 1 keer per maand de hele dag gebruik worden geeft dit dagelijks 74 extra mensen. Ten slotte wordt het gebouw ook bezocht door geïnteresseerden en externen. Dit zal neerkomen op een constante aanwezigheid van 20 mensen per dag.

In totaal zullen er dus zo'n 500 mensen dagelijks in het gebouw aanwezig zijn. Dit geeft een energieproductie van $500 * 432 \text{ MJ} = 216.000 \text{ MJ}$.

Dit geeft een specifieke opbrengst van $216.000 \text{ MJ}/22.000\text{m}^2 = 9,8 \text{ MJ/m}^2$.

12.5 Ondergrond

12.5.1 Grondwarmte als warmtebron voor warmtepomp

De ondiepe ondergrond temperatuur kan gebruikt worden als warmtebron voor de warmtepomp. De potentie hiervan wordt bepaald door de COP.

Tabel 30: COP warmtepomp met ondiepe grondtemperatuur als warmtebron

Maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	Dec	tot/gem
Tondiep (Celsius)	0	0	0	5	10	15	19	21	20	17	12	8	11
Tondiep(K)	273	273	273	278	283	288	292	294	293	290	285	281	284
Tv = tb+10	263	263	263	268	273	278	282	284	283	280	275	271	274
Tc = Ta - 10	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
Taanvoer	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308
COP_km_diep	2.89	2.89	2.89	3.18	3.53	3.98	4.42	4.68	4.54	4.18	3.70	3.38	3.69
Warmtebehoefte (MJ)	639593	583743	3598811	138624	58556	0	0	0	13146	128729	219563	288968	5669733
Aandeel warmtebehoefte	0.11	0.10	0.63	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.05	1.00
gewogen COP	0.33	0.30	1.83	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.10	0.14	0.17	2.99

* $\text{COP}_{\text{wp}} = \text{rendement}_{\text{wp}} * \text{Tc}/(\text{Tc}-\text{Tv})$

Tabel 31: COP koelmachine (warmtepomp) met ondiepe grondtemperatuur als koudebron

maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	tot/gem
Tondiep (Celsius)	2.3	3.0	3.0	5.0	10.0	15.0	19.0	21.0	20.0	17.0	12.0	8.0	11.3
Tondiep(K)	275.3	276.0	276.0	278.0	283.0	288.0	0.0	0.0	0.0	0.0	285.0	281.0	186.9
Tv = tb+10	285.3	286.0	286.0	288.0	293.0	298.0	10.0	10.0	10.0	10.0	295.0	291.0	196.9
Tc = Ta - 10	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0	279.0
Taanvoer	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0	289.0
COP_km_diep	22.14	19.93	19.93	15.50	9.96	7.34	0.00	0.00	0.00	0.00	8.72	11.63	9.6
koelbehoefte (MJ)	0	0	0	0	1663	11492	10353	13451	6833	0	0	0	43792
aandeel koelbehoefte	0	0	0	0	0.04	0.26	0.24	0.31	0.16	0	0	0	1.0
gewogen COP	0	0	0	0	0.38	1.93	0	0	0	0	0	0	2.31

* COP_{km} = rendement_{wp} * (Tc/(Tc-Tv) - 1)

De gemiddelde gewogen COP_{wp} = 2,99 en de gemiddelde gewogen COP_{km} = 2.31. Januari, februari en maart kennen een COP_{wp} van nul, omdat de ondergrondtemperatuur dan te koud is voor toepassing als warmtebron aan de warmtepomp. De maanden juli t/m sept kennen een COP_{km} van nul, omdat de ondiepe ondergrondtemperatuur dan hoger is dan de gewenste koeltemperatuur van 16 graden.

12.5.2 Diepe ondergrond als warmtebron voor warmtepomp

Omdat de diepe ondergrond een constante temperatuur kent van 11 graden Celsius geeft dit een constante COP per maand voor verwarmen en koelen.

Tabel 32: COP warmtepomp met diepe grondtemperatuur als warmtebron

Maand	Jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	Dec	Tot / gem
Tdiep (Celsius)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Tdiep (K)	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
Tv = Tb - 10	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274	274
Tc = Ta + 10	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318	318
Verwarmtemp (Ta _{verw})	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308	308
COP _{verw}	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61	3.61
warmtebehoefte (MJ)	639593	583743	3598811	138624	58556	0	0	0	13146	128729	219563	288968	5669733
Aandeel warmtebehoefte	0.11	0.10	0.63	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.002	0.02	0.04	0.05	1.00
gewogen COP	0.41	0.37	2.29	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	0.08	0.14	0.18	3.61

Tabel 33: COP koelmachine met diepe grondtemperatuur als warmtebron

Maand	jan	feb	mrt	apr	mei	jun	jul	aug	sept	okt	nov	dec	tot/gem
Tdiep (Celsius)	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Tdiep (K)	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284	284
Tv = tb+10	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
Tc = Ta - 10	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269	269
Taanvoer	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279	279
COP _{km} diep	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38	5.38
Koelbehoefte (MJ)	0	0	0	0	1663	11492	10353	13451	6833	0	0	0	43792
Aandeel koelbehoefte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.26	0.24	0.31	0.16	0.00	0.00	0.00	1.00
gewogen COP	0	0	0	0	0.204305	1.411832	1.271902	1.652502	0.839458	0	0	0	5.38

* COP_{km} = rendement_{wp} * (Tc/(Tc-Tv) - 1)

De warmtepomp heeft een constante COP_wp van 6.42 en een constante COP_km van 5.38 met de diepe ondergrond als warmtebron voor verwarmen.

12.6 Vergelijking warmtebronnen voor warmtepomp

De COP_wp van de warmtepomp met diepe ondergrond als warmtebron is gelijk aan 3.61. Deze waarde is zowel hoger als de gewogen gemiddelde COP_wp van de warmtepomp met de rivier als warmtebron van 2,6 als de gewogen gemiddelde COP_wp van warmtepomp met de ondiepe ondergrond als warmtebron van 2,99. Hieruit blijkt dat de diepe ondergrond het meest geschikt is als warmtebron voor de warmtepomp voor het verwarmingssysteem.

Daarnaast is de COP_km van de warmtepomp met de diepe ondergrond als warmtebron ook het gunstigste met een waarde van 5.38. Hieruit blijkt dat de diepe ondergrond de grootste potentie heeft als warmte en koude bron voor de warmtepomp.

Belangrijk om te beseffen is dat de berekende waardes van de COP afhankelijk zijn van het type warmtepomp. Wanneer het systeem een warmtepomp vereist met een grotere capaciteit zal de COP waarschijnlijk dalen. Toch geeft de berekende COP wel een geschikte waarde voor het vergelijken van de potentie van de verschillende warmtebronnen. (Zie hoofdstuk energie potentiescan)

12.6.1 Energieverbruik van de warmtepomp

De COP van de warmtepomp staat gelijk aan $COP = Q/Pel$.⁷⁶ Gezien de COP bekend is en de warmtevraag Q, kan de gevraagde Pel bepaald worden.

Warmtevraag (Q)	= 5669733 MJ
COP_wp	= 3.61
Pel_wp	= 1570563

Koelvraag	= 43792 MJ
COP_km	= 5.38
Pel_wp	= 8139 MJ

De berekende Pel voor verwarmen en koelen kan worden ingevuld met energie uit hernieuwbare bronnen. De energievraag voor verwarmen wordt door het toepassen van een warmtepomp met de diepe ondergrond als warmtebron verminderd met 4099170 MJ, oftewel 72%. De energievraag voor verwarmen wordt door het toepassen van een warmtepomp met de diepe ondergrond als warmtebron verminderd met 35652 MJ, oftewel 81%. Het blijft echter nog de vraag of de warmtebron genoeg capaciteit kan bieden voor het hele gebouw en of de potentie van de warmtebron niet vermindert met de tijd.

12.6.2 Geothermie als warmte en koudebron in Manhattan

Geothermisch verwarmen en koelen wordt geassocieerd met geologisch actieve locaties op aarde. Daarom is het verrassend te ontdekken dat deze duurzame aanpak zich ook aan het wortelen is in het geologisch stabiele New York. In het gesteente van Manhattan is de geothermische activiteit aanwezig op ongeveer 335 tot 425 meter diepte, waar de temperatuur zich constant houdt op ongeveer 11 graden Celsius. Sinds 2000 zijn er meer dan 100 vergunningen voor geothermische putten afgegeven door de stad en inmiddels zijn 35 putten in gebruik in Manhattan.⁷⁷ Enkele voorbeelden zijn The Modern in Manhattan's Meatpacking District, Het centrum voor architectuur dicht bij Washington Square Park en Cook + Fox Front Street retail en woningen in zuid Manhattan. Bij alle voorbeelden wordt het zogenoemde 'standing column well' principe toegepast. Hierbij worden 1 of meer putten geboord in de buurt van het gebouw, met een diameter van rond de 150 tot 250 mm,

een gesloten systeem vormen waarin water wordt rondgepompt. In de winter brengt de warmtepomp het relatief warme water tot een geschikte verwarmingstemperatuur van 35 graden Celsius en verspreidt het in het gebouw. Het gebouw neemt dan een aangename temperatuur van 22 graden Celsius aan. In de zomer werkt de warmtepomp omgekeerd en brengt het relatief koude water of lucht in het gebouw. Dit verwarmingssysteem reduceert voornamelijk de koelingenergie en minder de verwarmingsenergie.⁷⁸

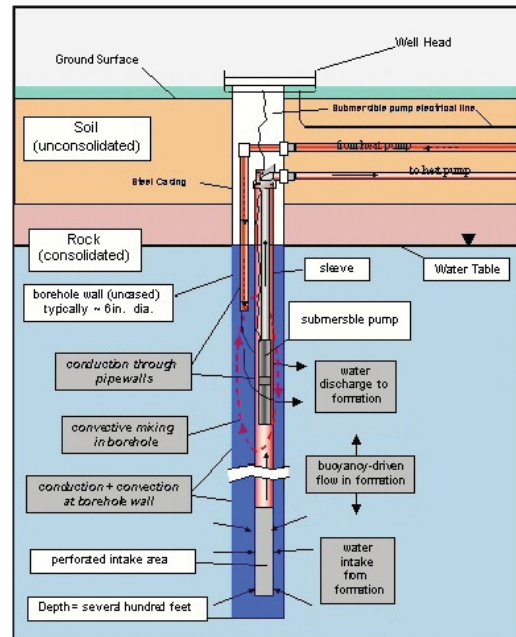
Volgens de Geothermische Heat pump Consortium (GHPC) verlaagt het gebruik van geothermische verwarming en koeling systemen de energierekening met 70 procent ten opzichte van traditionele HVAC systemen. Volgens John Kelly, directeur van GHPC, kost een gemiddelde geothermisch systeem ongeveer twee keer zoveel als een conventioneel verwarming- en koelingsysteem. Maar in dichte stedelijke gebieden als New York zijn deze systemen aanzienlijk duurder. De boorkosten is door de harde ondergrond twee keer zo hoog. De overige kosten zijn ongeveer gelijk. Geothermische systemen hebben echter lagere life cycle kosten dan andere systemen.⁷⁹

12.7 Vergelijking energiebronnen

Interessant is om de verschillende specifieke energie potenties met elkaar te vergelijken. Op basis hiervan kan bepaald worden welke energiebron de meeste potentie heeft.

12.7.1 Elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare bronnen

Voor de opwekking van elektriciteit kan gebruik worden gemaakt van de zon, wind, water en biomassa



Figuur 61 : standing column well,

Tabel 34: Vergelijkingstabel elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare bronnen

Energiebron	Energieopbrengst per jaar
Zon	408 MJ/m ²
Wind	720 MJ/m ²
Water	2340 MJ/m ²
Biomassa	8.9 MJ/m ²

De energiebronnen met de grootste potentie voor elektriciteitsopwekking zijn waterenergie en zonne-energie. Deze twee bronnen passen goed bij het architectonische concept

12.7.2 Warmteopwekking uit hernieuwbare bronnen

Tabel 35: vergelijkingstabel warmteopwekking uit hernieuwbare bronnen

Energiebron	Energieopbrengst per jaar
Zon	1404 MJ/m ²
Water (rivier)	154 MJ/m ²
Ondiepe ondergrond	173 MJ/m ²
Diepe ondergrond	1863 MJ/m ²

De energiebron met de grootste potentie voor warmteopwekking is de diepe ondergrond.

12.8 Conclusies

Uit de specifieke energieopbrengsten wordt duidelijk dat voor het opwekken van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen waterenergie de grootste potentie heeft. Ook windenergie heeft een grote specifieke opbrengst van 720 MJ/m². In tegenstelling tot de constante getijde die water energie aandrijft, is de aanwezige wind op de locatie minder goed te voorspellen. In de wintermaanden, wanneer de wind uit noordelijke richting komt, kan deze geblokkeerd worden door de hoogbouw waarmee de ontwerplocatie wordt omgeven. Daarom mag er kritisch gekeken worden naar de waarde in de tabel. Daarnaast sluit windenergie niet goed aan bij de architectuur van het gebouw, doordat het beeld dat door windmolens wordt gecreëerd niet goed kan samensmelten met het gewenste architectonische beeld. Het uitbreiden van het aantal windmolens komt de architectuur niet ten goede.

Het integreren van zonne-energie op het dak komt echter meer tot zijn recht in de architectuur. Vooral doordat de juiste oriëntatie en hoek van de helling en de opbrengst uit zonne-energie elkaar versterken. Het architectonische concept en energieconcept kunnen hier goed samenwerken. Daardoor past deze energiebron beter bij het architectonisch concept.

Duidelijk mag zijn dat hier een voorkeur voor zonne-energie is, vanwege architectonische redenen. Energetisch gezien heeft windenergie meer potentie wanneer wordt aangenomen dat de voorspelde waardes kloppen. Anderzijds is de voorspelde opbrengst uit PV betrouwbaarder dan die van windenergie. Hier wordt duidelijk dat het totaalconcept altijd een compromis is tussen wat energetisch gezien het beste is en wat architectonisch gezien de beste oplossing geeft.

Uit de specifieke opbrengsten wordt ook duidelijk dat voor het opwekken van warmte uit hernieuwbare bronnen de diepe ondergrond de meeste potentie heeft. Hierbij moet worden gerealiseerd dat de COP berekening is gedaan voor een type warmtepomp waarvan kan worden betwijfeld of deze de gewenste capaciteit kan behalen. Daarnaast is onduidelijk of de boorput voldoende capaciteit kan bieden, oftewel dat de temperatuur in de put constant zal blijven op 11 graden Celsius.

Ondanks het feit dat zonnecollectoren een hoge opbrengst hebben, heeft het toepassen van zonnecollectoren weinig potentie voor het ontwerp. Dit komt doordat zonnecollectoren een warmteopslag vereisen, die niet kan worden gerealiseerd in de ondergrond van de ontwerplocatie.

Het toepassen van een 'kunstmatige' opslag met paraffine is wellicht wel mogelijk, zodat het vermogen van de diepe ondergrond kan worden aangevuld met zonnewarmte.

Waarop zijn gegevens gebaseerd?

Bronnen:

1. US Department of energy: EnergyPlus simulation Software
1042 locaties in VS met weerstations.
Locatie weerstation: Central Park
2. World weather and climate information, Global website
 - air temperature
 - precipitation

Programma:

Climate consult 5.0

Hieruit kunnen grafieken gehaald worden m.b.v. de data verzameld in het weerstation

Bestanden:

Bestanden met data per uur van verschillende weerstations over de wereld zijn beschikbaar via de USDOE EnergyPlus Klimaat data website: www.energy-design-tools.aud.ecl.u.edu.

Download your desired locations in .EPW file format.

website:

Climate Data for HEED and Climate Consultant is available for over one thousand locations around the world on the [EnergyPlus](http://www.energy-design-tools.aud.ecl.u.edu) web site.

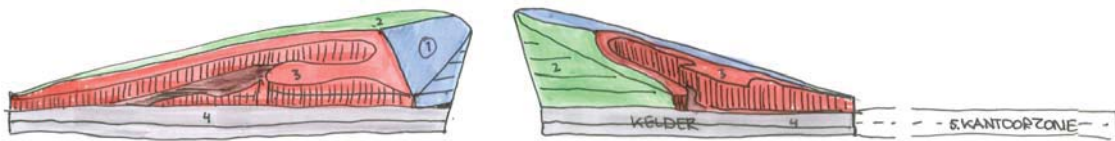
13 REFERENTIE VARIANT

Aan de hand van het architectonische concept is een referentievariant opgesteld die is gebaseerd op de vorm en oriëntatie van het ontwerp. Allereerst is het volume ingevoerd met bijbehorende vloeroppervlakte en geveleppervlakte en vervolgens zijn de inputvariabelen zoveel mogelijk standaard ingevuld, rekening houdend met de gebruiksfunctie van de sectoren. In de volgende paragrafen staat beschreven hoe de referentievariant is opgezet en welke waarden zijn gekozen voor de inputvariabelen. Het hoofdstuk zal eindigen met de energievraag en –patronen van de referentievariant.

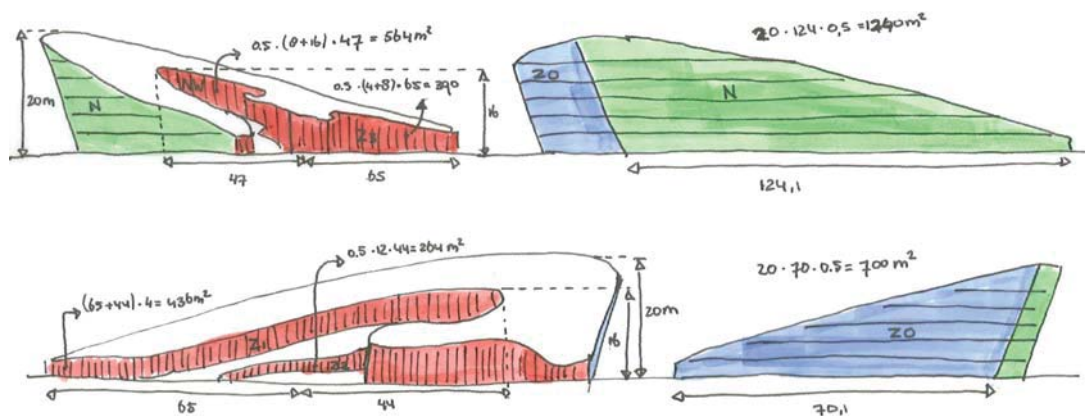
13.1 Indeling van gebouw in energiesectoren

Het gebouwvolume van het ontwerp is ingedeeld in energiesectoren, waarbij de indeling is gebaseerd op de aanwezige gebruiksfuncties en de overheersende geveleoriëntaties. Het gebouw is ingedeeld in 5 energiesectoren, waarbij sector 1 en 2 een kantoorfunctie hebben met een geveleoriëntatie zuidoost. De sectoren 3,4 en 5 zijn bijeenkomstfuncties met geveleoriëntaties respectievelijk noord, zuid en zuidoost. Sector 1 is de leeggekomen ruimte onder het UN plateau, de voormalige FDR drive, sector 2,3 en 4 vormen het zichtbare volume boven het maaiveld en sector 5 is de kelder (verdiept onder het maaiveld), maar heeft aan de waterzijde een geveleppervlak.

Figuur 62: Indeling gebouwvolume in energiesectoren



Figuur 63: geveleoriëntaties



Doordat de energievraag per sector apart wordt berekend kan de invloed van verschillende ingrepen inzichtelijk worden gemaakt per geveleoriëntatie.

13.2 Beschrijving referentievariant

De referentievariant voldoet aan de architectonische randvoorwaarden die zijn voortgekomen uit het architectonische concept. Daarnaast zijn er een aantal variabelen aangenomen die veranderbaar zijn, zonder dat het architectonische concept wordt aangetast. Voor de referentievariant zijn de variabelen aangenomen als 'standaard'. Met standaard wordt bedoeld dat er geen bijzondere ingrepen zijn gedaan die de energievraag verminderen. In de paragraaf invoer inputvariabelen wordt dit preciezer omschreven. De referentievariant is opgesteld als vergelijkingsmiddel waarmee de invloed van de afzonderlijke ingrepen (het veranderen van de variabelen) in de vorm van een energie reductie inzichtelijk kan worden gemaakt.

13.2.1 Invoer inputvariabelen

De inputvariabelen:

- Binnentemperatuur
De binnentemperatuur is gedurende het hele jaar ingesteld op 20 graden Celsius.
- Thermische huid
Het gebouw heeft een thermische huid die voldoet aan het bouwbesluit, met een Rc waarde van de niet transparante gevel van 2,5 en een U waarde voor HR++ glas van 1,2.
- Transparantie van de gevel
De transparantie van de gevel is aangenomen als 50%.
- Zonwering
Er is geen zonwering toegepast. De ZTA waarde van HR++ glas zonder buitenzonwering is dan 0.67 en de LTA = 0.6. Het gebouw heeft een overstek van 1meter per verdieping. Dit komt voort uit het overhellen van de gevel aan de waterzijde als gevolg van het architectonische concept.
- Thermische massa
Het gebouw heeft een gemiddelde massa tussen de 100 – 400 kg/m². Verder is er een gesloten plafondtype toegepast.
- Ventilatie
Er wordt mechanisch geventileerd met mechanische aanvoer.
- Warmteterugwinning
Er vind geen warmteterugwinning plaats.
- Verlichting
De verlichting is ingesteld met een geïnstalleerd vermogen van 16 kW/m² en een centrale regeling.

De overige inputvariabelen zijn functieafhankelijk en zullen dus niet veranderen met het optimaliseren van het ontwerp ter vermindering van de energievraag of komen voort uit de keuze van de hierboven beschreven variabelen.

13.3 Energievraag gebouw

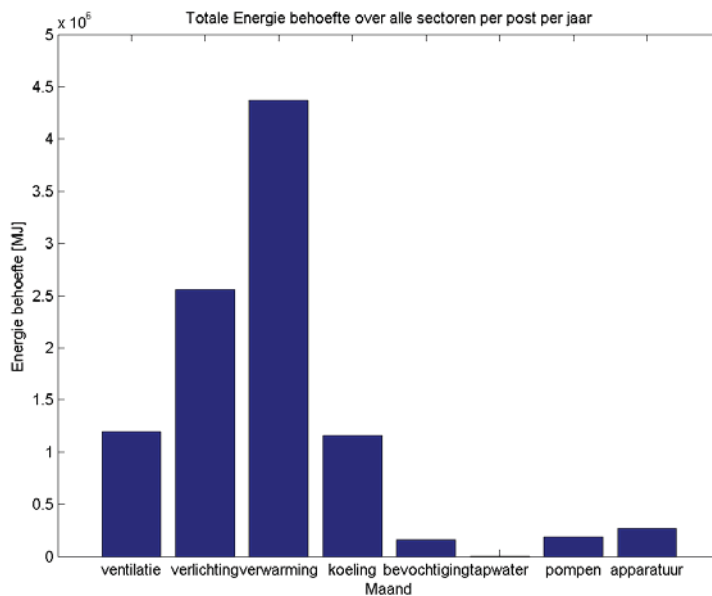
Tabel 36: Totale energievraag referentievariant per maand in MJ

	Vent.	Verl.	Verw.	Koel.	Bev.	Tapw.	Pomp.	App.	Totaal	
jan	99684	213138	992273	0	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	1356501	MJ
feb	99684	213138	922309	0	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	1286537	MJ
mrt	99684	213138	640424	0	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	1004652	MJ
apr	99684	213138	329888	0	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	694116	MJ
mei	99684	213138	54697.1	122064	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	540990	MJ
jun	99684	213138	0	219540	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	583768	MJ
jul	99684	213138	0	351165	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	715393	MJ
aug	99684	213138	0	289023	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	653251	MJ
sept	99684	213138	0	179554	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	543782	MJ
okt	99684	213138	167480	0	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	531708	MJ
nov	99684	213138	453277	0	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	817505	MJ
dec	99684	213138	808823	0	13286.9	232.515	15498.7	22388.3	1173051	MJ
totaal	1196208	2557656	4369171	1161346	159443	2790	185984	268660	9901258	MJ
spec.	50.8	108.6	185.5	49.3	6.8	0.1	7.9	11.4	420.5	MJ/ 2
aand	12	26	44	12	2	0	2	3	100	%

Tabel 37: totale energievraag referentiemodel per sector per jaar

	sector 1: ZO	sector 2:ZO	sector 3:N	sector 4:Z	sector 5: kelder ZO
variant 0	3007360	615610	1498810	2493350	2286130

Grafiek 19: Totale energiebehoefte per jaar per energiepost



In de bovenstaande grafiek is de totale energievraag per post weergegeven van het gebouw per jaar. Duidelijk is dat de verwarmingsvraag het hoogste is, gevolgd door de verlichtingspost en gedeelde derde plaats van ventilatie en koeling. Dit komt overeen met de verwachtingen die zijn geschept in hoofdstuk 5.

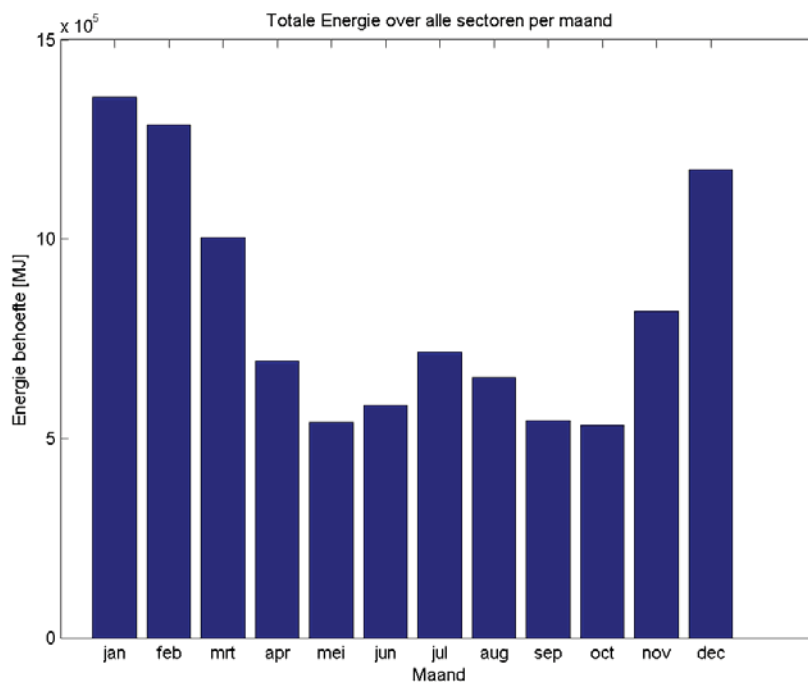
13.4 Specifieke energievraag

De specifieke energievraag geeft de energievraag per vierkante meter. Deze waarde is goed geschikt voor de vergelijking van verschillende gebouwen. Voor de referentievariant is de specifieke energievraag 420.5 MJ/m². Dit staat ongeveer gelijk aan een primaire energievraag van 1.078 MJ/m², waarbij de gehele energievraag elektrisch is. Er is dan gerekend met een rendement van elektriciteitsvoorziening van 39% (zijnde de getalswaarde die behoort bij het rendement van elektriciteitsopwekking voor het landelijke openbare opwekkingspark op bovenwaarde, rekening houden met netverliezen.⁸⁰) Zoals vermeld in hoofdstuk energievraag utiliteitsgebouwen is de gemiddelde specifieke energievraag van kantoren in Nederland ongeveer gelijk aan 1.238 MJ/m² en van Horeca gelijk aan 1.685 MJ/m². Dit is de primaire energievraag, waarvan de waarde dicht bij de berekende referentievariant ligt. Daarom wordt er aangenomen dat de berekening een vrij goede benadering geeft van de energievraag van het gebouw.

13.5 Energievraag patronen

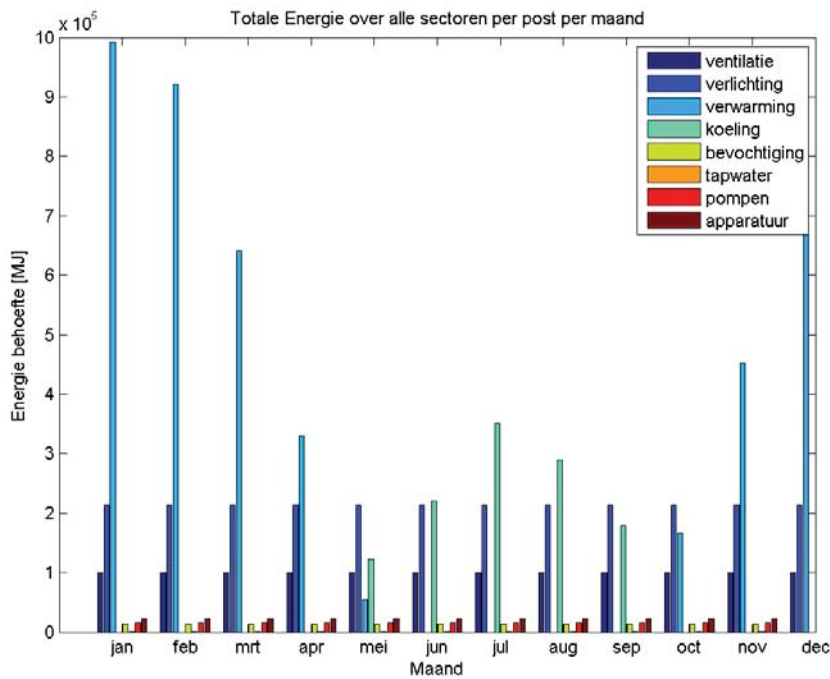
De onderstaande grafieken geven inzicht in het energievraag patroon gedurende de verschillende maanden van het jaar. Duidelijk is dat januari de hoogste energievraag kent. De lente en herfst maanden kennen de laagste energievraag. De zomermaanden kennen een kleine piek, die wordt veroorzaakt door een koelvraag. Dit is duidelijk zichtbaar in grafiek 6, waarin de energievraag van de verschillende energieposten is weergegeven.

Grafiek 20: Totale energie behoefte per maand



De onderstaande grafiek geeft de energievraag van de verschillende energieposten gedurende het jaar. Duidelijk zichtbaar is dat de warmtevraag en de koelvraag een duidelijk patroon hebben die wordt veroorzaakt door de weersomstandigheden van de seizoenen. De overige energieposten kennen een constante energievraag, waarvan verlichting het hoogste is.

Grafiek 21: Totale energie per post per maand



13.6 Discussie resultaten & optimalisatie

Gezien de energieposten verwarming en koeling seizoensgebonden zijn, kan er worden verwacht dat deze posten de meeste potentie hebben voor energievermindering door architectonische ingrepen. De energieposten ventilatie, bevochtiging, verlichting, tapwater, pompen en apparatuur zijn gebruikersgebonden en zullen daardoor minder potentie hebben voor energievermindering. Hiervan heeft post verlichting de meeste potentie voor energie reductie, omdat post een groot aandeel in de totale energievraag heeft.

13.7 Conclusies

De referentievariant is opgesteld ter vergelijkingsmiddel voor het inzichtelijk maken van de invloed van afzonderlijke energiereducerende ingrepen inzichtelijk. De referentievariant weerspiegelt de gebouwvorm die is voortgekomen uit het architectonisch concept. Voor de berekening is het ontwerp opgedeeld in 5 energiesectoren, die zijn gebaseerd op geveloriëntatie en gebruiksfunctie. De variabelen van de berekening zijn als 'standaard' ingevoerd. Dat wil zeggen dat er geen energiereducerende maatregelen zijn genomen. De resultaten van de energievraag komen overeen met de waarden van de gemiddelde energievraag voor kantoren zoals vermeld in het hoofdstuk energievraag utiliteitsgebouwen. Het energievraagpatroon maakt de seizoensgebonden invloed van het klimaat zichtbaar, met een piek in de winter en de zomer. Verder blijkt dat de warmte en koelvraag een seizoensgebonden vraag geven en de overige energieposten constant zijn gedurende het jaar. Doel van het te ontwikkelen energieconcept is om het sinusvormige vraagpatroon af te zwakken tot een meer constante energievraag. De energieposten verwarming, koeling en verlichting bieden de meeste potentie voor het verminderen van de energievraag.

14 ONTWERP AANPASSINGEN

In dit hoofdstuk worden een aantal thema's bestudeerd, waarmee de energievraag van het gebouw kan worden verminderd. De input variabelen behorende bij de verschillende thema's zullen in dit hoofdstuk onafhankelijk van elkaar worden bekeken, door één voor één de thema's te onderzoeken op energie reductie. De overige input variabelen worden gelijk genomen aan de referentievariant. De vermindering van de energievraag kan vervolgens met elkaar worden vergeleken aan de hand van de totale energievraag ten opzichte van de referentievariant. Daarnaast kan de energievraag van de verschillende energiesectoren bekeken worden om de invloed van de ingrepen te vergelijken voor de verschillende oriëntaties.

14.1 De binnentemperatuur

Voor het thema binnentemperatuur worden twee varianten bekeken. In de referentievariant is de binnentemperatuur standaard ingesteld op 20 graden Celsius. Voor de variant 'temp 1' is de binnentemperatuur voor de zomermaanden ingesteld op 22 graden Celsius en de wintermaanden op 19 graden Celsius. In de variant 'temp 2' is de binnentemperatuur ingesteld tussen 19 en 24 graden. In de onderstaande tabel is de energievraag gegeven voor de varianten. Zichtbaar is dat 'temp 1' en 'temp 2' de energievraag verlagen met respectievelijk 7,1 en 8,4 %. Een dergelijke verruiming van de binnentemperatuur is acceptabel voor het comfortniveau in het gebouw.

Tabel 38: *Energievraag voor thema binnentemperatuur*

	Totale vraag	sector 1: zo	sector 2: zo	sector 3: n	sector 4: z	sector 5: kelder
temp 1	9196510	2802670	561986	1383320	2337770	2110770
reductie (%)	7.1	6.8	8.7	7.7	6.2	7.7
temp 2	9072550	2767790	543420	1357020	2332820	2071490
reductie (%)	8.4	8.0	11.7	9.5	6.4	9.4

14.2 Thermische huid

De kwaliteit van de thermische huid wordt door een aantal aspecten bepaald. Voor het onderzoek van dit thema zijn de Rc waardes van de niet transparante delen van de gevel omhoog gebracht en is het glastype gewijzigd van HR++ naar drievoudig HR++ glas.

14.2.1 De niet transparante delen van de gevel

De niet transparante delen van de gevel hebben in de referentievariant een Rc waarde van 2.5. In de onderstaande tabel is onderzocht wat de energievraag wordt bij een Rc waarde van 4, 5, 6 en 7. Passiefhuizen hebben een Rc waarde van 7. Uit de waardes in de tabel blijkt dat hoe hoger de Rc waarde, hoe lager de energievraag. Ik acht een Rc waarde van 4 realistisch voor de architectuur.

Tabel 39: Energievraag voor thema thermische huid van de niet transparante delen van de gevel

	Totale vraag	sector 1: zo	sector 2: zo	sector 3: n	sector 4: z	sector 5: kelder
dicht RC 4	8871530.0	2600910.0	575856.0	1411880.0	2150400.0	2132480.0
reductie (%)	10.4	13.5	6.5	5.8	13.8	6.7
dicht RC 5	8516710.0	2459100.0	562993.0	1383290.0	2037060.0	2074270.0
reductie (%)	14.0	18.2	8.5	7.7	18.3	9.3
dicht RC 6	8279150.0	2363620.0	554634.0	1364550.0	1962640.0	2033710.0
reductie (%)	16.4	21.4	9.9	9.0	21.3	11.0
dicht RC 7	8067970.0	2271840.0	545595.0	1349310.0	1902020.0	1999210.0
Reductie (%)	18.5	24.5	11.4	10.0	23.7	12.6

14.2.2 De transparante delen van de gevel

De thermische kwaliteit van de transparante delen wordt bepaald door het glastype. In de onderstaande tabel is een U waarde ingevoerd behorende bij drievoudig HR glas. Naast de U waarde is ook de ZTA en de LTA waarde afhankelijk van het glastype. Deze waarden veranderen dus mee met het wijzigen van het glas. Ook het veranderen van deze waarden zal invloed hebben op de totale energievrage.

Tabel 40: Energievraag voor thema thermische huid van de transparante delen van de gevel

	Totale vraag	sector 1: zo	sector 2: zo	sector 3: n	sector 4: z	sector 5: kelder
raam U 0.7	9445790.0	2839260.0	570552.0	1411800.0	2367820.0	2256360.0
reductie =	4.6	5.6	7.3	5.8	5.0	1.3

14.3 De transparantie van de gevel

Er zijn drie varianten ingevoerd. Het gebouw heeft opeenvolgend een transparantie van 90%, 60% en 30%. De vermindering in energievrage is gegeven ten opzichte van de referentievariant met een transparantie van 50%. Uit de getallen blijkt dat de energievrage evenredig vermindert met de transparantie van de gevel.

Tabel 41: Energievraag voor thema transparantie van de gevel

	Totale vraag	sector 1: zo	sector 2: zo	sector 3: n	sector 4: z	sector 5: kelder
transp 90%	10497100.0	3226130.0	677840.0	1614760.0	2652830.0	2325580.0
Reductie (%)	-6.0	-7.3	-10.1	-7.7	-6.4	-1.7
Transp 60%	10049900.0	3062000.0	631034.0	1527650.0	2533200.0	2295980.0
reductie (%)	-1.5	-1.8	-2.5	-1.9	-1.6	-0.4
transp 30%	9604920.0	2898170.0	585116.0	1441500.0	2413700.0	2266440.0
reductie (%)	3.0	3.6	5.0	3.8	3.2	0.9

14.3.1 Zonwering

Voor het thema zonwering is gekozen voor buitenzonwering met automatische bediening. De zonwering heeft invloed op de ZTA waarde van het glas en geeft een reductiefactor voor regelbare zonwering aan de berekening van de zonnewarmtewinst.

Tabel 42: *Energievraag voor thema zonwering*

	Totale vraag	sector 1:zo	sector 2:zo	sector 3:n	sector 4:z	sector 5:kelder
zonwering	9.88E+06	3.00E+06	610458	1.49E+06	2.49E+06	2.28E+06
reductie	0.3	0.3	0.8	0.3	0.1	0.1

Uit de gegevens in de tabel wordt duidelijk dat zonwering maar een kleine invloed geeft op de totale energievraag. Door het toepassen van zonwering verlaagt de zonnewarmtewinst door transparante constructie onderdelen. Hierdoor is er een gelijktijdige verlaging van de koelvraag en verhoging van de warmtevraag. Verder blijkt er dat de hoge temperatuur in New York een grotere invloed heeft op koelvraag dan de zonnestraling. Deze invloed van de hoge buitentemperatuur kan niet worden verminderd door het toepassen van zonwering. Het toepassen van buitenzonwering geeft waarschijnlijk een groter voordeel tijdens extreme weersomstandigheden in de zomer. Deze berekening is echter gemaakt voor gemiddelde klimaatomstandigheden, waardoor de extremen worden weggemiddeld. Ondanks de geringe energiereductie acht ik de aanwezigheid van zonwering belangrijk voor het voorkomen van oververhitting in het gebouw. Zeker wanneer het transparantie van de gevel toeneemt, krijgt het toepassen van buitenzonwering een hogere prioriteit.

14.3.2 Thermische massa

Voor de beoordeling van de invloed van thermische massa is er een variant met een lage massa en een variant met een grote gebouwmassa. Hierbij is een open plafond toegepast.

Tabel 43: *Energievraag voor thema thermische massa*

	Totale vraag	sector 1:zo	sector 2:zo	sector 3:n	sector 4:z	sector 5:kelder
massa < 100 kg/m ²)	10233100.0	3057130.0	636152.0	1573910.0	2564070.0	2401860.0
reductie	-3.4	-1.7	-3.3	-5.0	-2.8	-5.1
massa > 400kg/m ²	9597880.0	2955860.0	596389.0	1434120.0	2424870.0	2186650.0
reductie	3.1	1.7	3.1	4.3	2.7	4.4

Er kan geconcludeerd worden dat de energievraag evenredig verminderd met de toename van de massa is van de vloerconstructie per vierkante meter gebruiksoppervlakte. Het toepassen van een open plafond is wel een vereiste voor het benutten van de thermische capaciteit van de vloerconstructie.

14.3.3 Ventilatie

Voor het thema ventilatie is er onderscheidt gemaakt tussen natuurlijke ventilatie en mechanische ventilatie. Mechanische ventilatie kan verder onderverdeeld worden in alleen mechanische afvoer en mechanische aanvoer met of zonder mechanische afvoer. De referentievariant heeft mechanische aanvoer.

Tabel 44: Energievraag voor thema ventilatie

	Totale vraag	sector 1: zo	sector 2:zo	sector 3:n	sector 4:z	sector 5:kelder
natuurlijk	7812400.0	2.81E+06	549773	997448	1.94E+06	1.52E+06
reductie	21.1	6.6	10.7	33.5	22.2	33.7
mechanisch afvoer	9398520.0	2941720.0	593380.0	1383380.0	2371500.0	2108540.0
reductie	5.1	2.2	3.6	7.7	4.9	7.8

Uit de getallen in de tabel wordt duidelijk dat zowel het toepassen van natuurlijke ventilatie als alleen mechanische afvoer een energie vermindering geeft. Natuurlijk ventileren geeft de grootste energievermindering. Dit is het gevolg van een energievraag voor ventilatie die veranderd in nul en een energievraag van bevochtiging die afneemt tot nul. Deze energiereductie komt voornamelijk naar voren in sector 3, 4 en 5. Dit zijn allen bijeenkomstfuncties in tegenstelling tot de kantoorfunctie van sector 1 en 2. Daarom lijkt het onhaalbaar om de ventilatievoud voor de bijeenkomstfunctie in te vullen met natuurlijke ventilatie. Een optie van natuurlijke combinatie in de kantoren gecombineerd met mechanische ventilatie in de bijeenkomstfunctie valt wel te overwegen. In het geval van mechanische ventilatie met mechanische afvoer wordt de energievraag ook gereduceerd. Dit komt door een afname van de koelvraag. De warmtevraag neemt echter gelijktijd toe.

14.3.4 Warmteterugwinning

Voor het thema warmteterugwinning is gekozen voor langzaam roterende of intermitterende warmtewisselaars met een rendement van 0.7 en een retourluchtpercentage van >60%. Voor de toepassing van warmteterugwinning is het een vereiste dat er wordt geventileerd met mechanische ventilatie met mechanische toevoer.

Tabel 45: Energievraag voor thema warmtewinning

	vraag	sector 1: zo	sector 2:zo	sector 3:n	sector 4:z	sector 5:kelder
WW >60 %	8726140.0	2877400.0	579288.0	1227140.0	2172590.0	1869720.0
reductie =	11.9	4.3	5.9	18.1	12.9	18.2

Uit de tabel wordt duidelijk dat warmteterugwinning een energievermindering geeft van 11.9% voor het hele gebouw. Ook is duidelijk zichtbaar dat de warmteterugwinning het meeste effect heeft in de bijeenkomstfuncties, waar de ventilatievoud het hoogste is.

14.3.5 Verlichting

Voor het thema verlichting is gekozen voor een lager geïnstalleerd vermogen van 8.5 W/m². Daarnaast is een regeling toegepast van veegpuls met daglicht en is er een daglichtsector toegevoegd langs de gevel, waar de verlichting uit staat wanneer er voldoende daglicht aanwezig is.

Tabel 46: Energievraag voor thema verlichting

	vraag	sector 1: zo	sector 2:zo	sector 3:n	sector 4:z	sector 5:kelder
energiezuinig	8176770	2553820	461832	1187940	2153010	1820180
reductie (%)	17.4	15.1	25.0	20.7	13.6	20.4

Uit de tabel volgt dat de genomen ingrepen leiden tot een energievermindering van 17.4% voor het hele gebouw. Dit verschillen in de energiesectoren worden veroorzaakt door de verhouding geveloppervlak/vloeroppervlak.

14.4 Conclusies

In dit hoofdstuk is de invloed van het veranderen van verschillende variabelen op de energiereductie onafhankelijk van elkaar bestudeerd. Door de energievraag behorende bij de ingrepen te vergelijken met de referentievariant zijn de verschillende ingrepen vergelijkbaar. Uit de berekeningen blijkt dat de thema's binnentemperatuur, thermische schil, warmteterugwinning en verlichting de hoogste potentie hebben voor het reduceren van de energievraag. Verder is opvallend dat zonwering een verwaarloosbare invloed heeft op de energievraag. De winst uit het toepassen van natuurlijke ventilatie wordt tenietgedaan door de winst uit warmteterugwinning, die slecht behaald kan worden wanneer mechanisch wordt geventileerd. Voor het architectonische concept is het echter ook interessant om te variëren in de transparantie van de gevel voor de verschillende oriëntaties.

15 ENERGIEPCONCEPT & ENERGIEBALANS

Dit hoofdstuk geeft de energievraag en energieopwekking van het ontwikkelde energieconcept. Uit de resultaten die zijn behaald in het vorige hoofdstuk is een combinatie van ontwerpingsrepen gemaakt die elkaar versterken en passen bij het architectonische concept. Opeenvolgend zal de energievraag en de energieopwekking behandeld worden. Dit resulteert in een energiebalans, waarmee inzichtelijk kan worden gemaakt in welke mate het concept energieneutraal is.

15.1 Programma van energiemaatregelen

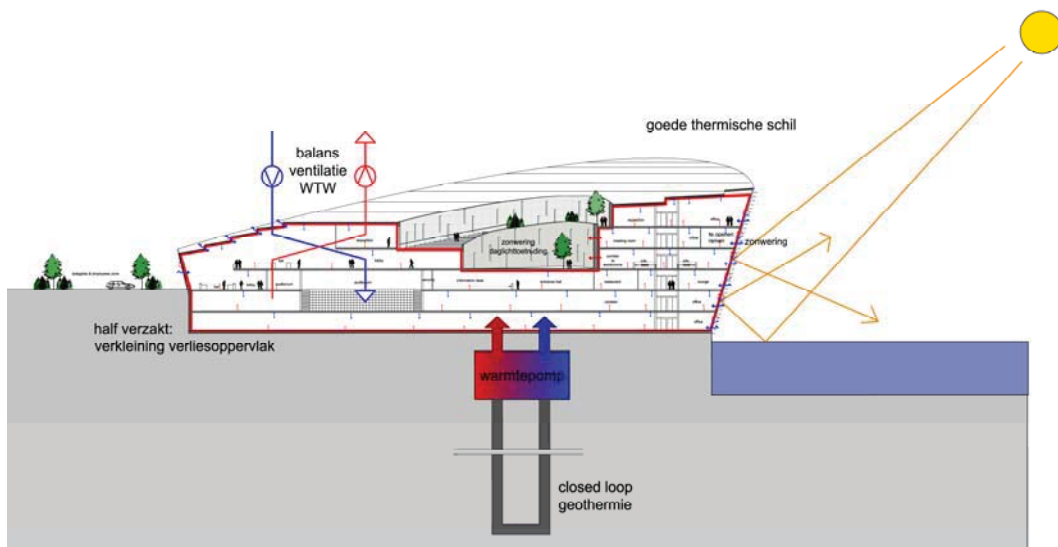
Tabel 47: Programma van energiemaatregelen behorende bij energieconcept

WARMTEVRAAG	ELEKTRICITEITSVRAAG
I ENERGIEVRAAG VERMINDEREN	
Oriëntatie: - hellingshoek aanpassen op stand van zon - Helling oriënteren op het zuiden	Daglichttoetreding - optimalisatie bij kantoren - toepassen van zodat daglicht diep in het gebouw kan infiltreren
Compactheid - gebouw gedeeltelijk verzakt in grond - eenheid in vorm	Verlichting: - sensoren (beweging en daglicht) - energiezuinige verlichting (LED & TL5)
Thermische Schil: - Isolatie (RC>6) - Luchtdichtheid - koudebruggen voorkomen - beglazing (driedubbel glas)	Ventilatie - Balans - mogelijkheid tot natuurlijk in kantoren - CO2 gestuurd
Zonwering - zuidoost gevel - zuidwest gevel - overstek vloeren	Apparatuur - energiezuinig - stimuleren van trapgebruik
Verwarmen: LT vloerverwarming (warmtepomp)	-
Koeling: HT vloerkoeling	-
Tapwater: Optimalisatie Leidingverloop	-
II HERGEBRUIK RESTSTROMEN	
Warmteterugwinning - Ventilatielucht (balansventilatie WTW)	-
Interne warmte-uitwisseling: - Zonering & compartimentering (organisatie programma)	-
Warmtepomp i.c.m. grondwarmte	-
III ENERGIE UIT HERNIEUWBARE BRONNEN	
omgevingswarmte/koude: - grondwarmte	PV - dak
Zonnecollectoren?	water: - getijdenenergie
IV ENERGIEOPSLAG	
Thermische voelbare opslag - thermische massa - boorgaten	Smart grid - Uitwisseling van vraag en aanbod tussen huidig UN gebouw, nieuw UN gebouw en parkeergelegenheid (elektrische auto's)?
thermische latente opslag - PCM's als buffer i.c.m. zonnecollectoren?	Teruglevering aan elektriciteitsnet

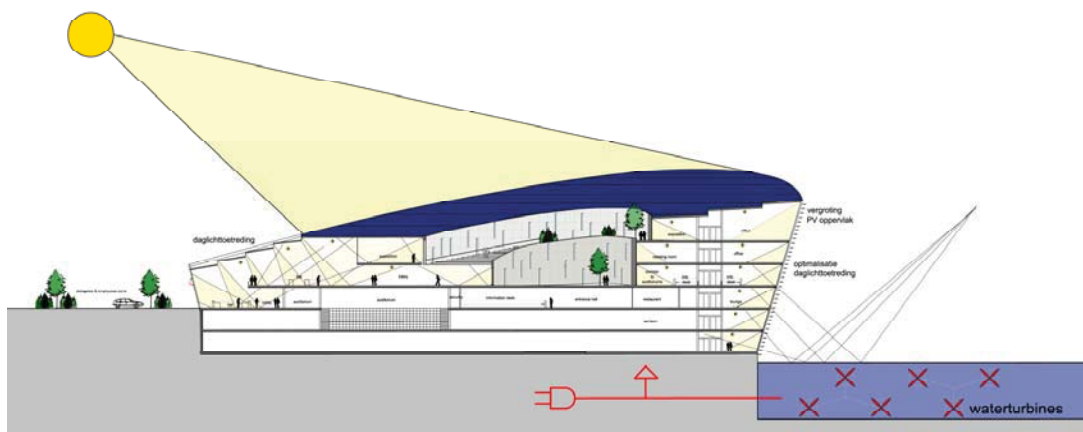
15.2 Energieconcept

In het ontwerpconcept is getracht de zuidgevel, die gericht is naar de stadzijde, vrij gesloten te houden. Dit ter voorkoming van oververhitting in de zomer en ter waarborging voldoende privacy en veiligheid in het gebouw. Contrasterend hiermee is de gevel, behorende bij het 'scherm' aan de waterzijde, transparant gehouden. Dit in navolging van het architectonisch concept.

In de onderstaande figuren zijn het warmteconcept en het elektriciteitsconcept, die tezamen het energieconcept vormen, weergegeven. Er is in het bijzonder aandacht besteedt aan het reduceren van de warmte en koelvraag en het verminderen van de energievraag voor verlichting. Uit de voorgaande hoofdstukken is gebleken dat deze energieposten de meeste potentie bieden voor energievermindering. Daarnaast wordt er gebruik gemaakt van zonne-energie, waterenergie en geothermie. De keuze voor deze energiebronnen wordt verklaard in de energie potentiescan.



Figuur 64: Warmteconcept



Figuur 65: Elektriciteitsconcept

15.3 Energievraag

15.3.1 Invoer inputvariabelen

De inputvariabelen:

- **Binnentemperatuur**
De binnentemperatuur is ingesteld tussen 19 en de 24 graden Celsius.
- **Thermische huid**
Het gebouw heeft een thermische huid die voldoet aan het bouwbesluit, met een Rc waarde van de niet transparante gevel van 4 en een U waarde voor HR++ glas van 0,7, behorende bij drievoudig HR glas.
- **Transparantie van de gevel**
De transparantie van de gevel is aangenomen als 90% voor de gevel behorende bij de sectoren 1,2, 3 en 4 en is 30% voor de gevel behorende bij sector 4. Er is dus onderscheid gemaakt tussen de transparantie van het 'scherm', de buitenste ronding van het gebouw, en de binnenzijde van het gebouw.
- **Zonwering**
Er is automatisch regelbare zonwering toegepast. De ZTA waarde wordt hiermee verlaagd tot 0.15.
- **Thermische massa**
Het gebouw heeft een thermische massa van groter dan 400 kg/m². Verder is er een open plafondtype toegepast.
- **Ventilatie**
Er wordt mechanisch geventileerd met mechanische aanvoer en afvoer. Dit geeft mogelijkheid tot warmteterugwinning.
- **Warmteterugwinning**
Er vindt warmteterugwinning plaats door warmtewisselaars met een retourluchtpercentage van groter dan 60%.
- **Verlichting**
De verlichting is energiezuinig met een geïnstalleerd vermogen van 8.5 kW/m². Er is een veegpulsschakeling met daglichtregeling, waarbij de gebruikoppervlak aan de gevel de lampen uit heeft staan wanneer er voldoende daglicht aanwezig is.
- Er is lage temperatuur verwarming en hoge temperatuur koeling toegepast. Hierdoor is het rendement van de warmtepomp hoger.

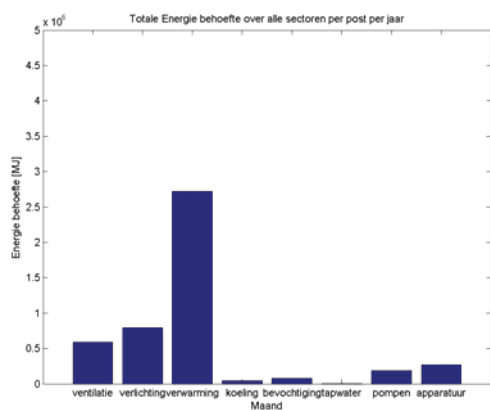
15.4 Energiedata

Tabel 48: Totale energievraag eindvariant per maand in MJ

	Vent.	Verl.	Verw.	Koel.	Bev.	Tapw.	Pomp.	App.	Totaal	eenh
jan	49105.6	68414	664543	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	826727	MJ
feb	49105.6	67024	607310	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	768105	MJ
mrt	49105.6	66329.5	373227	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	533327	MJ
apr	49105.6	65634.8	141385	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	300790	MJ
mei	49105.6	64940.1	58962.6	1463.72	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	219137	MJ
jun	49105.6	64523.3	0	11299.8	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	169594	MJ
jul	49105.6	64523.3	0	9952.05	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	168246	MJ
aug	49105.6	64940.1	0	13284.4	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	171995	MJ
sept	49105.6	65634.8	12897.3	6721.41	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	179024	MJ
okt	49105.6	66329.5	131025	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	291125	MJ
nov	49105.6	67024.2	226414	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	387209	MJ
dec	49105.6	68413.6	508618	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	670802	MJ
totaal	589267	793731	2724382	42721	78544	2790	185984	268660	4686079	MJ
spec.	25.0	33.7	115.7	1.8	3.3	0.1	7.9	11.4	199.0	MJ/m2
Aand.	13	17	58	1	2	0	4	6	100	%

De bovenstaande tabel geeft de energiebehoefte behorende bij het ontwerpconcept. Wanneer deze variant wordt vergeleken met de referentievariant, is zichtbaar dat de energievraag met 47,3 % is verminderd. Dit komt overeen met de gevonden energie reductie uit de case studies. De energie reductie is voornamelijk het gevolg van een reductie van de energieposten verlichting, verwarming en koeling. Dit zijn de klimaatafhankelijke energieposten. Opmerkelijk is dat de koelvraag erg laag is. Dit komt doordat de binnentemperatuur in de zomer is ingesteld op 24 graden, en de gemiddelde buitentemperatuur in de zomer ten hoogste 24 graden is. Temperatuur uitschieters zijn niet meegenomen in de berekening. De te verwachten koelvraag zal dus hoger kunnen zijn dan de berekende waarde.

Grafiek 22: Totale energievraag eindvariant per energiepost



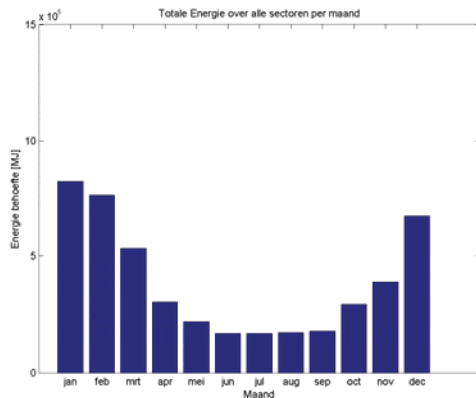
15.5 Specifieke energievraag

De specifieke energievraag van het gebouw is 199 MJ/m². Ter vergelijking van dit getal met andere gebouwen dient er rekening mee te worden gehouden dat het hier gaat om de energiebehoefte, niet om de primaire energievraag. Om van de energiebehoefte een primaire energievraag te maken dient het te worden vermenigvuldigd met ongeveer 2,6. Het elektrisch rendement is namelijk 0.39.

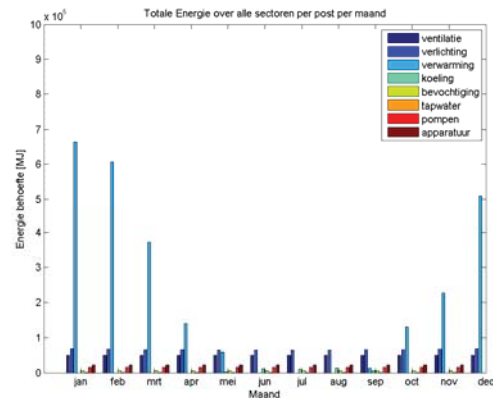
15.6 Energievraag patronen

De sinusvormige golfbeweging in het energievraagpatroon is verminderd ten opzichte van de referentievariant. De pieken van de verwarmings- en koelvraag zijn verlaagd. De elektrische energievraag is constant over het jaar, maar wel enigszins verlaagd ten opzichte van het referentiemodel. Deze vermindering komt door een vermindering in de energievraag voor verlichting.

Grafiek 23: Energievraagpatroon eindvariant totale energie



Grafiek 24: Energievraagpatroon eindvariant per post



15.6.1 Energievraag per energiesector

Om inzicht te krijgen in de energievraag van de verschillende energiesectoren is in de onderstaande tabel de totale energievraag per sector weergegeven. Uit de tabel wordt duidelijk dat sector 1, het kantoorgedeelte (gelegen in de vrijgekomen ruimte van de FDR drive), met 42% het grootste deel de totale energievraag bepaald. Daarna volgt sector 4 met 25%. Indien verdere optimalisatie van de energievraag nodig is, hebben deze sectoren prioriteit voor een verdere energievraag vermindering. De architectonische ingrepen van de patio en de kantorenreeks onder het UN plateau kunnen ter discussie worden gesteld wanneer een verdere energievraagvermindering noodzakelijk blijkt. De keuzes voor deze ingrepen komen voort uit architectonische argumenten en liggen ten grondslag aan het architectonische concept.

Tabel 49: totale energievraag eindvariant per sector per jaar

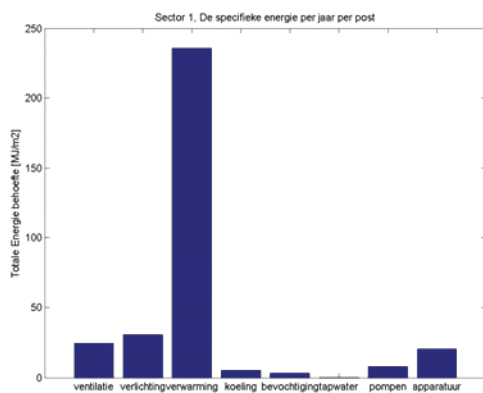
Complete gebouw	sector 1: zo	sector 2: zo	sector 3:n	sector 4:z	sector 5:kelder
4686079 MJ	1972010 MJ	282533 MJ	482723 MJ	1162360 MJ	786447 MJ
100%	42%	6%	10%	25%	17%

De totale energievraag per sector is echter slecht vergelijkbaar, doordat de sectoren verschillen in vloeroppervlak. De specifieke energievraag per sector is beter vergelijkbaar. De onderstaande grafieken geven de specifieke energievraag van de energiesectoren. Uit de vergelijking van de grafieken blijkt dat sector 1, de kantoren, een relatief hoge vraag heeft voor verwarming ten opzichte van de andere sectoren. Dit kan verklaard worden door het feit dat sector 1 relatief veel verliesoppervlak heeft. De verhouding verliesoppervlak – vloeroppervlak is hoger dan in de overige sectoren, doordat deze sector omringd is met verliesoppervlak aan iedere zijde.

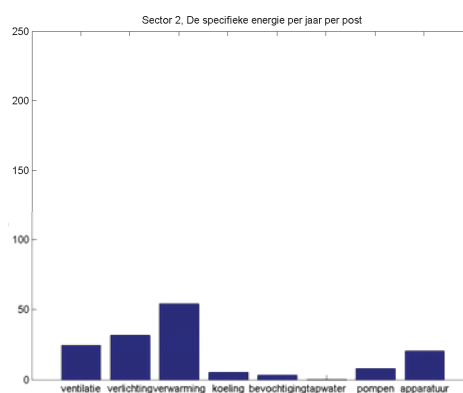
Verder is zichtbaar dat sector 4, de sector met de gevel richting de stadzijde, ook een hoge post heeft voor verwarming. Dit komt ook doordat deze sector ook een relatief groot geveleoppervlak heeft door de patio. Dit geveleoppervlak kan echter worden verantwoord uit het feit dat hierdoor veel daglicht het gebouw binnenkomt.

Sector 4, de kelder, heeft ook een relatief hoog verliesoppervlak waardoor ook voor deze sector de verwarmingspost hoger is dan voor sector 2 en 3.

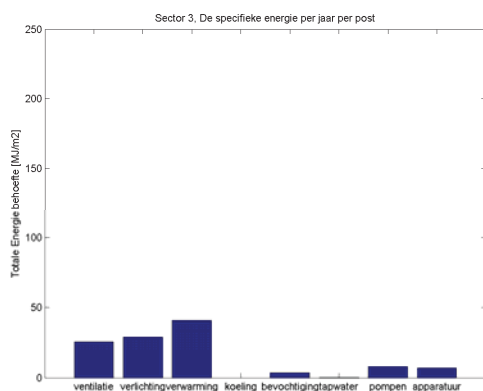
Grafiek 25: Specifieke energievraag sector 1



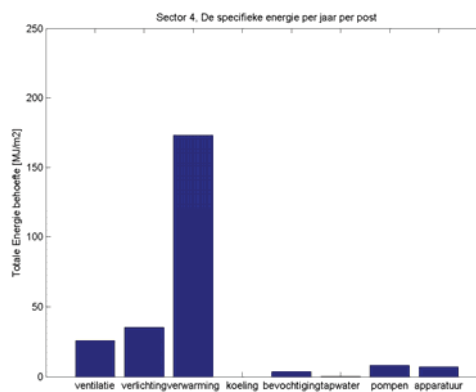
Grafiek 26: Specifieke energievraag sector 2



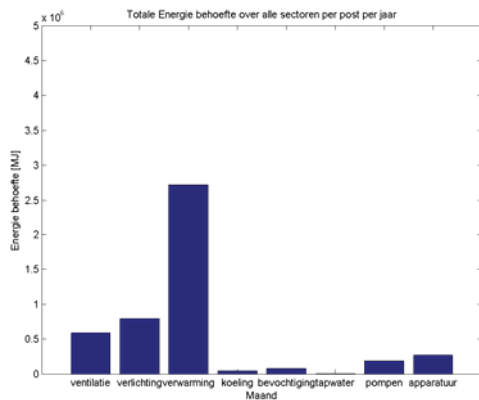
Grafiek 27: Specifieke energievraag sector 3



Grafiek 28: specifieke energievraag sector 4



Grafiek 29: specifieke energievraag sector 5



15.7 Elektriciteitsvraag versus warmtevraag

De energievraag kan worden opgedeeld in een elektriciteitsvraag en een warmte/koelvraag. De warmtevraag omvat de energieposten verwarmen, koelen en tapwater, en is 2752427 MJ, oftewel 58% van de totale energievraag. De elektriciteitsvraag omvat de energieposten ventilatie, verlichting, bevochtiging, pompen en apparatuur en is 1966259 MJ, of 42% van de totale energievraag.

Wanneer de koelvraag met de warmtevraag wordt vergeleken is zichtbaar dat de koelvraag veel kleiner is. Het percentage koelen van de totale warmtevraag is slechts 2%. Dit kan verklaard worden door de verhoogde binnentemperatuur van 24 graden en de zuidgevel met slecht 40% transparantie die de zonnestraling blokkeert.

15.8 Energieopwekking

Voor het invullen van de energievraag uit hernieuwbare bronnen dient er wederom onderscheidt gemaakt te worden in warmteopwekking en elektriciteitsopwekking, die invulling dienen te geven aan respectievelijk de warmte- en de elektriciteitsvraag.

15.8.1 Warmteopwekking

Voor het opwekken van warmte is gekozen om de warmtebron van de diepe ondergrond te koppelen aan een warmtepomp. De keuze voor deze warmtebron is beargumenteerd in de energie potentiescan. Dit geeft een COP voor verwarmen van 3.61 en een COP voor koelen van 5,4. Voor het bepalen van de elektriciteitsbehoefte die nodig is voor het laten functioneren van de warmtepomp dient de warmtevraag / koelvraag te worden gedeeld door het bijbehorende COP. Hierdoor wordt de energievraag voor verwarmen en koelen verminderd en omgezet in een elektriciteitsvraag. Dit is zichtbaar in de onderstaande tabel. Alleen de energiepost tapwater blijft dan nog over als warmtevraag.

Tabel 50: Energiebehoefte na reductie door warmtepomp met diepe ondergrond als warmtebron

	Vent.	Verl.	Verw.	Koel.	Bev.	Tapw.	Pomp.	App.	Totaal	eenh
jan	49105.6	68414	184595.28	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	346779	MJ
feb	49105.6	67024	168697.22	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	329492	MJ
mrt	49105.6	66329.5	103674.17	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	263774	MJ
apr	49105.6	65634.8	39273.611	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	198679	MJ
mei	49105.6	64940.1	16378.5	271.0593	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	175360	MJ
jun	49105.6	64523.3	0	2092.556	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	160386	MJ
jul	49105.6	64523.3	0	1842.972	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	160137	MJ
aug	49105.6	64940.1	0	2460.074	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	161171	MJ
sept	49105.6	65634.8	3582.5833	1244.706	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	164233	MJ
okt	49105.6	66329.5	36395.833	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	196496	MJ
nov	49105.6	67024.2	62892.778	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	223687	MJ
dec	49105.6	68413.6	141282.78	0	6545.3	232.515	15498.7	22388.3	303467	MJ
totaal	589267	793731	756773	7911	78544	2790	185984	268660	2683660	MJ
spec.	25.0	33.7	32.1	0.3	3.3	0.1	7.9	11.4	114.0	MJ/m2
Aand.	22	30	28	0	3	0	7	10	100	%

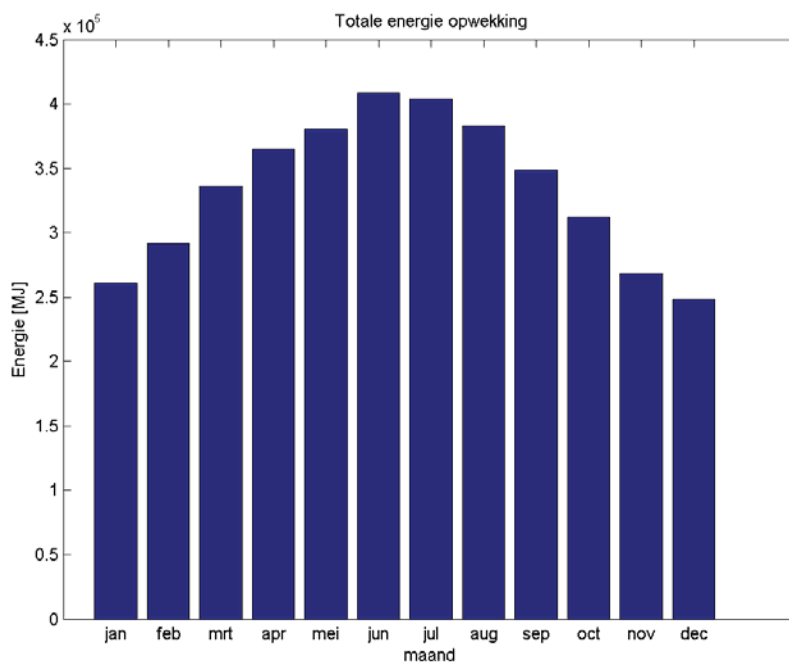
15.8.2 Elektriciteitsopwekking

Er is voor gekozen om de elektriciteitsvraag in te vullen met energie opgewekt uit PV op het dak en waterturbines in het water. De keuze voor deze energiebronnen is beargumenteerd in de energie potentiescan. Dit levert een energieopbrengst die vrij constant is over het jaar. Dit komt doordat de opwekking van waterenergie niet seizoensgebonden is, maar getijdengebonden. De opwekking is weergegeven in de onderstaande tabel en grafiek.

Tabel 51: Energieopbrengst uit hernieuwbare bronnen

Maand	PV_dak	Waterturbines (9)	totaal
jan	56547.4	175500	232047.4
feb	84803.4	175500	260303.4
mrt	122172	175500	297672
apr	150357	175500	325857
mei	165157	175500	340657
juni	194967	175500	370467
juli	189987	175500	365487
aug	165722	175500	341222
sept	133545	175500	309045
okt	97695.3	175500	273195.3
nov	64953.6	175500	240453.6
dec	48882.9	175500	224382.9
Totaal	1474790	2106000	3580789.6
tot spec	62.6	89.4	152.1
(%)	41	59	100

Grafiek 30: totale opwekking uit hernieuwbare bronnen



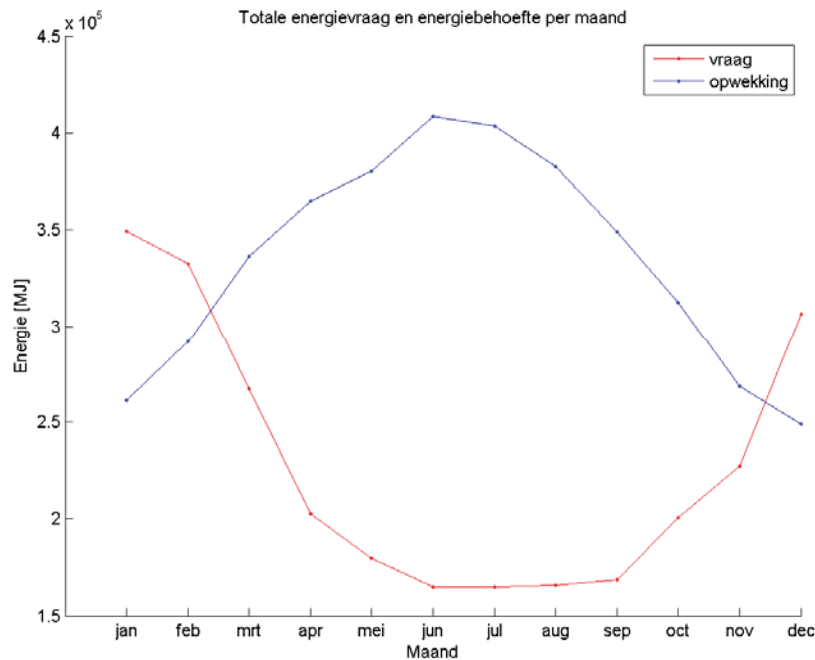
15.8.3 Energiebalans

De energiebalans presenteert de totale energievraag en energieopwekking per maand. Uit de onderstaande tabel wordt duidelijk dat in de maanden januari, februari en december er een tekort aan energie is. Dit tekort wordt echter teniet gedaan door het overschot in de overige maanden. Over het jaar berekend blijft er een surplus over van 851990 MJ. Dit kan de resterende warmtevraag voor tapwater wellicht compenseren.

Tabel 52: Energiebalans

Maand	Opwekking	Vraag	Restvraag
jan	232047.4	349341	-117293.86
feb	260303.4	332358	-72054.371
mrt	297672	267061	30611.063
apr	325857	202653	123203.83
mei	340657	179744	160913.29
juni	370467	165021	205445.6
juli	365487	164788	200698.65
aug	341222	165699	175522.9
sept	309045	168537	140508.33
okt	273195.3	200327	72868.252
nov	240453.6	227119	13334.441
dec	224382.9	306151	-81768.359
Tot.	4034494	2728799.828	851989.77
tot. spec	171.33064	115.8824456	36.180982

Grafiek 31: Energiebalans in grafiekvorm



15.9 Discussie resultaten en optimalisatie concept

Ter optimalisatie van het rekenmodel dient de energievraag voor warm tapwater onder de loep genomen te worden. Gezien het gebouw een restaurantfunctie heeft, lijkt de vraag voor tapwater erg laag. De vraag voor tapwater dient duurzaam ingevuld te worden. De warmtebron van de ondergrond kan het hoge temperatuurniveau van tapwater niet aan. Er kan worden overwogen om zonnecollectoren te plaatsen in combinatie met een warmteopslag. Anderzijds kan het temperatuurniveau ook elektrisch bereikt worden. Daarnaast dient overwogen te worden of de koelvraag een realistisch beeld geeft. Ook kan ter discussie worden gesteld of de geothermische warmtebron genoeg capaciteit kan leveren voor het verwarmen van de piekvraag van het gebouw. Wellicht dienen meerdere putten geboord te worden of dienen meerdere warmtepompen geïnstalleerd te worden. Dit zal de gebouwkosten echter enorm verhogen.

Ter optimalisatie van het ontwerpconcept dient de grootte van het gebouw onderzocht te worden. Het Programma van Eisen vraagt om 15.000 m² gebruiksfunctie. Het gebouw is 22.000 m² groot. Dit geeft een FVO/BVO van 1,5 (FNO = functioneel nuttig oppervlak, BVO = bruto vloer oppervlak). Dit is niet een hoge ratio voor een openbaar gebouw zoals het UNEC. Toch dient getracht te worden het gebouw zo compact mogelijk te houden, zodat de hoeveelheid vloeroppervlak en geveloppervlak (verliesoppervlak) verkleind. Sector 1 en sector 4, de kantoren en de patio, hebben een negatieve invloed op de compactheid van het gebouw. Daarom dient goed bekeken te worden of de verhouding vloeroppervlak/geveloppervlak voor deze sectoren verbeterd kan worden zonder dat afbreuk wordt gedaan aan het architectonische concept.

15.9.1 Conclusie

De voorgestelde ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen in ontwikkeling aan de hand van kennis die opgedaan is uit de case studies, het programma van

mogelijkheden, de energie potentiescan, en de energievraag van utiliteitsgebouwen. Aan de hand van de validating case is getracht inzicht te geven in de werkwijze van de methodiek. Hieruit blijkt dat het parallel onderzoeken van de deelaspecten van het integraal ontwerpen van groot belang is voor het succesvol zijn van de methodiek.

De voorgestelde methodiek is slechts een eerste aanzet, die niet wetenschappelijk bewezen is. Toekomstige projecten met een energieneutrale ambitie zullen meer inzicht moeten gaan geven in de juistheid van de methodiek.

16 DEFINITIEF ONTWERP

Dit hoofdstuk geeft de energetische beschrijving van het definitieve ontwerp van het 'United Nations Environmental Council' in vergelijking met een bijbehorend referentie ontwerp. Het eindontwerp is het resultaat van de verdere ontwikkeling van het architectonisch ontwerp met integratie van het energieconcept. De vorm van het ontwerp is gedurende dit proces zodanig veranderd, dat het ontwerp beter is geïntegreerd in het de stedenbouwkundige situatie en de vorm en proportie van het gebouw eleganter en efficiënter zijn. Dit heeft voor de berekeningen tot gevolg dat invoervariabelen met betrekking tot oppervlaktes zijn veranderd, zoals vloeroppervlak van de sectoren en geveloppervlak. In dit hoofdstuk zal hiervan het resultaat zichtbaar worden.

Ter vergelijking is een nieuwe referentievariant ontwikkeld, waarbij dezelfde veranderingen zijn meegenomen met betrekking tot de vorm van het gebouw. Overige invoervariabelen zijn gelijk aan de referentievariant van hoofdstuk 13. Dit referentieontwerp is opgesteld om de energievraagreductie van het eindontwerp inzichtelijk te maken.

16.1 Indeling van gebouw in energiesectoren

Het gebouwvolume van het definitieve ontwerp is ingedeeld in energiesectoren, waarbij de indeling is gebaseerd op de aanwezige gebruiksfuncties en de overheersende geveloriëntaties. Dit heeft geresulteerd in 4 energiesectoren. Sector 1 heeft een kantoorfunctie met zuidoostelijke geveloriëntatie en is gelegen in de leeggekomen ruimte onder het UN plateau, de voormalige snelwegzone (FDR drive).

De sectoren 3,4 en 5 zijn bijeenkomstfuncties met geveloriëntaties respectievelijk oost, noord en zuidwest. Deze sectoren vormen het UNEC gedeelte met de milieuraad (council), auditoria en publieke functies. In de onderstaande tabel staan de invoergegevens vermeld behorende bij de hierboven beschreven energiesectoren.

Tabel 53: Gegevens energiesectoren (DO & RO)

Variabele	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4
Functie	kantoren	bijeenkomstruimte	bijeenkomstruimte	Bijeenkomstruimte
beschrijving	kantoorzone	auditoria zone 1	auditoria zone 2	publiekszone
Oriëntatie	zuidoost	oost	noord	zuidwest
Oppervlakte (m2)	20500	10330	1100	10800
geveloppervlak	2683	4500	1020	1533
Gevel oppervlakte transparant	2430	4050	918	1370
Gevel oppervlakte niet-transparant	270	450	102	153
Keldergevel oppervlakte	10150	2480	2640	2180
keldervloer	10150	2500	2200	3580
Geveloppervlak	630	250	315	423
Dakoppervlak	10150	2480	2640	2180
Overstek luifel (m)	1	1	1	0
Hoogte raam	5	4	4	4
bezettingsgraadklasse	4	3	3	3

16.2 Invoervariabelen

In de onderstaande tabel staan de belangrijkste invoergegevens vermeld van het referentieontwerp en het definitief ontwerp. De keuze van de invoervariabelen van het referentieontwerp is gelijk aan de referentievariant beschreven in hoofdstuk 13. De keuze voor de invoervariabelen van het eindontwerp is gebaseerd op het energieconcept en verdere ontwikkeling van het architectonisch ontwerp.

Tabel 54: Invoervariabelen RO en DO

Variabele	Referentieontwerp	Definitief ontwerp
Binnentemperatuur	Constant 20 graden Celsius	19-22 graden Celsius
Thermische huid	Rc = 2.5	Rc = 6
Transparantie van de gevel	50%	90%
Zonwering	geen	Vaste zonwering (ZO: verticaal , ZW: horizontaal)
ZTA	0.67	0.15
LTA	0.6	0.6
Thermische massa	100-400 kg/m ²	>400 kg/m ²
Ventilatie	Mechanisch met mechanische aanvoer	Mechanische aan en afvoer (balans)
Warmteterugwinnin g	geen	65%
verlichting	16 kW/m ²	8.5 kW/m ²
verlichtingsregeling	centraal	Veegpuls & daglicht
glastype	?	Zonwering buiten
plafondtype	gesloten	Gesloten
T_dag (uren per jaar)	2200	2200
T_avond (uren per jaar)	300	300

16.3 Energievraag totaal

De onderstaande tabellen geven de energiebehoefte behorende bij het referentie ontwerp (RO) en het definitief ontwerp (DO). Zichtbaar is dat de energievraag van het DO (7052431 MJ) met 40% is gereduceerd ten opzichte van het RO (17640659 MJ). De energievraag vermindering is voornamelijk het gevolg van een reductie van de energieposten verlichting, verwarming en koeling.

Tabel 55: Totale energievraag per maand in MJ - RO

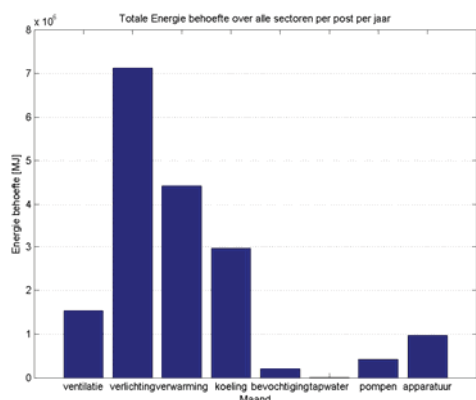
	Vent.	Verl.	Verw.	Koel.	Bev.	Tapw.	Pomp.	App.	Totaal	
jan	127614	593666	1083770	0	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1938035	MJ
	127614	593666	995433	0	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1849698	MJ
mrt	127614	593666	647933	0	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1502198	MJ
apr	127614	593666	292014	0	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1146279	MJ
mei	127614	593666	0	352911	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1207176	MJ
jun	127614	593666	0	582712	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1436977	MJ
jul	127614	593666	0	835218	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1689483	MJ
aug	127614	593666	0	720771	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1575036	MJ
sept	127614	593666	0	469118	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1323383	MJ
okt	127614	593666	125952	0	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	980217	MJ
nov	127614	593666	429832	0	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1284097	MJ
dec	127614	593666	853819	0	17009.7	313.895	35086.7	80574.4	1708084	MJ
totaal	1531368	7123992	4428753	2960730	204116	3767	421040	966893	17640659	MJ
tot. sp.	29.1	135.4	84.1	56.3	3.9	0.2	8.0	18.4	335.2	MJ/m2
(%)	9	40	25	17	1	0	2	5	100	%

Tabel 56: Totale energievraag per maand in MJ – DO

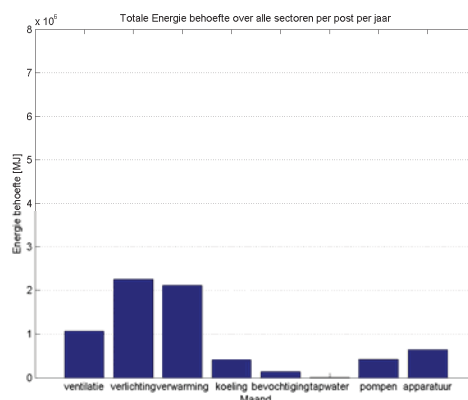
	Vent.	Verl.	Verw.	Koel.	Bev.	Tapw.	Pomp.	App.	Totaal	
jan	88488.4	193600	607162	0	11795	313.9	35087	53650	990096	MJ
feb	88488.4	190781	538746	0	11795	313.9	35087	53650	918861	MJ
mrt	88488.4	187962	279252	0	11795	313.9	35087	53650	656548	MJ
apr	88488.4	186552	67882.7	0	11795	313.9	35087	53650	443768	MJ
mei	88488.4	185142	22957.7	40188.8	11795	313.9	35087	53650	437622	MJ
jun	88488.4	183733	0	95886.4	11795	313.9	35087	53650	468953	MJ
jul	88488.4	183733	0	130279	11795	313.9	35087	53650	503346	MJ
aug	88488.4	185142	0	90479.9	11795	313.9	35087	53650	464956	MJ
sept	88488.4	186552	0	57283.3	11795	313.9	35087	53650	433169	MJ
okt	88488.4	187962	16713.5	0	11795	313.9	35087	53650	394009	MJ
nov	88488.4	190781	145423	0	11795	313.9	35087	53650	525538	MJ
dec	88488.4	193600	432632	0	11795	313.9	35087	53650	815566	MJ
totaal	1061861	2255540	2110769	414117	141536	3767	421040	643800	7052431	MJ
tot. sp.	20.2	42.9	40.1	7.9	2.7	0.1	8.0	12.2	134.0	MJ/m2
(%)	15	32	30	6	2	0	6	9	100	%

De onderstaande grafieken geven de totale energie vraag over alle sectoren per post per jaar voor het referentieontwerp en het definitief ontwerp.

Grafiek 32: Totale energie vraag per post per jaar - RO



Grafiek 33: Totale energie vraag per post per jaar - DO



16.4 Energievraag per energiesector

In de onderstaande tabellen staat de energievraag per energiesector beschreven voor het RO en het DO.

Tabel 57: *Energievraag per energiesector - RO*

	Gebouw totaal	sector 1	sector 2	sector 3	sector 4	Eenh.
Energievraag	17640659	7143100	3933700	2678300	3885600	MJ
Energievraag specifiek	335.2	348.4	380.8	243.5	359.5	MJ/m ²
aandeel	100	40.4922507	22.2990531	15.18253909	22.0263876	%

Tabel 58: *Energievraag per energiesector - DO*

	Gebouw totaal	sector 1	sector 2	sector 3	sector 4	Eenh.
Energievraag	7.0524	3.3146	1.5912	1.0227	1.1239	MJ
Energievraag specifiek	136.5	161.7	154.0	93.0	104.1	MJ/m ²
Aandeel	100	47.0	22.6	14.5	15.9	%

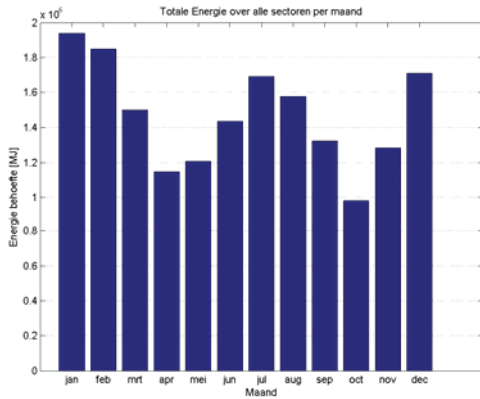
16.5 Specifieke energievraag

Voor het referentieontwerp is de specifieke energievraag 335 MJ/m². Voor het definitief ontwerp is de specifieke energievraag 134 MJ/m².

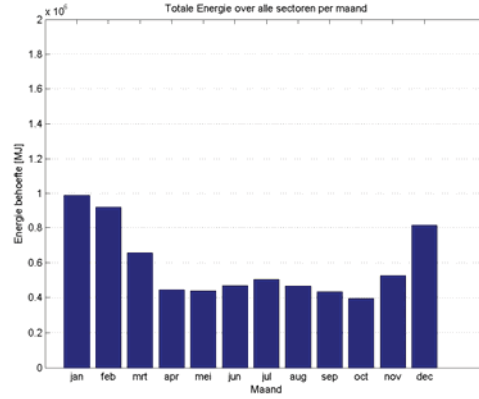
16.6 Energievraag patronen

De onderstaande grafieken geven inzicht in het energievraag patroon gedurende de verschillende maanden van het jaar. Zichtbaar is de vermindering en afzwakking van het energievraagpatroon in de resultaten van het DO ten opzichte van het RO.

Grafiek 34: Totale energievraag per maand (RO)

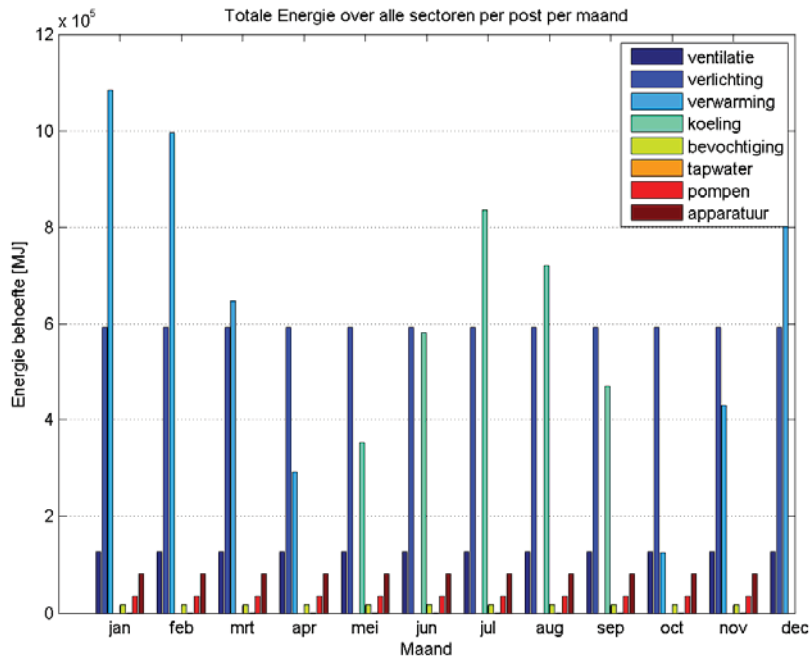


Grafiek 35: Totale energievraag per maand (DO)

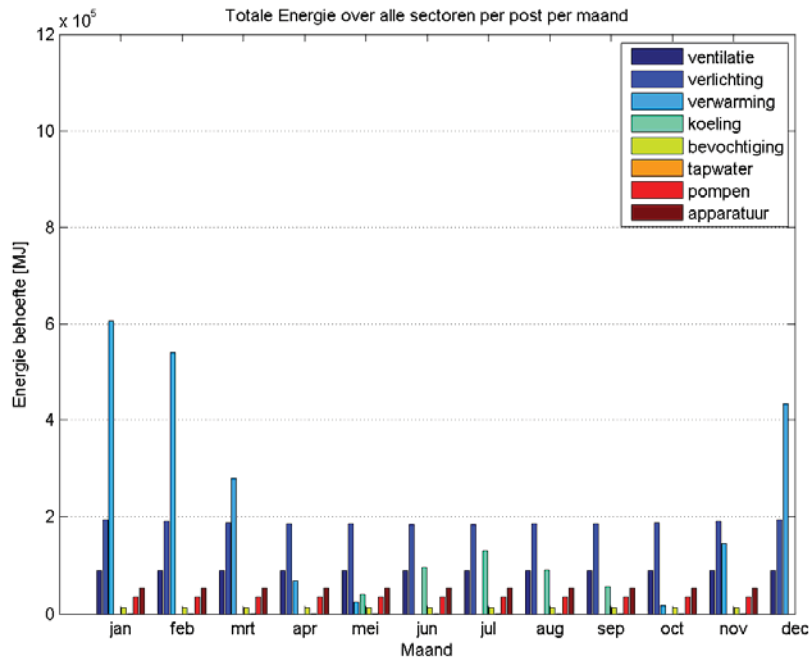


De onderstaande grafiek geeft de energievraagpatronen van de verschillende energieposten per maand.

Grafiek 36: Totale energievraag per post per maand – RO



Grafiek 37: Totale energievraag per post per maand - DO



16.7 Energieopwekking

Er is een verdeling te maken van energieopwekking uit hernieuwbare bronnen in warmteopwekking en elektriciteitsopwekking, die invulling dienen te geven aan respectievelijk de warmte- en elektriciteitsvraag. Het referentieontwerp heeft geen energieopwekking. Daarom wordt in het vervolg van dit hoofdstuk alleen de resultaten van het definitief ontwerp gegeven.

16.7.1 Warmteopwekking

Voor het opwekken van warmte en koude wordt de warmtebron van de diepe ondergrond gekoppeld aan een warmtepomp. Dit geeft een COP voor verwarmen van 3.61 en een COP voor koelen van 5,4. De elektriciteitsbehoefte die nodig is voor de warmtepomp wordt verkregen door de warmtevraag/koelvraag te delen door de bijbehorende COP. Kortom, door het toepassen van de warmtepomp met de diepe ondergrond als warmtebron, wordt de energie die nodig is voor het invullen van de warmte en koude behoefte van het gebouw gereduceerd en omgezet in een elektriciteitsvraag. De hoeveelheid waarmee de energievraag voor verwarmen en koelen wordt verminderd geeft een simulatie van de warmteopwekking.

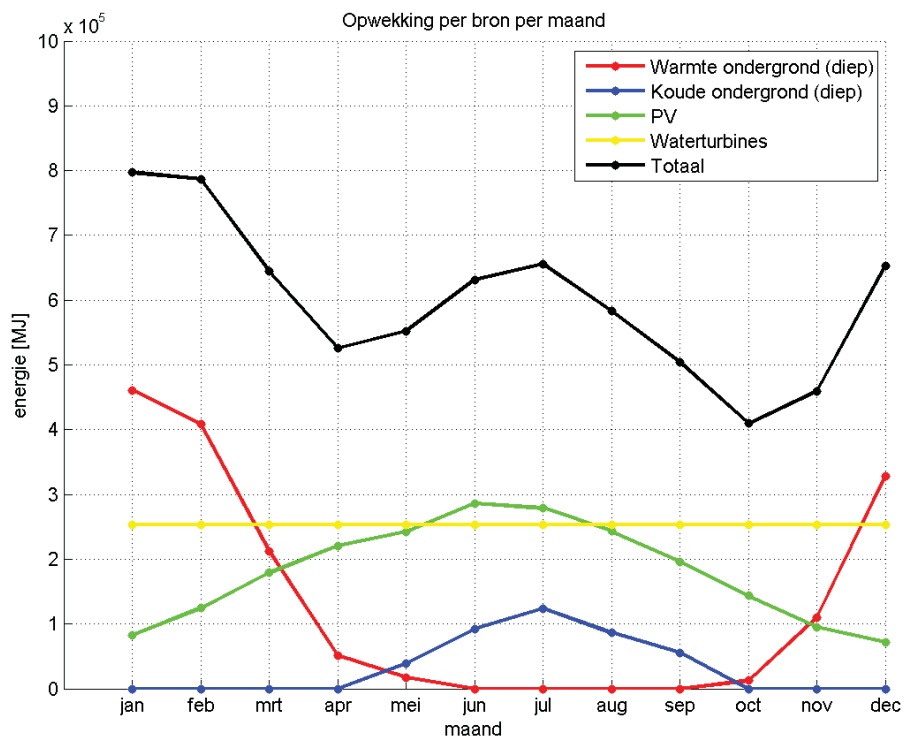
16.7.2 Elektriciteitsopwekking

De elektriciteitsvraag wordt ingevuld met energie opgewekt uit 4400m² PV installatie op het dak. Deze energieopwekking wordt aangevuld met energieopwekking van 13 waterturbines in het water. De opwekking is weergegeven in de onderstaande tabel en grafiek.

Tabel 59: Energieopbrengst uit hernieuwbare bronnen (DO)

	elektriciteitsopwekking		warmteopwekking		totaal	Eenh
	PV_dak 4400 m2	Water 13 turbines	ondergrond diep: verwarmen	ondergrond diep: koelen		
jan	82936.2	234000	460609	0	777545.2	MJ
feb	124378	253500	408707	0	786585	MJ
mrt	179186	253500	211848	0	644534	MJ
apr	220524	253500	51497.6	0	525521.6	MJ
mei	242230	253500	17416.3	38799	551945.3	MJ
juni	285951	253500	0	91920.8	631371.8	MJ
juli	278647	253500	0	123579	655726	MJ
aug	243058	253500	0	86189.8	582747.8	MJ
sept	195866	253500	0	55302.2	504668.2	MJ
okt	143286	253500	12679.3	0	409465.3	MJ
nov	95265.2	253500	110322	0	459087.2	MJ
dec	71695	253500	328206	0	653401	MJ
Totaal	2163022	3E+06	1601285.2	395790.8	7182598.4	MJ
tot spec	41.1	57.4	30.4	7.5	136.5	MJ/m2
(%)	30	42	22	6	100	%

Grafiek 38: Energieopwekking uit hernieuwbare bronnen per maand (DO)



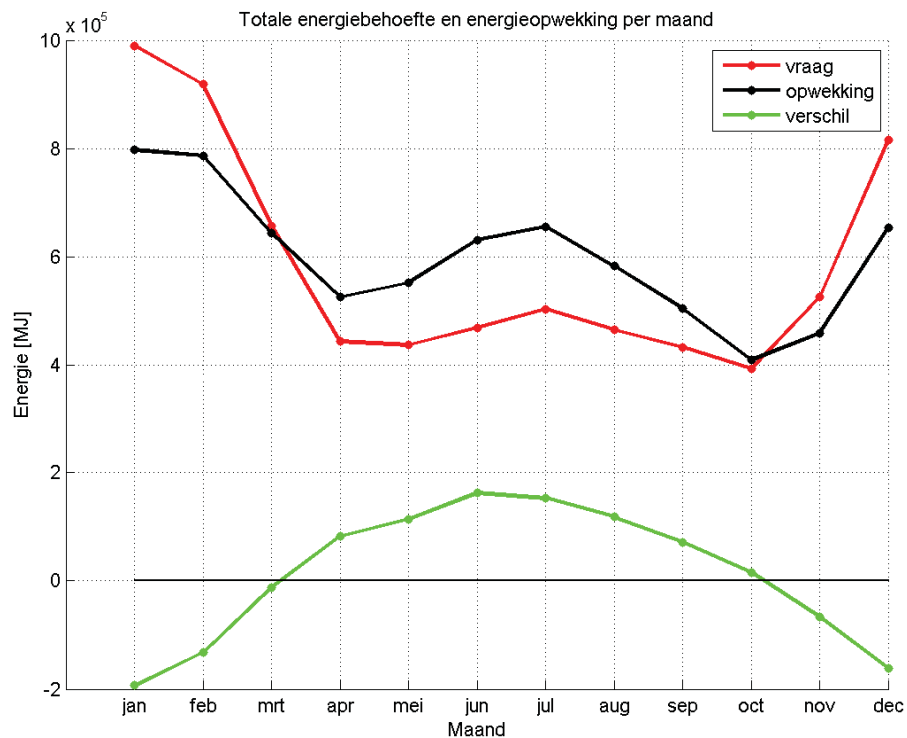
16.8 Energiebalans

De energiebalans presenteert de totale energievraag en energieopwekking per maand. Uit de onderstaande tabel wordt duidelijk dat in de maanden januari, februari en december er een tekort aan energie is. Dit tekort wordt echter teniet gedaan door het overschot in de overige maanden. Over het jaar berekend blijft er een surplus over van 851990 MJ. Dit kan de resterende warmtevraag voor tapwater wellicht compenseren.

Tabel 60: Energiebalans definitief ontwerp

Maand	Vraag	Opwekking	Verschil	Eenh.
jan	990096	777545.2	- 212550	MJ
feb	918861	786585	-132276	MJ
mrt	656548	644534	-12014	MJ
apr	443768	525521.6	81753	MJ
mei	437622	551945.3	114323	MJ
juni	468953	631371.8	162419	MJ
juli	503346	655726	152380	MJ
aug	464956	582747.8	117792	MJ
sept	433169	504668.2	71499	MJ
okt	394009	409465.3	15456	MJ
nov	525538	459087.2	-66450	MJ
dec	815566	653401	-162165	MJ
Totaal	7052431	7182598.4	130168	MJ
totaal. Specifiek	134.0002	136.47346	2	MJ/m2

Grafiek 39: Energiebalans (DO)



16.9 Discussie & conclusies

De afname van de energievraag van het DO is 40% ten opzichte van RO. Hierbij is zichtbaar dat het energievraagpatroon is afgezwakt door de energiereducerende ingrepen.

In de ontwikkeling van het definitief ontwerp is getracht de energieopwekking aan te passen aan de energie vraag. Dit is zichtbaar in grafiek 40. De opwekking van de waterturbines heeft een stabiliserend effect op de totale opwekking (grafiek 38). Het is echter niet mogelijk gebleken om de opwekking volledig passend te maken aan de energievraag. De groene lijn geeft de noodzaak aan voor energieopslag of teruglevering aan het elektriciteitsnet.

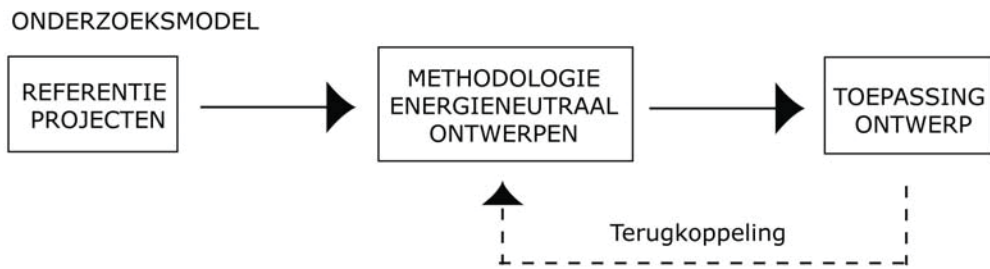
Verder is in de grafieken de grote invloed van het heersende klimaat (zon, temperatuur etc) zichtbaar op zowel de vraagzijde als de opwekkingszijde van de energiebalans. Hieruit blijkt dat energieneutrale gebouwen zich voornamelijk dienen aan te passen aan het klimaat om energieneutraliteit op een efficiënte wijze te kunnen bereiken.

Ten slotte is zichtbaar dat de 13 waterturbines met 40% verantwoordelijk zijn voor het grootste aandeel van de energieopwekking. Het is echter discutabel of de energieopwekking uit waterturbines verantwoord kan worden vanuit de begripsbepaling van energieneutraal. Het is namelijk onduidelijk of het water van de East River behoort tot het ontwerpgebied van het UNEC (de grenzen waarbinnen energie dient te worden opgewekt). De waterturbines bevinden zich tussen de esplanade die is geïntroduceerd met het masterplan en de kade van het UN. Er is echter wel duidelijk geworden dat het toepassen van waterturbines noodzakelijk is om een positieve energiebalans te verkrijgen.

Kortom, het is van belang gebleken om de energievraag zo efficiënt mogelijk te reduceren en om de energiepotenties uit de omgeving zo efficiënt mogelijk te integreren in het ontwerp ter opwekking van energie uit hernieuwbare bronnen. Door het toepassen van een PV installatie, een warmtepomp met de diepe ondergrond als warmtebron en waterturbines is een positieve energiebalans behaald.

DEEL IV

EVALUATIE



- Onderzoeksmodel -
(Eigen werk)

17 EVALUATIE VALIDERENDE CASUS

17.1 Beschrijving ontwerpproces

In de periode vanaf de start van afstudeertraject tot aan de P2 is er aan de hand van een analyse naar de stedenbouwkundige situatie en het programma van eisen een voorstel gedaan voor een architectonisch ontwerp. Dit architectonisch ontwerp is voortgekomen uit uitgangspunten voor het ontwerp van het gebouw en de ontwerplocatie. Met het ontwikkelen van het architectonisch concept is een keuze gemaakt voor de locatie, oriëntatie en vorm van het gebouw. Hieraan ten grondslag liggen architectonische uitgangspunten en het programma van eisen.

Vervolgens is een programma van mogelijkheden opgesteld, die architectonische ingrepen beschrijft, die kunnen bijdragen aan het realiseren van een energieneutraal gebouw. Er is een energie potentiescan gedaan voor de ontwerplocatie. Hiermee zijn grond- en klimaatgebonden kenmerken van de locatie in kaart gebracht. Aan de hand van deze twee deelstudies kan de potentie van de verschillende architectonische ingrepen beoordeeld worden op potentie voor het reduceren van de energievraag en opwekken van energie. Door middel van het verzamelen van deze informatie is het mogelijk geweest om een warmte- en een elektriciteitsconcept te vormen, waarin alle stappen van de nieuwe stappen methode vertegenwoordigd zijn. Door de volgorde van de nieuwe stappen methode sturend te laten zijn in het bepalen van prioriteit bij ontwerpbeslissingen, is een energieconcept ontwikkeld die al neigt naar energieneutraal. De mate van energieneutraliteit van de gekozen architectonische ingrepen is aangetoond door de energievraag en energievraagpatronen behorende bij het ontwerp met behulp van een aangepaste EPC berekening en de energieopwekking met behulp van de energiepotentiescan te bepalen. Op deze wijze is het concept, met bijbehorende programma van energiemaatregelen, getoetst op energieneutraliteit en is de noodzaak voor optimalisatie van de concepten zichtbaar geworden.

17.1.1 Moeilijkheden tijdens ontwerpproces

Tijdens het ontwerpproces is gebleken dat de ontwerpkeuzen met de grootste potentie voor een energieneutraal gebouw niet altijd ten goede komen van het architectonische concept. Waar compact bouwen een positief effect zal hebben op de energievraag, zal het niet ten goede komen aan de daglichttoetreding, en daarmee de kwaliteit van het binnenklimaat. Ook de ingreep van de kantoren onder het UN plateau doet de energievraag niet ten goede, maar verhoogd wel de functionaliteit van het gebouw en heeft een positieve bijdrage aan de materiële duurzaamheid van het gebouw. Deze tegenstrijdigheden illustreren de voorkeur van de architect versus de energie deskundige. Hieruit blijkt ook dat de wisselwerking tussen de verschillende integrale ontwerpaspecten, zoals omschreven in ontwerpmethodiek, elkaar kunnen tegenspreken. Het uiteindelijke totaalconcept is altijd een compromis tussen wat het beste is voor de architectuur, de energiebalans en de kosten. Idealiter zouden deze 3 aspecten elkaar moeten versterken.

17.2 Alternatieve werkwijze

Uit het beschreven ontwerpproces blijkt dat er eerst een architectonisch ontwerp is gemaakt, voordat de andere deelaspecten van het 'integraal ontwerpen' zijn onderzocht.

Hierdoor is er al een voorkeur ontwikkeld voor een bepaalde gebouwvorm en concept. Wanneer de deelaspecten van het 'integraal ontwerpen' werkelijk gelijktijdig en parallel aan elkaar worden onderzocht kan dit het ontstaan van ontwerpconflicten door tegenstrijdigheden tussen het architectonische concept en het energieconcept verminderen of voorkomen. Het gaat er uiteindelijk om welke argumenten zwaarder wegen, die van de architect, die van de energiedeskundige of die van de financierder. Een dergelijke benadering van het ontwerpproces ligt dichterbij de voorgestelde ontwerpmethodiek voor energieneutraal ontwerpen dan de toegepaste aanpak in de validerende casus. Hieruit blijkt het belang van integrale en parallelle beslissingsprocessen, die dienen te zorgen voor een eerlijke discussie.

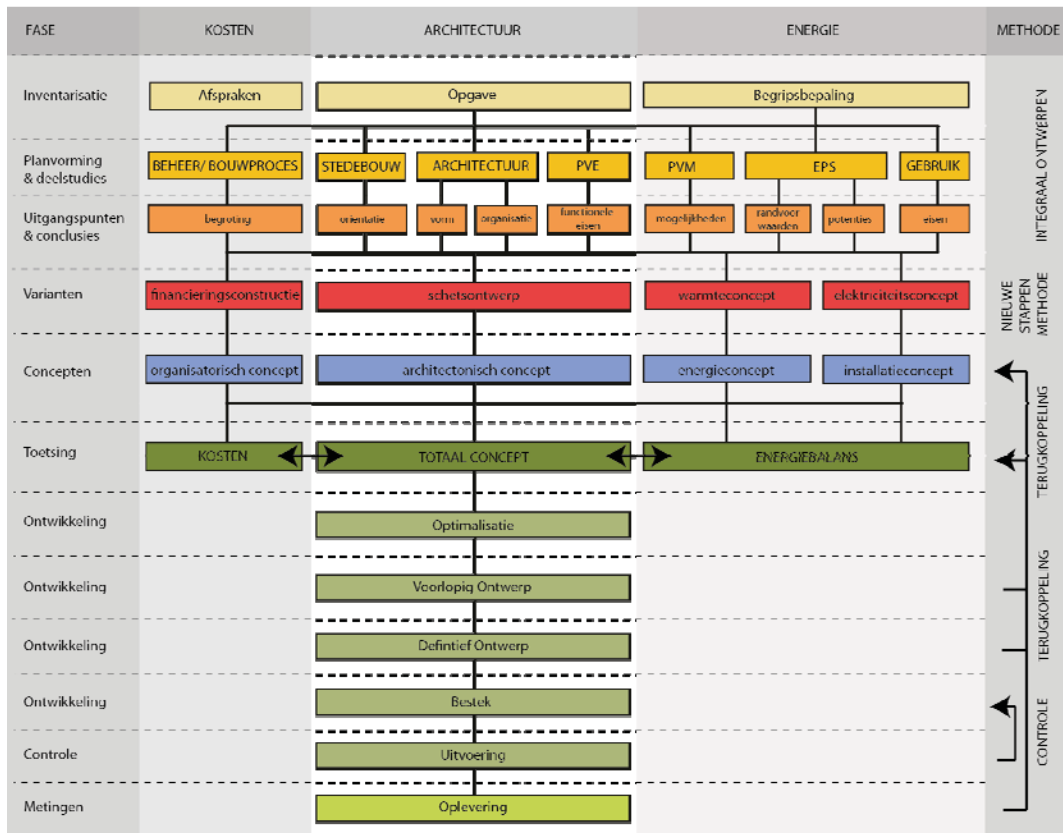
17.3 Tekortkomingen validerende casus

De validerende casus illustreert hoe het architectonische concept voor het UNEC zich heeft ontwikkeld tot een totaalconcept voor energieneutraliteit. Zoals hierboven beschreven verdient het de voorkeur om het architectonisch concept gelijktijdig te laten ontwikkelen met het energieconcept. De validerende casus kan dit gelijktijdige proces niet volledig laten zien.

Daarnaast is het deelaspect beheer en kosten van het 'integraal ontwerpen' niet evenredig aan bod gekomen. In welke mate het ontwikkelde concept haalbaar is zal dus nog moeten blijken. Hierdoor kan de validerende casus niet volledig inzicht geven in de werkwijze van de voorgestelde ontwerpmethodiek en de doorslaggevende factoren in het maken van beslissingen.

18 EVALUATIE ONTWERPMETHODIEK

In dit hoofdstuk zal getracht worden om een optimalisatie te geven van de voorgestelde ontwerpmethodiek voor energieneutraal ontwerpen. De aanpassingen, die zijn verwerkt in het onderstaande schema, zijn het gevolg van ervaringen van de validerende casus.



Figuur 66: Ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen¹ *

Het bovenstaande schema weerspiegelt het ontwerpproces dat hoort bij de ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen. Goed zichtbaar is de trechtersvorm, waarbij kristallisatie van alle kennis plaatsvindt in de conceptfase. Dit wordt gevolgd door een proces van terugkoppeling, waarbij het conceptontwerp en het ontwerp in ontwikkeling continu wordt getoetst aan de kosten, het totaal concept en de energiebalans. Op deze wijze doorloopt het ontwerpproces een loop ter optimalisatie van de ontwerpbeslissingen.

18.1 Fasen ontwerpproces

¹ * In bijlage C is een vergrote versie van de ontwerpmethodiek te vinden.

De fasen die het ontwerpproject van een energie neutraal utiliteitsgebouw doorloopt staan weergegeven in het bovenstaande schema en zijn hieronder toegelicht.

1. Initiatiefase

Plannen ontstaan vanuit een vraag. In de initiatiefase is het belangrijk deze vraag helder te formuleren. In een dialoog tussen diverse partijen worden de doelen gesteld. Hieronder valt ook de definiëring van het begrip energieneutraal. Daarnaast kunnen afspraken worden gemaakt omtrent de financiering van het project.

2. Planvorming/deelstudies

In de planvorming is het van belang dat zowel architectonische als energetische thema's parallel aan elkaar worden onderzocht. Met betrokken partijen wordt de vraag en de problematiek betreffende de thema's van het integraal ontwerpen geanalyseerd. De hoeveelheid informatie rondom het vraagstuk is hier van belang. Deze metaforische zandloper, die het ontwerpproces weerspiegelt, wordt van bovenaf gevuld met informatie. Feiten worden verzameld, relaties onder de loep genomen, situaties geanalyseerd enz. Hier begint een intensieve dialoog waarin voorstellen en ideeën de revue passeren.

3. Uitgangspunten & randvoorwaarden

De planvorming en deelstudies kunnen resulteren in conclusies en uitgangspunten voor de ontwikkeling van varianten. Dit kan betrekking hebben op bijvoorbeeld vorm, organisatie en functionele eisen voor het architectonische ontwerp, maar ook potenties, mogelijkheden, randvoorwaarden en minimale eisen voor het energetische ontwerp.

4. Varianten

De architectonische en energetische uitgangspunten en randvoorwaarden hebben allen zowel invloed op varianten voor het schetsontwerp, het warmteconcept en het elektriciteitsconcept. Ook innovatieve vormen van financieringsconstructies kunnen zich in deze fase aandragen.

5. Concepten

De conceptvorming is het condensatiepunt van alle informatie. Een duidelijke diagram, maquette of schetsontwerp verbeeldt de gedachten of het vraagstuk. Dit kan een abstracte weergave zijn van het idee achter de mogelijke oplossing. Dit is dan ook het draaipunt voor de verdere ontwikkeling van het ontwerpproces. Vanuit dit model zal worden vormgegeven, en aan dit model wordt deze vormgeving steeds getoetst door middel van terugkoppeling.

6. Toetsing

Voordat de vormgeving zich verder kan ontwikkelen is het echter noodzaak om het concept te toetsen aan de energiebalans, ter bewijs van de energieneutraliteit. Wanneer energieneutraliteit nog niet wordt bereikt met de voorgestelde concepten, dienen deze te worden geoptimaliseerd door middel van terugkoppeling naar de conceptfase. Zo doorloopt het concept in ontwikkeling een loop, waarbij aanpassing wordt geput uit de varianten. De loop wordt beëindigd wanneer de energiebalans (en de kosten) groen licht geeft.

7. Ontwikkeling

Nadat het ontwerpconcept is geoptimaliseerd op kosten, totaalconcept en energiebalans, zal het zich verder ontwikkelen via een voorlopig ontwerp, een definitief ontwerp en bestektekeningen. Het is van belang dat ook in deze fasen van het ontwerpproces continue terugkoppeling naar de energiebalans plaatsvindt.

8. Uitvoering

De bestektekeningen zijn de basis voor de uitvoering. Zeer energiezuinig bouwen is echter vakwerk. Instructie en nauwlettend toezicht op de bouwplaats helpen mee om de berekende resultaten ook in de praktijk te realiseren.

9. Oplevering.

Na oplevering is het van belang dat het energieverbruik van het gebouw nauwkeurig wordt gemeten, zodat wederom terugkoppeling naar de energiebalans mogelijk is. Dit zal veel informatie geven over de juistheid van de energiebalans, waardoor de achterliggende rekenmethode zich kan ontwikkelen. Daarnaast kunnen fouten in het systeem opgespoord worden.

18.2 Integraal ontwerpen

Uit de validerende casus is het belang van integraal ontwerpen gebleken. De ontwikkeling van architectonisch concept en energieconcept vinden parallel aan elkaar plaats en kunnen elkaar beïnvloeden. Daarnaast dienen er innovatieve financieringsconstructies onderzocht te worden.

Door het gelijktijdig onderzoeken van architectonische en energetische aspecten, kan het totaalconcept uit meer beschikbare informatie putten. In het vormen van ontwerpvarianten is het van belang dat 'kruisbestuiving' plaatsvinden tussen de architectonische en energetische deelstudies en hieruit resulterende uitgangspunten. Dit geeft als resultaat dat energetische uitgangspunten invloed zullen hebben op het schetsontwerp en architectonische uitgangspunten invloed zullen hebben op het warmte- en elektriciteitsconcept. Dit fenomeen van 'kruisbestuiving' zal het ontwerpconcept een sterkere fundering geven en ligt ten grondslag aan energieneutraal ontwerpen.

18.3 Nieuwe stappen methode

Een energieneutraal gebouw dient te functioneren als een duurzaam energievoorzieningsstelsel. Een energievoorzieningsstelsel heeft twee aspecten, het voorzien in warmte en het voorzien in elektriciteit. Daarom is het van belang dat er een warmteconcept en een elektriciteitsconcept wordt ontwikkeld. Hierbij is het van belang om de nieuwe stappen methode leidend te laten zijn in het nemen van beslissingen. Het toepassen van de nieuwe stappen methode kan resulteren in een programma van energiemaatregelen waarbij architectonische ingrepen ter energiereductie, hergebruik van reststromen, energieopwekking uit hernieuwbare bronnen en energieopslag aan bod dienen te komen. Het warmteconcept en elektriciteitsconcept tezamen zullen resulteren in een energieconcept en een installatieconcept die energieneutraliteit dienen te garanderen. Op deze wijze biedt de nieuwe stappen methode de basis voor een energieneutraal ontwerp.

18.4 Energiebalans

Uit de validerende casus is het belang van de energiebalans gebleken. De energiebalans kan aantonen of de gekozen ontwerpmaatregelen zullen leiden tot een energieneutraal ontwerp. De energiebalans bepaald dus de effectiviteit van het ontwerp. De energiebalans geeft in de ontwikkeling van het concept de noodzaak van optimalisatie aan. Zolang het concept niet

leidt tot energieneutraliteit zal een stap terug gedaan moeten worden ter optimalisatie van het concept. Zo doorstaat het ontwerpproces als het ware een loop, die wordt beëindigd wanneer de energiebalans een groen licht geeft. Ook in het vervolg van het ontwerpproces zal altijd terugkoppeling plaatsvinden aan de energiebalans. Hiermee is de energiebalans een beslissende factor in de ontwikkeling van het ontwerpproces.

De nauwkeurigheid van de rekenmethode die ten grondslag ligt aan de energiebalans bepaald voor grotendeels de betrouwbaarheid ervan. Gezien de energiebalans echter al in een vroeg stadium van het ontwerpproces wordt ingezet, zal het altijd een globale berekening zijn. In het vervolg van het ontwerpproces zullen steeds meer details een rol kunnen spelen in de berekening van de energiebalans.

18.5 Kosten

Dit onderzoek heeft zich specifiek gericht op energie. In realiteit zullen ook kosten een bepalende rol kunnen spelen in de ontwikkeling van een gebouwoontwerp. Daarom is het van belang om al bij de inventarisatie het thema kosten te onderzoeken, bijvoorbeeld door het bepalen van de terugverdientijd van architectonische ingrepen, zodat gekomen kan worden tot innovatieve financieringsconstructies. Uiteindelijk dient het concept getoetst te worden aan de kosten, het beschikbare budget, zodat in latere stadia van het ontwerpproces onverwachte bezuinigingsrondes zo goed mogelijk voorkomen kunnen worden.

19 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

19.1 Energieneutraliteit

Een energieneutraal gebouw begint met een doelstelling of ambitie: het energetische kwaliteitsniveau. Een heldere definiëring voor 'energieneutraal' ligt hieraan ten grondslag.

De term energieneutraal heeft betrekking op het gebouwgebonden en gebruikersgebonden energieverbruik vanaf het moment van oplevering totdat het gebouw wordt gesloopt. Een gebouw is energieneutraal als het tijdens het gebruik geen netto energievraag heeft. Hierbij wordt de jaarlijkse verwachte energiebalans bij normaal gebruik in acht genomen. Alle duurzame maatregelen met betrekking tot energie moeten binnen de grenzen van de bouwlocatie worden opgelost om neutraliteit te bereiken.

19.1.1 Aspecten die doorslaggevend zijn voor energieneutraliteit

De Nieuwe Stappen Methode is een belangrijke leidraad voor het bereiken van een kostenefficiënt en energetisch duurzaam gebouwontwerp. De stappen kunnen vertaald worden naar architectonische ingrepen voor een energieneutraal gebouw. Voor het ontwikkelen van een energieneutraal gebouwontwerp is het daarom van belang dat alle 4 de stappen terugkomen in de vorm van architectonische ingrepen. Alle mogelijke ingrepen ter vermindering van de energievraag, hergebruik van reststromen, opwekking van energie uit hernieuwbare bronnen en energieopslag kunnen gevormd worden tot een Programma van Mogelijkheden.

Aan de hand van een energie potentie scan kunnen voor een specifieke plek de juiste aanbevelingen gemaakt worden met betrekking tot het toepassen van passieve architectonische ingrepen en het opwekken van energie uit hernieuwbare bronnen. Een energie potentiescan geeft inzicht in de energetische kansen en zwakke punten voor specifieke energieopwekking, gebaseerd op klimatologische, geofysische en cultuur technische eigenschappen van een gebied. Hierdoor heeft de energie potentiescan een sturende werking in het maken van beslissingen uit het programma van mogelijkheden. Naast inzicht in de mogelijke architectonische ingrepen is kennis van de gebouwgerelateerde energievraag van belang voor een energieneutraal gebouwontwerp. Alle factoren die het thermische comfort beïnvloeden hebben een direct effect op de energievraag van gebouwen. Uit deze factoren volgen zeven energietheema's, namelijk verwarmen, koelen, ventilatie, verlichting, bevochtiging, pompen en elektriciteit.

De energievraag kan worden verminderd door de energiebehoefte te verminderen en de klimaatinstallaties te optimaliseren. Locatiegebonden parameters die de energievraag van gebouwen bepalen zijn de klimaatafhankelijke factoren als buitentemperatuur en zonnestraling. Het energievraagpatroon van gebouwen is seizoensafhankelijk, met een piek in de zomer en de winter. De warmte- en koelvraag geven een sinusvormig patroon over het jaar. De elektriciteitsvraag is echter bijna constant.

De hierboven beschreven energievraag kan berekend worden met de Energie Potentie Norm (EPN). De EPN is een genormaliseerde rekenmethode die per maand een schatting geeft van de energievraag van een gebouw met een gebruik zoals beschreven in de energieprestatienormen. Kritisch oordelen over de correctheid van de resultaten is echter

van belang, omdat de rekenmethode minder toereikend wordt wanneer de energievraag daalt.

19.2 Case studies

Uit onderzoek naar de energieneutraliteit van 5 referentieprojecten is gebleken dat geen enkel project bewezen energieneutraal is. Verder is gebleken dat de grootste energie reductie wordt behaald voor de energieposten verwarming, koeling en verlichting. Compact bouwen, in combinatie met een goede thermische schil, ventilatie met warmteterugwinning en aanpasbare buitenzonwering lijken ten grondslag te liggen aan de energievraag reductie. De seizoensafhankelijkheid van energieopwekking uit hernieuwbare bronnen vraagt om opslagmethoden of teruglevering aan het elektriciteitsnet.

19.3 Beoordelingsmethoden voor duurzaamheid

Uit onderzoek naar beoordelingsmethoden voor duurzaamheid is gebleken dat de EPG methode (die de EPN en EI vervangt), in combinatie met Greencalc+, de rekenmethodes lijken die het best aansluiten bij het begrip 'energie neutraal'. Ook GPR en BREEAM zijn hiervoor bruikbaar, omdat zij de EPC-berekening als rekenmodule hanteren.

19.4 Methodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen

Een gebouwontwerp met een hoge energetische ambitie vereist meer samenhang, onder meer voor de energetische kwaliteit. Het gaat om een integrale aanpak, die al begint bij de eerste ideeën rond een project. Integraal ontwerpen vereist dat er in de eerste fase van het ontwerpproces, de conceptontwikkeling, parallel aan elkaar aandacht is voor de thema's architectuur, programma van eisen, programma van mogelijkheden, energie potentie scan, gebruik en beheer.

De complexiteit van een integraal ontwerpproces vraagt om een benadering vanuit concepten. Het denken in concepten is te onderscheiden in architectonische, energetische, installatietechnische en organisatorische concepten, die samenhangen en elkaar soms overlappen. Het gaat er uiteindelijk om deze concepten in overeenstemming met elkaar te brengen tot een totaalconcept.

Bij een energiebewust ontwerp dienen de uitgangspunten en keuzen steeds tegen het licht van energiegebruik te worden beschouwd. Inzicht in de consequenties van bepaalde ontwerpbeslissingen op het energiegebruik is hiervoor noodzakelijk. Daarom dient het ontwerp altijd getoetst te worden aan de energiebalans ter optimalisatie van het energiegebruik. Belangrijk in het ontwerpproces is dat het architectonische concept overeind blijft ondanks de energetische keuzes.

Bij de uitwerking van het ontwerpconcept tot een voorlopig en definitief ontwerp blijft het belangrijk om alle aspecten van 'integraal ontwerpen' parallel te behandelen. Instructie en toezicht op de bouwplaats helpen mee om de berekende resultaten ook in de praktijk te realiseren. Acceptatie en correct gebruik van innovatieve energieconcepten is van belang tijdens het gebruik.

Controle tijdens de uitvoering en na oplevering is van belang om inzichtelijk te maken of het gebouw functioneert volgens ontwerp. Het meten zou onderdeel moeten zijn van beheer en onderhoud om de energieneutraliteit in gebruik te kunnen testen en indien nodig te optimaliseren.

Financiering van zeer energiezuinig of energieneutraal bouwen is mogelijk en kan na een aantal jaren winst opleveren. Hiervoor is wel een omschakeling van denkwijze nodig. Energieneutrale bouw dient in de markt gezet te worden met argumenten als kwalitatief beter, onafhankelijk van fossiele energie en hoger comfort. Het principe van Total Cost of Ownership is volgens een dergelijke denkwijze opgezet.

19.4.1 Een Energieneutraal United Nations Environmental Council

Aan de hand van een validerende casus, het ontwerpproject voor het United Nations Environmental Council (UNEC), is getracht inzicht te geven in de werkwijze van de voorgestelde methodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen. Uit de validerende casus blijkt dat het parallel onderzoeken van de deelaspecten van het integraal ontwerpen van groot belang is voor de mate van succes van de methodiek.

De architectonische ingrepen die zijn verwerkt in het ontwerpconcept ter vermindering van de energievraag zijn beargumenteerd met berekeningen van de energievraag. De berekeningen van energievraag zijn gebaseerd op de EPC methodiek conform NEN 2916. Het blijkt echter dat wanneer de energievraag daalt, de rekenmethode minder toereikend wordt en dat het beter is te kijken naar de werkelijke energiestromen. De correctheid van de berekening kan hierdoor in twijfel worden getrokken. Ter illustratie van de voorgestelde methodiek is echter aangenomen dat de berekeningen kloppen. Indien een nauwkeurigere rekenmethode beschikbaar is verdient deze de voorkeur.

De beslissingen met betrekking tot energieopwekking zijn gebaseerd op de energie potentiescan. Voor energieopwekking is gebleken dat voor het opwekken van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen waterkracht de grootste potentie heeft. Daarnaast komt het integreren van zonne-energie op het dak goed tot zijn recht in de architectuur.

Verder is gebleken dat de ondergrond van de ontwerplocatie slecht geschikt is voor warmte en koude opslag in de grond. Wel zijn er voorbeelden in New York van gesloten boorputten, waarmee aardwarmte kan worden toegepast als warmtebron. Uit de specifieke opbrengsten wordt ook duidelijk dat voor het opwekken van warmte uit hernieuwbare bronnen de diepe ondergrond de meeste potentie heeft.

Uit de validerende casus is duidelijk geworden dat het totaalconcept altijd een compromis is tussen wat energetisch gezien het beste is en wat architectonisch gezien de beste oplossing geeft. Aan de hand van een energiebalans, waarin de energievraag en de energieopwekking samenkomen, is aangetoond dat het ontwikkelde totaalconcept leidt tot energieneutraliteit.

19.5 Aanbevelingen

Opslagmethoden bepalen voor een groot deel de mogelijkheid voor energieneutraliteit. Hiermee dient het verschil in energiepatroon tussen vraag en opwekking te worden overbrugd. Elektriciteit kan niet zonder meer worden teruggeleverd aan het elektriciteitsnet. Onderzoek naar betere en betaalbare opslagmethoden voor energie is daarom van belang. De mate van energieneutraliteit van een ontwerp kan alleen worden geschat aan de hand van een energiebalans. De rekenmethode die ten grondslag ligt aan de energiebalans biedt veel mogelijkheden voor nader onderzoek.

De voorgestelde ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen is slechts een eerste aanzet, die niet wetenschappelijk bewezen is. Toekomstige projecten met een energieneutrale ambitie zullen meer inzicht moeten geven in de juistheid van de methodiek. Het meten van het energiegebruik van een gebouw na oplevering zou onderdeel moeten zijn van beheer en onderhoud om de energieneutraliteit in gebruik te kunnen testen en indien

nodig te optimaliseren. Ook kan bemetering veel inzicht geven in de fouten van de rekenmethode die ten grondslag ligt aan de energiebalans, zodat deze kan worden aangescherpt.

20 BRONVERMELDING

INLEIDING

- 1 Thomas Herzog, *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*, Munich and New York (1996))
A. van Timmeren, *Duurzaamheid in de gebouwde omgeving, Autonomie & Heteronomie, integratie en verduurzaming van essentiële stromen in de gebouwde omgeving*, Zaandam 2006, p8
- 3 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, *Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw*, p9
D66 heuvelrug; website: <http://d66utrechtseheuvelrug.nl/socialeduurzaamheid>, geraadpleegd op 19-05-2011
- 5 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, *Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw*
- 6 PNG, *Visie op transitie Gebouwde Omgeving*, 2006
- 7 M. Menkveld, *Het onbenut rendabel potentieel voor energiebesparing*, 2005
- 8 Agentschap NL, *Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde, Rekenmethoden*, versie: concept2 Februari 2010
- 9 A. van den Dobbelsteen, D. Doepel en N. Tillie, *REAP, Rotterdamse EnergieAanpak en –Planning, Op naar CO2-neutrale stedenbouw*, Projectgroep Hart van Zuid en Rotterdam Climate Initiative, Rotterdam april 2009
- 10 A. van den Dobbelsteen, D. Doepel en N. Tillie, *REAP, Rotterdamse EnergieAanpak en –Planning, Op naar CO2-neutrale stedenbouw*, Projectgroep Hart van Zuid en Rotterdam Climate Initiative, Rotterdam april 2009

HOOFDSTUK 2

- 11 Agentschap NL, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, *Infoblad - Energieneutraal Bouwen, hoe doe je dat?*, versiedatum: 04-10-2010
- 12 Agentschap NL, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, *Infoblad - Energieneutraal Bouwen, hoe doe je dat?*, versiedatum: 04-10-2010
- 13 Agentschap NL, *Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq. Energieneutrale utiliteitsgebouwen*, Eindrapport versie 0.1, April 2010
- 14 Agentschap NL, *Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde, Rekenmethoden*, versie:concept2, Februari 2010

HOOFDSTUK 3

- 15 Nederlands Onderzoeksplatform Duurzame Energie; internetbron: <http://www.energieplatform.nl/energieopties/energieopslag/>, geraadpleegd op 6-04-2010
- 16 Techbusiness; internetbron: <http://www.techbusiness.nl/162/688/clean-tech-energie/smart-grid.html>, geraadpleegd op 10-08-2011
- 17 Duurzame Energie Thuis; internetbron: <http://www.duurzameenergiethuis.nl/energie/slim-elektriciteitsnetwerk-voor-duurzame-energiebronnen-stap-dichterbij-1380.html>, geraadpleegd op 2-08-2011
- 18 E. Lysen, S. van Egmond en S. Hagedoorn, *Opslag van elektriciteit: status en toekomstperspectief voor Nederland*, augustus 2006 Utrecht, p9

HOOFDSTUK 4

- 19 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, *Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw*, p 21

-
- 20 Ir. S. Broersma, M. Fremouw, Prof. Dr. Ir. A. van den Dobbelsteen, *Warmtekaarten, Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht*, concept eindrapport versie 2.0, 8-11-2010, p9
- 21 Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport*, Eindrapport versie 4.6, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009, p11
- 22 Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport*, Eindrapport versie 4.6, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009, p9
- 23 A. van den Dobbelsteen, S. Jansen, A. van Timmeren en R. Roggema, *Energy Potential Mapping – A systematic approach to sustainable regional planning based on climate change, local potentials and exergy*, 2007
- 24 Bron arjan
- 25 Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut; Internetbron: http://www.knmi.nl/cms/content/40451/globale_straling, geraadpleegd op 22-03-2011
- Weeronline; internetbron: <http://www.weeronline.nl/globale-straling/3098/0>, geraadpleegd op 22-03-2011
- 26 Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport*, Eindrapport versie 4.6, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009, p15
- 27 Wikipedia; internetbron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Koude-warmte-opslag>, geraadpleegd op 23-03-2011
- 28 Nederlandse vereniging voor Nederlandse ondergrondse energieopslagsystemen; internetbron: <http://www.nvoe.nl/>, geraadpleegd op 25-03-2011
- 29 Nederlandse vereniging voor Nederlandse ondergrondse energieopslagsystemen; internetbron: <http://www.nvoe.nl/>, geraadpleegd op 25-03-2011
- 30 Ir. S. Broersma, M. Fremouw, Prof. Dr. Ir. A. van den Dobbelsteen, *Warmtekaarten, Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht*, concept eindrapport versie 2.0, 8-11-2010, p61
- 31 Geology.com; internetbron: <http://geology.com/articles/renewable-energy-trends/>, geraadpleegd op 28-03-2011

HOOFDSTUK 5

- 32 M. Hegger, M. Fuchs, T Stark, M. Zeumer, *Energy Manual, Sustainable Architecture*, edition Detail, Basel 2008, p55-60
- 33 Ir. A. C. van der Linden, Bouwfysica, Utrecht/Zutphen 2006, p 132
- 34 Agentschap NL, Ministerie van Economische Zaken , Landbouw en Innovatie; internetbron: <http://www.senternovem.nl/kompas/energiecijfers/>, geraadpleegd op 12-04-2011
- 35 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, *Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw*, p19

HOOFDSTUK 6

- 36 A. Weersink, *Schriftelijke praktijkcursus, Duurzaam bouwen*, 1999, P25
- 37 Agentschap NL, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, *Infoblad - Energieneutraal Bouwen, hoe doe je dat?*, versiedatum: 04-10-2010
- 38 T.H. Harmsen, *Project handhaving EPC, een project uit het klimaatprogramma van acht samenwerkende gemeenten*, Avans hogeschool, juni 2009

HOOFDSTUK 7

- 39 Ir. H. Versteeg en ir. J. van der Weerd, *Verschillende rekenmethodes duurzaamheid*, Bouwwereld #10 Bouwfysica (jaar?)

-
- 40 Mary Guzowski, *Toward Zero-Energy Architecture, New Solar Design*, London 2010
- 41 Mary Guzowski, *Toward Zero-Energy Architecture, New Solar Design*, London 2010
- 42 Wereld Natuur Fonds; internetbron: <http://www.wnf.nl/nl/actueel/nieuws/index.cfm?uNewsID=3047>, geraadpleegd op 09-03-2011
- 43 Bea de Buissonjé, *Niet-duurzaam bouwen is geen optie voor architect Thomas Rau, 'One planet architecture' is een levenshouding*, *Duurzaamheid* p5-6
Duurzaamheid; internetbron: http://images.autodesk.com/emea_nw_w_main/files/artikel_one_planet_architecture_rau.pdf, geraadpleegd op 06-06-2011
- 44 L. van der Mark, *'Duurzaam renoveren goed voor imago en portemonnee'*, *FMI* april 2008, p 14-17
- 45 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, *Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw*
- 46 Architectenbureau Paul de Ruiter bv; internetbron: http://www.paulderuiter.nl/projects/3_utiliteitsbouw/project/51_tnt_green_office_hoofddorp.html, geraadpleegd op 14-03-2011
- 47 Ir. P. de Ruiter, *Het gebouw als energiebron*, *TVVL magazine*, 6/2009
- 48 Ir. P. de Ruiter, *Het gebouw als energiebron*, *TVVL magazine* 6/2009 p18
- 49 Mark van Baal, *CO2-neutraal kantoor TNT doorbreekt 'cicle of blame'*, *Praktijkcase XL*, Special: duurzame energie
- 50 DGMR, EPU, NPR 2917 V2.02, *EPC berekening TNT Greenoffice*, 7 nov 2008
- 51 S. Pless en P. Torcellini (National Renewable Energy Laboratory), *Oberlin College Lewis Center for Environmental Studies: A low-Energy Academic Building*, Juli 2004
- 52 P.A. Torcellini, e.a., *Lessons Learned from Field Evaluation of Six High Performance Buildings*, juli 2004
- 53 Dara Olmstead and Dona Neely, *Genzyme Center, Headquarters for Genzyme Corporation, Shedding New Light on Sustainable Building Strategies*, September 27, 2005

HOOFDSTUK 9

- 54 A. van den Dobbelsteen, D. Doepel en N. Tillie, *REAP, Rotterdamse EnergieAanpak en -Planning, Op naar CO2-neutrale stedenbouw*, Projectgroep Hart van Zuid en Rotterdam Climate Initiative, Rotterdam april 2009
- 55 VOM architectuur en techniek; internetbron: <http://www.vom-architectuur.nl/3/Ontwerpproces.html>, geraadpleegd op 8-08-2011
- 56 A. Weersink, *Schriftelijke praktijkcursus, Duurzaam bouwen*, 1999, P25
- 57 A. Weersink, *schriftelijke praktijkcursus, duurzaam bouwen*, 1999
- 58 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, *Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw*,
- 59 A. Weersink, *schriftelijke praktijkcursus, Duurzaam bouwen*, 1999

HOOFDSTUK 10

-

HOOFDSTUK 11

- 60 Internetbron: http://www.urbanjustice.org/pdf/publications/peoples_plan.pdf, geraadpleegd op 19-04-2011
Report to the general assembly of the United Nations by the secretary-General, *The Permanent Headquarters of the United Nations*, New York, Juli 1947
- 62 Report to the general assembly of the United Nations by the secretary-General, *idem*, New York, Juli 1947
- 63 Report to the general assembly of the United Nations by the secretary-General, *idem*, New York, Juli 1947
- 64 Zonuren.nl; internetbron: <http://www.zonuren.nl/>, geraadpleegd op 29-10-2010
Wikipedia; internetbron: http://en.wikipedia.org/wiki/New_York_City#cite_ref-ASU_53-0, geraadpleegd op 29-10-2010

-
- 65 Agentschap NL, BL Energie en klimaat bv. *Energievademecum, Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen*, Boxtel 2010, p232
- 66 Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport, Eindrapport versie 4.6*, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009, p15
- 67 Turby; internetbron: <http://www.turby.nl/05/03%20Content%20B.htm>, geraadpleegd op 10-05-2011
- 68 New York Nature; internetbron: <http://www.newyorknature.net/Geology.html>, geraadpleegd op 10-05-2011
- 69 Report to the general assembly of the United Nations by the secretary-General, *i*, New York, Juli 1947
- 70 Wikipedia; internetbron: http://en.wikipedia.org/wiki/East_River, geraadpleegd op 10-05-2011
- J. Montrésor, *A plan of the city of New-York & its environs*. London 1766
- 71 A. Blumberg, *Estimates of the transport through the East River*, New York 1997
- 72 Peter Luscuere, consult

HOOFDSTUK 12

- 73 Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport, Eindrapport versie 4.6*, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009, p25
- 74 Verdant Power; internetbron: www.verdantpower.com, geraadpleegd op 10-05-2011
- 75 Verdant Power, *Roosevelt Island Tidal Energy Project*, november 2008
- 76 P. van den Engel, *heat pumps*, kennisbank bouwfysica febr 2009
- 77 Builder; internetbron: <http://www.builderonline.com/construction-trends/dig-deep.aspx>, geraadpleegd op 5-05-2011
- 78 Habitat; internetbron: <http://www.habitatmag.com/Publication-Content/Save-the-Environment-Save-the-World/Geothermal-Energy>, geraadpleegd op 5-05-11
- 79 Builder; internetbron: <http://www.builderonline.com/construction-trends/dig-deep.aspx>, geraadpleegd op 5-05-2011

HOOFDSTUK 13

Nederlandse Norm NEN 2915 (nl), *Energieprestatie van tilliteitsgebouwen_Bepalingsmethode*, ICS 91.120,10, december 2004, p 121

HOOFDSTUK 14

-

HOOFDSTUK 15

-

LITERATUURLIJST

- Agentschap NL, BL Energie en klimaat bv. *Energievademecum, Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen*, Boxtel 2010
- Agentschap NL, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, *Infoblad - Energieneutraal Bouwen, hoe doe je dat?*, versiedatum: 04-10-2010
- Agentschap NL, Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq. Energieneutrale utiliteitsgebouwen, Eindrapport versie 0.1, April 2010
- A. Blumberg, *Estimates of the transport through the East River*, New York 1997
- Ir. A. C. van der Linden, *Bouwfysica*, Utrecht/Zutphen 2006
- A. van den Dobbelsesteen, D. Doepel en N. Tillie, *REAP, Rotterdamse EnergieAanpak en – Planning, Op naar CO2-neutrale stedenbouw*, Projectgroep Hart van Zuid en Rotterdam Climate Initiative, Rotterdam april 2009
- A. van den Dobbelsesteen, S. Jansen, A. van Timmeren en R. Roggema, *Energy Potential Mapping – A systematic approach to sustainable regional planning based on climate change, local potentials and exergy*, 2007
- Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsesteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport, Eindrapport versie 4.6*, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009
- Arjan van Timmeren, *Duurzaamheid in de gebouwde omgeving, Autonomie & Heteronomie, Integratie en verduurzaming van essentiële stromen in de gebouwde omgeving*, Delft 2006
- A. Weersink, *Schriftelijke praktijkcursus, Duurzaam bouwen*, 1999
- DGMR, EPU, NPR 2917 V2.02, *EPC berekening TNT Greenoffice*, 7 nov 2008
- D. Olmstead and D. Neely, *Genzyme Center, Headquarters for Genzyme Corporation, Shedding New Light on Sustainable Building Strategies*, September 27, 2005
- Ir. H. Versteeg en ir. J. van der Weerd, *Verschillende rekenmethodes duurzaamheid*, Bouwwereld #10 Bouwfysica (jaar?)
- M. van Baal, *CO2-neutraal kantoor TNT doorbreekt 'cicle of blame'*, *Praktijkcase* XL, Special: duurzame energie
- Mary Guzowski, *Toward Zero-Energy Architecture, New Solar Design*, London 2010
- M. Hegger, M. Fuchs, T Stark, M. Zeumer, *Energy Manual, Sustainable Architecture, edition Detail*, Basel 2008
- M. Menkveld, *Het onbenut rendabel potentieel voor energiebesparing*, 2005
- Nederlandse Norm NEN 2915 (nl), *Energieprestatie van tiliteitsgebouwen_Bepalingsmethode*, ICS 91.120,10, december 2004, p 121
- Ir. P. de Ruiter, *Het gebouw als energiebron*, TVVL magazine, 6/2009
- P. Torcellini, S. Pless en M. Deru, *Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition, Preprint*, National Renewable Energy Laboratory Augustus 2006
- PNG, *Visie op transitie Gebouwde Omgeving*, 2006

P. Torcellini, e.a., *Lessons Learned from Field Evaluation of Six High Performance Buildings*, juli 2004

R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, *Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw*,

Report to the general assembly of the United Nations by the secretary-General, *The Permanent Headquarters of the United Nations*, New York, Juli 1947

Ir. S. Broersma, M. Fremouw, Prof. Dr. Ir. A. van den Dobbelsteen, *Warmtekaarten, Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht, concept eindrapport versie 2.0*, 8-11-2010

S. Pless en P. Torcellini (National Renewable Energy Laboratory), *Oberlin College Lewis Center for Environmental Studies: A low-Energy Academic Building*, Juli 2004

T.A.J. Schakoort, *Klimaatinstallaties, integratie van gebouwen en installaties & Overige gebouwinstallaties*, Juli 2009 TU Delft

T.H. Harmsen, *Project handhaving EPC, een project uit het klimaatprogramma van acht samenwerkende gemeenten*, Avans hogeschool, juni 2009

Verdant Power, *Roosevelt Island Tidal Energy Project*, november 2008

FIGURENLIJST

Figuur 1	Onderzoeksmodel Eigen bron
Figuur 2	Onderzoeksschema Eigen bron
Figuur 3	drie stappen strategie REAP
Figuur 4	nieuwe stappen methode REAP
Figuur 5	bijdrage van vier verbruikscategorieen aan CO2 emissie voor nieuwbouw kantoren met EPC van 1,1 (Bron: GPR)
Figuur 6	Schema opslag typologieen Eigen werk
Figuur 7	Globale zonnestraling waarden voor de wereld http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/ 24-03-2011
Figuur 8	de wereld ingedeeld in klimaatgebieden aan de hand van koppen ntr: schooltv; internetbron: http://www.schooltv.nl/eigenwijzer/2157310/aardrijkskunde/item/1200441/klimaatgebieden/ , geraadpleegd op 15-08-2011
Figuur 9	WNF kantoor RAU; internetbron: http://rau.eu/2009/11/wnf-hoofdkantoor/ , geraadpleegd op 15-08-2011
Figuur 10	warmteconcept en elektriciteitsconcept WNF kantoor Eigen werk
Figuur 11	Schutterstoren R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, <i>Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw</i> ,
Figuur 12	Warmteconcept en elektriciteitsconcept Schutterstoren Eigen werk
Figuur 13	TNT Greenoffice Paul de Ruiter architecten bv; internetbron: www.paulderuiter.nl , geraadpleegd op 15-08-2011
Figuur 14	warmteconcept en elektriciteitsconcept TNT Greenoffice Eigen werk
Figuur 15	Oberlin College Lewis Centre Inhabitat; internetbron: http://inhabitat.com/oberlin-college-setting-a-sustainable-example-in-ohio/ , geraadpleegd op 18-08-2011
Figuur 16	Warmteconcept en elektriciteitsconcept Oberlin College Eigen werk
Figuur 17	Genzyme Centre U.S. Green Building Council; internetbron: http://leedcasestudies.usgbc.org/overview.cfm?ProjectID=274 , geraadpleegd 15-08-2011
Figuur 18	Interieur Genzyme Centre Inhabitat; internetbron: http://inhabitat.com/genzyme-center/ , geraadpleegd op 15-08-2011
Figuur 19	Warmteconcept winter en zomer en elektriciteitsconcept Genzyme Centre Eigen werk
Figuur 20	Warmteconcept voor zomer en winter Eigen werk
Figuur 21	Elektriciteitsconcept Eigen werk
Figuur 22	Traditioneel Ontwerpproces Eigen werk
Figuur 23	Ontwerpproces voor energieneutrale gebouwen Eigen werk
Figuur 24	Problematiek ontwerplocatie Eigen werk
Figuur 25	Potenties van de ontwerplocatie Eigen werk

Figuur 26	Masterplan voor omgeving United Nations Eigen werk
Figuur 27	v.l.n.r. Uitzondering grid, groene open zone, relatie water Eigen werk
Figuur 28	Vroeger: Groen park voor UN Eigen werk
Figuur 29	Nu: Tijdelijk gebouw blokkeert Eigen werk
Figuur 30	Toekomst: Groen park voor de stad Eigen werk
Figuur 31	Ontwerpuitgangspunten Eigen werk
Figuur 32	Concept met twee gezichten Eigen werk
Figuur 33	Het UNEC als dienblad voor het UN, scherm kom opmoog vanuit vrijgekomen FDR drive Eigen werk
Figuur 34	Situatietekening ontwerplocatie Eigen werk
Figuur 35	Impressieschets UNEC, benaderd vanuit de stad Eigen werk
Figuur 36	United Nations plot Report to the general assembly of the United Nations by the secretary- General, <i>The Permanent Headquarters of the United Nations</i> , New York, Juli 1947
Figuur 37	Manhattan en locatie UN Googlemaps; internetbron: http://maps.google.nl/ , geraadpleegd op 15-08- 2011
Figuur 38	Ontwerplocatie United Nations Environmental Council Googlemaps; internetbron: http://maps.google.nl/ , geraadpleegd op 15-08- 2011
Figuur 39	Manhattan en locatie UN Eigen werk
Figuur 40	Ontwerplocatie United Nations Environmental Council Eigen werk
Figuur 41	ligging op aarde t.o.v. Nederland Eigen werk
Figuur 42	ontwerplocatie Eigen werk
Figuur 43	situatietekening en orientatie Eigen werk
Figuur 44	Orientatie gebouwworm t.o.v. zon – plattegrond Eigen werk
Figuur 45	Orientatie gebouwworm t.o.v.zon – doorsnede Eigen werk
Figuur 46	Samenvatting zonnestudie Gemaakt door medestudent Ivan Cremer
Figuur 47	Gedeelte van locatie met meeste zon Myrte Janse, <i>Local possibilities in Manhattan – New York</i> , Delft 2009
Figuur 48	oriëntatie, omgeving en gebouwhoogtes Manhattan midtown east analysis Tom padding, Ivan Cremer, Roel Rutgers, Marjolein van der ploeg, Matthijs Puppels, Myrte Janse
Figuur 49	windrosen per maand voor New York NRCS; internetbron: http://www.wcc.nrc.usda.gov/ftpref/ downloadclimate/windrose/new_york/new_york/ , geraadpleegd op 10-05- 2011
Figuur 50	windrichting en gebouwwontwerp Eigen werk
Figuur 51	dwarsdoorsnede over locatie, van 1st avenue tot East River Report to the general assembly of the United Nations by the secretary- General, <i>The Permanent Headquarters of the United Nations</i> , New York, Juli 1947

Figuur 52	ondergrond ontwerplocatie Report to the general assembly of the United Nations by the secretary-General, <i>The Permanent Headquarters of the United Nations</i> , New York, Juli 1947
Figuur 53	Hoogtelijnen ontwerplocatie Report to the general assembly of the United Nations by the secretary-General, <i>The Permanent Headquarters of the United Nations</i> , New York, Juli 1947
Figuur 54	De East River 1 A. Blumberg en D. Pritchard, <i>Estimates of the transport through the East River</i> , New York, Journal of Geophysical research, vol 102, no c3, , 15 maart 1997, p 5685 - 5703
Figuur 55	De east River 2 Wikipedia; internetbron: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/New_York_City_-_Manhattan_-_East_River.PNG , geraadpleegd op 11-05-2011
Figuur 56	warmtepomp schematisch M. Hegger, M. Fuchs, T Stark, M. Zeumer, <i>Energy Manual, Sustainable Architecture, edition Detail</i> , Basel 2008, p122
Figuur 57	dwarsdoorsnede over ontwerplocatie Eigen werk
Figuur 58	locatie RITE project Verdant Power; internetbron: www.verdantpower.com , geraadpleegd op 10-05-2011
Figuur 59	East River Power; internetbron: www.verdantpower.com , geraadpleegd op 10-05-'11
Figuur 60	opstelling van 3 turbines Verdant Power, <i>Pilot Licence application Roosevelt Island Tidal Energy Project</i> , ferc no. 12611, volume 2, part 1 of 3, November 2008,
Figuur 61	standing column well, boorgaten Gould Well Drilling Inc; internetbron: http://gouldwell.com/geothermal.aspx , geraadpleegd op 11-05-2011
Figuur 62	Indeling gebouvvolume in energiesectoren Eigen werk
Figuur 63	Gevelorientaties Eigen werk
Figuur 64	Warmteconcept Eigen werk
Figuur 65	Elektriciteitsconcept Eigen werk

TABELLENLIJST

Tabel 1	Programma van mogelijkheden bronnen uit bijlage A
Tabel 2	energievraag onderverdeeld naar eisen, randvoorwaarden, diensten en thema's M. Hegger, M. Fuchs, T Stark, M. Zeumer, <i>Energy Manual, Sustainable Architecture, edition Detail</i> , Basel 2008
Tabel 3	energiethema's M. Hegger, M. Fuchs, T Stark, M. Zeumer, <i>Energy Manual, Sustainable Architecture, edition Detail</i> , Basel 2008
Tabel 4	Overzicht parameters bij verschillende posten in de energieprestatieberekening voor winingen Agentschap NL, BL Energie en klimaat bv. <i>Energievademecum, Energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen</i> , Boxtel 2010
Tabel 5	overzicht internationale methoden Agentschap NL, Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq. Energieneutrale utiliteitsgebouwen, Eindrapport versie 0.1, April 2010
Tabel 6	overzicht nationale methoden

Tabel 7	Agentschap NL, Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq. Energieneutrale utiliteitsgebouwen, Eindrapport versie 0.1, April 2010 overzicht van de beoordelingsinstrumenten deel 1 Eigen werk
Tabel 8	overzicht van de beoordelingsinstrumenten deel 2 Eigen werk
Tabel 9	Energieposten en methoden Agentschap NL, <i>Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde – rekenmethoden</i> , februari 2010
Tabel 10	overzicht technologieën en methoden Agentschap NL, <i>Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde – rekenmethoden</i> , februari 2010
Tabel 11	Middelen en methoden Agentschap NL, <i>Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde – rekenmethoden</i> , februari 2010
Tabel 12	Overige Aspecten Agentschap NL, <i>Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde – rekenmethoden</i> , februari 2010
Tabel 13	Geselecteerde methoden en beoordeling van 4 criteria Agentschap NL, <i>Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde – rekenmethoden</i> , februari 2010
Tabel 14	Duurzame architectonische ingrepen m.b.t. energie WNF kantoor Eigen werk
Tabel 15	Duurzame architectonische ingrepen m.b.t. energie schutterstoren Eigen werk
Tabel 16	Energiegebruik Schutterstoren onderverdeeld naar belangrijkste energieposten R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, <i>Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw</i>
Tabel 17	Duurzame architectonische ingrepen m.b.t. energie TNT greenoffice Eigen werk
Tabel 18	energieprestatie TNT Greenoffice Bron: EPC berekening TNT Greenoffice
Tabel 19	Duurzame maatregelen m.b.t. energie Oberlin College Eigen werk
Tabel 20	Energiegebruik van referentiegebouw en het Oberlin College onderverdeeld naar belangrijkste energieposten S. Pless en P. Torcellini (National Renewable Energy Laboratory), <i>Oberlin College Lewis Center for Environmental Studies: A low-Energy Academic Building</i> , Juli 2004
Tabel 21	Duurzame maatregelen m.b.t. energie Genzyme Centre Eigen werk
Tabel 22	Temperatuurkarakteristieken door het jaar heen voor Central Park
Tabel 23	Zonne-uren en globale stralingsintensiteit Alt EU; internetbron: http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/ , geraadpleegd op 24-03-2011
Tabel 24	Windkarakteristieken door het jaar heen op 40m hoogte, voor New York Climate Consult 5.0
Tabel 25	Neerslagkarakteristieken voor het jaar 2009, New York World weather and climate information; internetbron: http://www.weather-and-climate.com/average-monthly-hours-Sunshine.New-York.United-States-of-America , geraadpleegd op 17-03-2011
Tabel 26	grondtemperatuur ondiep Climate consult 5.0
Tabel 27	Temperatuur van de East River gemeten bij The Battery NOAA; internetbron: http://www.nodc.noaa.gov/dsdt/cwtg/cat1.html , geraadpleegd op 11-04-2011
Tabel 28	COP warmtepomp met rivierwater van de East River als warmtebron Eigen werk
Tabel 29	COP koelmachine (Warmtepomp) met rivierwater als koudebron Eigen werk
Tabel 30	COP warmtepomp met ondiepe grondtemperatuur als warmtebron Eigen werk

Tabel 31	COP koelmachine (warmtepomp) met ondiepe grondtemperatuur als koudebron Eigen werk
Tabel 32	COP warmtepomp met diepe grondtemperatuur als warmtebron Eigen werk
Tabel 33	COP koelmachine met diepe grondtemperatuur als warmtebron Eigen werk
Tabel 34	Vergelijkingstabel elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare bronnen Eigen werk
Tabel 35	Vergelijkingstabel warmteopwekking uit hernieuwbare bronnen Eigen werk
Tabel 36	Totale energievraag referentievariant per maan in MJ Eigen werk
Tabel 37	Totale energievraag referentiemodel per sector per maandag Eigen werk
Tabel 38	Energievraag voor thema binnentemperatuur Eigen werk
Tabel 39	Energievraag voor thema thermische huid van de niet transparante delen van de gevel Eigen werk
Tabel 40	Energievraag voor thema thermische huid van de transparante delen van de gevel Eigen werk
Tabel 41	Energievraag voor thema transparantie van de gevel Eigen werk
Tabel 42	Energievraag voor thema zonwering Eigen werk
Tabel 43	Energievraag voor thema thermische massa Eigen werk
Tabel 44	Energievraag voor thema ventilatie Eigen werk
Tabel 45	Energievraag voor thema warmteterugwinning Eigen werk
Tabel 46	Energievraag voor thema verlichting Eigen werk
Tabel 47	programma van energiemaatregelen behorende bij het energieconcept Eigen werk
Tabel 48	Totale energievraag eindvariant per maand in MJ Eigen werk
Tabel 49	Totale energievraag eindvariant per sector per jaar Eigen werk
Tabel 50	Energiebehoefte na reductie door warmtepomp met diepe ondergrond als warmtebron Eigen werk
Tabel 51	Energieopbrengst uit hernieuwbare bronnen Eigen werk
Tabel 52	Energiebalans eindvariant Eigen werk
Tabel 53	Gegevens energiesectoren (DO & RO) Eigen werk
Tabel 54	Invoervariabelen RO & DO Eigen werk
Tabel 55	Totale energievraag per maand in MJ – RO Eigen werk
Tabel 56	Totale energievraag per maand in MJ – DO Eigen werk
Tabel 57	Energievraag per energiesector – RO Eigen werk
Tabel 58	Energievraag per energiesector – DO Eigen werk
Tabel 60	Energiebalans Definitief ontwerp Eigen werk

GRAFIEKENLIJST

Grafiek 1	Energieverbruik in utiliteitsgebouwen verdeeld naar post in kWh/m ² Alteu; internetbron: http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/ , geraadpleegd op 24-03-2011
Grafiek 2	Energieverbruik utiliteitsgebouwen verdeeld per post in procenten van totaal Alteu; internetbron: http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/ , geraadpleegd op 24-03-2011
Grafiek 3	gasverbruik Alteu; internetbron http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/ , geraadpleegd op 24-03-2011
Grafiek 4	Elektriciteitsverbruik Alteu; internetbron: http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/ , geraadpleegd op 24-03-2011
Grafiek 5	Energieberekening Schutterstoren Eigen werk
Grafiek 6	Energieverbruik TNT Greenoffice Eigen werk (EPC berekening TNT greenoffice en alteu; internetbron: http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/ , geraadpleegd op 24-03-2011
Grafiek 7	Energiegebruik van referentiegebouw en het Oberlin College S. Pless en P. Torcellini (National Renewable Energy Laboratory), <i>Oberlin College Lewis Center for Environmental Studies: A low-Energy Academic Building</i> , Juli 2004
Grafiek 8	gemiddelde temperatuur Eigen werk
Grafiek 9	gem. max en gem. min. Temp Eigen werk
Grafiek 10	Gemiddelde maandelijkse zonne-uren en verticale straling per orientatie Alteu; internetbron: http://www.altestore.com/howto/Reference-Materials/Solar-Insolation-Map-World/a43/ , geraadpleegd op 24-03-2011
Grafiek 11	Globale horizontale straling Eigen werk & MIT designadvisor; internetbron: http://designadvisor.mit.edu/design/ , geraadpleegd op 15-08-2011
Grafiek 12	verticale straling per oriëntatie Eigen werk & MIT designadvisor
Grafiek 13	Zonnebaan New York Climate Consult 5.0 met klimaatgegevens van central park
Grafiek 14	Windkarakteristieken in m/s op 40m hoogte voor New York Climate Consult 5.0 met klimaatgegevens voor New York
Grafiek 15	Neerslagkarakteristieken New York Eigen werk
Grafiek 16	opbrengst PV voor zuidelijke richting Eigen werk
Grafiek 17	opbrengst collectoren voor zuidelijke richting Eigen werk
Grafiek 18	vergelijking opbrengst PV vs. Collectoren Eigen werk
Grafiek 19	Totale energiebehoefte per jaar per energiepost Eigen werk
Grafiek 20	Totale energie behoefte per maand Eigen werk
Grafiek 21	Totale energie per post per maand Eigen werk
Grafiek 22	Totale energievraag eindvariant per energiepost Eigen werk
Grafiek 23	Energievraagpatroon eindvariant totale energie Eigen werk
Grafiek 24	Energievraagpatroon eindvariant per post Eigen werk
Grafiek 25	Specifieke energievraag sector 1

	Eigen werk
Grafiek 26	Specifieke energievraag sector 2
	Eigen werk
Grafiek 27	Specifieke energievraag sector 3
	Eigen werk
Grafiek 28	Specifieke energievraag sector 4
	Eigen werk
Grafiek 29	Specifieke energievraag sector 5
	Eigen werk
Grafiek 30	Totale opwekking uit hernieuwbare bronnen
	Eigen werk
Grafiek 31	Energiebalans in grafiekvorm
	Eigen werk
Grafiek 32	Totale energievraag per post per jaar – RO
	Eigen werk
Grafiek 33	Totale energievraag per post per jaar – DO
	Eigen werk
Grafiek 34	totale energievraag per maand - RO
	Eigen werk
Grafiek 35	Totale energievraag per maand –DO
	Eigen werk
Grafiek 36	Totale energievraag per post per maand - RO
	Eigen werk
Grafiek 37	Totale energievraag per post per maand – DO
	Eigen werk
Grafiek 38	Energieopwekking uit hernieuwbare bronnen per maand (DO)
	Eigen werk
Grafiek 39	Energiebalans (DO)
	Eigen werk

BIJLAGEN

A: Programma van mogelijkheden.....	2
B: Beschrijving beoordelingsmethoden duurzaamheid.....	37
C: Ontwerpmethodiek voor energieneutrale utiliteitsgebouwen.....	46
D: Code energieberekeningen.....	47

BIJLAGE A: PROGRAMMA VAN MOGELIJKHEDEN

1.1 Energievraag verminderen

In de onderstaande tabel is het programma van mogelijkheden gegeven behorende bij de eerste stap van de Nieuwe Stappen Methode: energievrage verminderen. De mogelijkheden worden in het vervolg van de bijlage uitgelegd. De tabel geeft geen voorkeursvolgorde aan voor bepaalde ingrepen. De potentie van de ingrepen is afhankelijk van de situatie en het gebouwoontwerp.

Tabel: Programma van mogelijkheden voor stap 1 van de Nieuwe Stappen Methode

Energievraag verminderen	
Warmte	Elektriciteit
Oriëntatie: <ul style="list-style-type: none">- zongerichte oriëntatie- glasopeningen afstemmen op oriëntatie	Daglichttoetreding
Compactheid	Verlichting: <ul style="list-style-type: none">- sensoren- energiezuinige verlichting
Thermische Schil: <ul style="list-style-type: none">- Isolatie- Luchtdichtheid- koudebruggen voorkomen- (beglazing)	Ventilatie
Zonwering	Apparatuur <ul style="list-style-type: none">- Stimuleren trapgebruik
Verwarmen: Lage Temperatuur (LTV)	
Koeling: hoge temperatuur (HTK)	
Ventilatie	
Tapwater: Optimalisatie Leidingverloop	

1.2 Warmte

1.2.1 Oriëntatie:

De oriëntatie van gevels is energetisch van belang voor het passief benutten van zonne-energie. De indeling van een gebouw kan aangepast worden op de oriëntatie van de zon. Dit concept is afkomstig van het passieve bouwen. Een passief gebouw heeft grote ramen aan de zuidkant en veel kleinere ramen aan de noordkant. Wanneer een gebouw op het zuiden wordt georiënteerd, kan passieve zonnewarmte benut worden in het stookseizoen. Echter, passieve zonne-energie werkt alleen energiebesparend en comfortverhogen wanneer het goed wordt toegepast. In de zomer is de zuid oriëntatie een risico voor oververhitting. Het is niet noodzakelijk om precies op het zuiden te oriënteren. De optimale zuid-oriëntatie mag 25 graden naar beide kanten afwijken zonder afbreuk te doen aan de prestatie. Er is dus een variatie van 50 tot 60 graden mogelijk. Bij een extreem goede isolatie mag verder

worden afgeweken omdat de mindere invang van zonnestraling wordt gecompenseerd door het verminderen van warmteverliezen. Maar voor het tegengaan van zomerse oververhitting is een zuid-oriëntatie binnen de bovengenoemde grenzen optimaal.

Een passief gebouw heeft ook interne zonering. Dat wil zeggen dat ruimten waar warmte gewenst is aan de zuidkant liggen. Ruimten die warmte produceren of geen warmte nodig hebben liggen aan de noordkant. Voorbeelden van toepassing van passieve zonnewarmte zijn serres, zonne-schoorstenen, zonnespouw concepten en oriëntatie van ruimtes op de zon.¹⁰⁵

1.2.2 Compactheid

Compact bouwen draagt bij aan het beperken van warmteverliezen door de gevel, doordat het verliesoppervlak wordt verkleind. Het doel van compact bouwen is een binnenvolume te creëren met een minimaal buitenoppervlak. De compactheid van een gebouw wordt uitgedrukt in de compactheidsgraad. Dit is de verhouding tussen het buitoppervlak en de inhoud. Hoe hoger de compactheidsgraad, des te beter de compactheid van het gebouw. Het verschil in energieverbruik tussen een niet compact gebouw en een compact gebouw met identiek hetzelfde binnenvolume kan oplopen tot 30 %.¹⁰⁶ Ook de complexiteit van de gebouwvorm speelt een rol: zo geven minder aan- en uitbouwen niet alleen een compactere bouwvorm, ze leveren ook minder bouwkundige aansluitingen op in de gebouwschil. Hierdoor is de kans op koudebruggen en luchtlekken kleiner met als resultaat minder transmissie en infiltratieverliezen.¹⁰⁷

1.2.3 Thermische schil

1.2.3.1 Isolatie

De warmtevraag kan verminderd worden door transmissieverliezen door de buitenschil te beperken. Om dit te bereiken dient het gebouw uitstekend geïsoleerd worden. Zowel de fabricage als de plaatsing van de isolatie en de afdichting spelen een rol. De aansluitingen tussen de verschillende isolatiestukken zijn belangrijk bij de plaatsing van isolatie. Het risico op slecht geplaatste isolatie kan beperkt worden door geschrante plaatsing van de isolatie waarbij er steeds een naadoverlapping is. Spleten en kieren in de isolatie zorgen voor warmteverlies. Kringvormige samenhangende holtes kunnen leiden tot condensatie, schimmels en kunnen het isolerend vermogen teniet doen. Dit risico kan worden verkleind door spleten en holtes op te vullen met isolatiemateriaal.¹⁰⁸

Voor de bouwschil geeft de warmteweerstand, de Rc-waarde in $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$, de isolatiewaarde van de constructie aan. Hoe hoger de warmteweerstand, hoe minder transmissieverliezen er optreden. Het bouwbesluit vereist een minimale Rc waarde van $2,5 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Bij bijvoorbeeld passiefhuizen ligt de Rc waarde tussen de $8,0$ en $10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$ voor gesloten geveldelen en daken, voor de begane grond vloeren rond de $6,0 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$. Bij dergelijke waarden worden traditionele constructies erg dik.¹⁰⁹

Materiaalsoorten

Er zijn tal van technisch goedgekeurde isolatiematerialen. Bij de keuze moet rekening worden gehouden met de volgende aspecten:¹¹⁰

De warmtegeleidingscoëfficiënt of lambdawaarde

De warmtedoorgangcoëfficiënt of k-waarde:

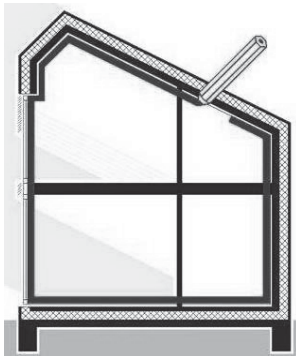
Het vochtgedrag

De mechanische sterkte en stijfheid
De vormvastheid
De chemische weerstand
Het brandgedrag

1.2.3.2 Luchtdichtheid

De warmtevraag kan worden verminderd door het gebouw luchtdicht te maken. Een luchtdichte laag moet zonder onderbreking het gehele gebouw omhullen. Om een voldoende hoge luchtdichtheidsgraad te bereiken, is een gedetailleerde uitwerking van alle bouw- en aansluitingsdetails noodzakelijk. Als de gebouwschil niet goed luchtdicht is uitgevoerd vindt extra ventilatie plaats met ongewenste energieverliezen tot gevolg.

Zwakke plekken in de gebouwschil zijn aansluitingen tussen buiten- en binnenwanden, aansluitingen van daken of vloeren, het buitenschrijnwerk, rolluiken, doorgangen van alle soorten leidingen, openingen naar een ongeïsoleerde zolder, deuren naar een onverwarmde kelder etc. Om een doorgaande luchtdichting in het gebouw te creëren kan gebruik gemaakt worden van folies, samendrukbare dichtingsband, dubbelzijdig klevende afdichtband etc.



Figuur 1: De luchtdichtingslaag (PHP vzw) (Bron: het passieve kantoor p9)

Het Nederlands bouwbesluit stelt eisen aan de luchtdichtheid van een ruimte of een gebouw volgens de $q_{v;10}$ waarde. Hoe lager deze waarde hoe luchtdichter het gebouw. Het $q_{v;10}$ -getal geeft de luchtvolumestroom aan bij 10 Pascal luchtdrukverschil tussen binnen en buiten en wordt uitgedrukt in dm^3/s per m^2 geveloppervlak.¹¹¹

1.2.3.3 Koudebruggen

Een koudebrug is een plaats in een gebouw waar *warmte* verloren gaat door slechte thermische isolatie. Om de warmtevraag van een gebouw te verminderen dienen koudebruggen vermeden te worden. Koudebruggen kunnen ontstaan waar muren op elkaar aansluiten of bij overgangen van een geïsoleerde muur met een vloerconstructie of fundering, ook wel bouwknop genoemd. De koudebrug wordt dan veroorzaakt doordat de muurisolatie niet overgaat in de vloerisolatie. Ook bij de overgang van de muur naar ramen, deuren en dergelijke kunnen koudebruggen ontstaan.

Om koudebruggen te voorkomen moet de isolatielaag rondom het gebouw doorlopen zonder onderbreking. Wanneer de isolatielaag onderbroken wordt, moet de warmtedoorgangscoefficiënt van de onderbreking zo laag mogelijk zijn. De aanwezigheid van koude bruggen vergroot het risico op condensatie.¹¹²

1.2.3.4 Openingen

De zwakste schakel in de bouwkundige schil zijn openingen zoals ramen en deuren. In 'kozijnen+beglazing' en 'deuren+te openen ramen' komen alle passief bouwen aspecten samen, in de aansluiting van de kozijnen naar de gevel, in de beglazing met aansluiting naar het kozijn en in draaiende delen, met aansluiting naar de vaste kozijndelen. Ook de beglazing zelf kent vele mogelijke specificaties, zoals de gebruikte afstandhouders, het soort glas, de gebruikte gasvulling en de spouwbreedte.

Bij het berekenen van de U-waarde van een raam moet naast het glas en afstandhouders ook het kozijn meegerekend worden en de verhouding tussen het glas- en het kozijnoppervlak.¹¹³

De kwaliteit van kozijnen wordt gedefinieerd door de volgende factoren:

Uframe: de isolatiewaarde van een kozijn

Uglas: de isolatiewaarde van beglazing

Psi afstandhouder: de isolatiewaarde van de randaansluiting van de beglazing in het kozijn.

Uwindow is de isolatiewaarde van een raam, als resultaat van deze drie factoren.

Om de kwaliteit van kozijnen te vergelijken wordt de Uwindow bepaald bij een standaard glassoort met een isolatiewaarde van $U_{glas}=0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$. Het Passivhausinstituut in Duitsland definieert een kozijn als passief als $U_{window} < 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$, onder deze condities.

Tabel 1: warmtedoorgangscoefficienten van ramen met verschillende glas- en kozijn typen¹¹⁴

	Uglas	Kozijntype A hout of kunststof; Ukozijn < 2,4 [W/m ² .K]	Kozijntype B thermisch onderbroken metaal; Ukozijn < 3,8 [W/ m ² .K]
HR glas	2,0	2,3	2,8
HR++	1,2	1,8	2,2
HR++	1,0	1,6	2,1
HR++	0,9	1,5	2,0
Drievoudig HR++	0,7	1,4	1,9
Drievoudig HR++	0,5	1,3	1,7

Uit tabel 3 wordt duidelijk zichtbaar is dat de thermische kwaliteit van het kozijn van grote invloed is op de U-waarde van het totale raam bij goed-isolerend glas. Het is gunstig voor een lage U_w -waarde om het glasoppervlak zo groot mogelijk en het kozijnoppervlak zo klein mogelijk te maken.

Extra isolerende houten kozijnen

De Uwaarde is verder te verbeteren door extra isolerende houten kozijnen toe te passen. Voor zacht houten kozijnen met isolerende afstandhouders (thermisch onderbroken) in het glas zal de U-waarde circa $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ bedragen. Hierbij wordt uitgegaan van een soortelijke massa van 450 kg/m^3 voor het hout.

De kwaliteit van deuren wordt gedefinieerd door:

Uframe: de isolatiewaarde van het kozijn

Udeurblad: de isolatiewaarde van de deur zelf

De luchtdichtheid van de aansluiting.

Ook gaat het om goede afdichtingen en positionering van hang- en sluitwerk. Bovendien moet het deurblad in de loop der jaren niet krom trekken.¹¹⁵

1.2.3.5 Beglazing

De beglazing is van invloed op:

Het warmteverlies (U-waarde)

De zontoetreding (ZTA-waarde, zontoetredingsfactor, ook wel g-waarde genoemd)

De daglichttoetreding (LTA-waarde, lichttoetredingsfactor)

Verschillen in warmte-isolatie van dubbel en drievoudig glas worden bereikt door gebruik te maken van:

Verschillen in het soort coating

De spouwvulling: lucht of een edelgas

De breedte van de spouw(en).

Meest gunstige waarde wordt verkregen bij een spouwbreedte van 15-20 mm.

Het type afstandhouder.

Meestal zijn ze gemaakt van aluminium of RVS. De warmtelek die door deze materialen veroorzaakt wordt is te verminderen door kunststof afstandhouders toe te passen.

Voor het beglazen van het gebouw kan drievoudige beglazing met een edelgasvulling worden gebruikt. Aan de spouwzijde van één van de glasplaten kan een zeer dun,

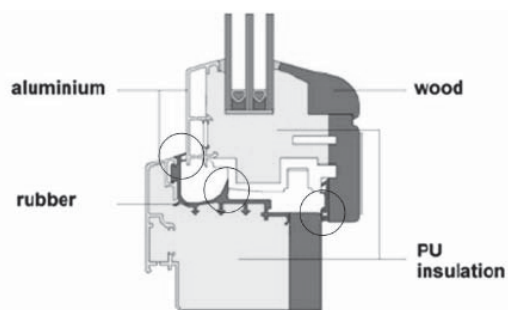
doorzichtig metaallaagje aangebracht worden om de stralingsverliezen te beperken. Doorzichtige metaalcoatings met een lage emissiecoëfficiënt (low-E) laten minder

langgolvlige warmtestraling door en weerkaatsen de door de beglazing geabsorbeerde warmte naar binnen.

Ook de bevestiging van het glas in het kader en de bevestiging van het kader in de wand is belangrijk. De thermische isolatie moet doorlopen van het ene in het andere constructiedeel.

De isolatiesnede in het raamkader en de thermische isolatie in de wand moet in één vlak liggen. De ramen moeten luchtdicht ingebouwd worden. De raamkaders van opengaande ramen moeten van een driedubbele luchtdichting voorzien worden. Er moet zeker een

luchtdichte aansluiting tussen wand en raam gemaakt worden en ten slotte moet het sluitwerk luchtdicht en thermisch onderbroken zijn.



Figuur 2: Drievoudige luchtdichting raamprofiel (Bron: PEP-brochure: Oplossingen voor passiefhuizen, 2006)

Met drie- en viervoudige beglazing kan met U-waarden voor het glas realiseren beneden de 0,8. Nadeel is dat de LTA- en de ZTA-waarden eveneens afnemen en dat het gewicht door de extra ruit(en) sterk toeneemt. Er is glas verkrijgbaar waarbij de extra laag (of lagen) uit folie bestaat waardoor het gewicht dus niet toeneemt ten opzichte van HR++-glas; ook de dikte van dergelijk glas met folie is geringer.¹¹⁶

1.2.4 Zonwering

Wanneer het gebouw is geoptimaliseerd voor zonlichttoetreding is er in de zomer een gevaar voor oververhitting. Om het energiegebruik voor koelen te reduceren kan zonwering toegepast worden. Voornamelijk de zuid en zuid-west en west zijde zijn gevoelig voor oververhitting.

Zonweringssystemen kunnen extern of intern, seizoensgebonden, vast of beweegbaar zijn. Om de zoninstraling in de zomer te beperken wordt gebruik gemaakt van externe buitenzonwering. Bij voorkeur worden beweegbare lamellen toegepast, die kunnen worden aangepast aan de weersomstandigheden. Ook horizontale doorstekende vloerdelen van minimaal 1.20 meter zijn effectief.¹¹⁷ Daarnaast zijn zonwerende beglazing, doorzichtige PV panelen of vegetatie alternatieve mogelijkheden.¹¹⁸

1.2.5 Verwarmen

De verwarmingsvraag van een gebouw wordt bepaald door:

Comfortbehoefte van de personen

Warmteverlies door transmissie, ventilatie en infiltratie

Warmtebijdrage door interne warmtebronnen en de zon

1.2.5.1 Comfortbehoefte van personen

Het thermisch comfort van een persoon wordt, in combinatie met zijn kleding en zijn metabolisme, bepaald door:

Luchttemperatuur

Stralingstemperatuur

relatieve luchtvochtigheid

luchtsnelheid

1.2.5.2 Nachtverlaging

Nachterverlaging van 2 a 4 °C heeft in goed geïsoleerde gebouwen een energiebesparend effect. Een verlaging van 3 °C geeft globaal een besparing van 10%.¹¹⁹

1.2.5.3 Lagetemperatuurverwarming LTV

Warmte kan op hoge en lage temperaturen afgegeven worden. Hierbij geldt dat hoe lager de afgifte temperatuur is, des te hoger zal het rendement van de opwekker zijn. Omdat duurzame energie ook beter ingezet kan worden bij lagere afgiftetemperaturen is het toepassen van lage temperatuursystemen (LT-systemen) daarom een randvoorwaarde voor een energie-efficiënt gebouw.

In de installatiepraktijk wordt onderscheid gemaakt in hoge temperatuur, midden temperatuur, lage temperatuur en zeer lage temperatuur verwarmingssystemen. De aanvoertemperaturen zijn dan respectievelijk maximaal 90, 70, 55 en 35°C. Lage temperatuur verwarming (LTV) heeft een aanvoertemperatuur van ten hoogste 55°C en retourtemperaturen van circa 40 °C. Om in vertrekken een gewenste comforttemperatuur van rond de 20 °C te bereiken is een ontwerptemperatuur van 70°C en hoger onnodig en exergetisch gezien niet effectief.

LTV is geschikt om in combinatie met andere duurzame warmtetechnieken gekoppeld te worden en zo een duurzaam warmtesysteem te vormen. LTV kan gevoed worden door een warmtepomp die duurzame warmte uit de grond opwaardeert. Dat kan warmte rechtstreeks

uit de ondiepe ondergrond zijn of van een warmte- en koudeopslagsysteem, welke weer door zonnewarmte opgewarmd kan worden.

Het toepassen van LTV leidt tot energiebesparing bij zowel het gedeelte van de warmteopwekking, als bij de afgifte. Daarnaast zijn er verminderde leidingverliezen in distributienetwerken bij collectieve opties. LT vloerverwarming geeft een energiebesparing van 3 tot 5% ten opzichte van hoge temperatuur radiatoren (80-60 °C). Vanwege de lage watertemperatuur is vloerverwarming goed te koppelen met zonne-energie en warmtepompsystemen. Bij toepassing van een warmtepomp of thermisch zonne-energie systeem kan de besparing oplopen tot 50% ten opzichte van LT radiatoren.¹²⁰

Een nadeel van LTV zijn de hogere investeringskosten. Bij vloer- en wandverwarming kan bovendien sprake zijn van een lagere opwarmingsnelheid.¹²¹

Tot de LT-afgiftesystemen behoren:

LT-radiatoren en LT-convectiverwarming (aanvoertemperatuur 55 °C)

vloer- en wandverwarming (aanvoertemperatuur 25-45 °C)

1.2.6 Koelen

De koelvraag wordt veroorzaakt door:

Externe belasting, warmtestromen die van buiten komen (Zon-instraling, hoge buitenluchttemperaturen).

Interne belasting, veroorzaakt door warmtebronnen (verlichting, apparatuur, mensen)

Een energie-efficiënte koeling heeft een klein temperatuurverschil tussen het afgiftesysteem en de te koelen ruimte. Dit betekent een hoge temperatuur koelsysteem. De temperatuur van de lucht of het water is daarbij hoger dan 16 °C. Bij lage temperatuur koelsystemen is de temperatuur van de lucht of het water 7 tot 12 °C. De hoge temperatuur systemen worden over het algemeen gecombineerd met lage temperatuur verwarmingssysteem.

1.2.6.1 Koelvloer of -wand

De warmte wordt afgevoerd door circulatie van koud water in leidingen in de vloer of de wand. Hierdoor treedt er geen hinderlijke tocht op. Het vermogen van koeling wordt bepaald door de lengte en doorstroming van de leidingen in de vloer.

Wanneer de temperatuur in de ruimte stijgt, wordt het temperatuurverschil tussen de ruimte en de vloer of wand groter en neemt de koude afgifte dus toe zonder ingrijpen. Een graad extra temperatuurverschil betekent veelal 20 of 30% extra koelcapaciteit. Het systeem is daardoor min of meer zelfregelend. Door de grenzen aan de temperatuur is de capaciteit van vloer en wandkoeling beperkt. De koude afgifte van een vloer of wand bedraagt maximaal 25 W/m².

1.2.6.2 klimaatplafonds

Er kan ook gekozen worden voor toepassing van klimaatplafonds. Deze plafonds, die bestaan uit een leidingensysteem bevestigd op geperforeerde metalen panelen, vormen een groot stralingsoppervlak. Hierdoor kan voor het gewenste verwarmingsvermogen (tot 130 W/m²) worden volstaan met een lage temperatuur in de leidingen, in dit geval circa 35 °C. In de zomer wordt het klimaatplafond ingezet voor koeling. De leidingen bevatten dan gekoeld water van circa 15 °C, waarmee een koelvermogen van 30-40 W/m² wordt bereikt. Het klimaatplafond zorgt, samen met de toegepaste klimaatgevel, voor een zeer gelijkmatige temperatuurverdeling met minimale luchtbewegingen. Daardoor kan met een

iets lagere temperatuur van de binnenlucht toch het gewenste gevoel van behaaglijkheid worden bereikt.¹²²

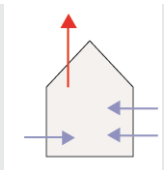
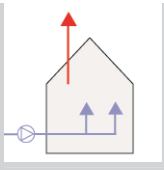
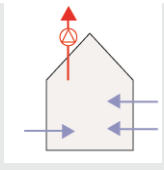
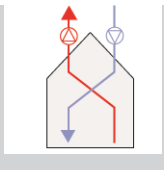
1.2.6.3 Zomernachtkoeling

Om hoge binnentemperaturen in de zomer te voorkomen is zomernachtkoeling mogelijk. De koeling ontstaat door het (natuurlijk) ventileren met relatief koele buitenlucht met een ventilatievoud van minimaal 4x per uur. Dit is veel hoger dan de maximale ventilatie eisen uit het Bouwbesluit van maximaal zo'n 1x per uur.¹²³

1.2.7 Ventilatie

Ventilatie (of luchtverversing) is het vervangen van vervuilde of verontreinigde ruimtelucht door zuivere lucht. Dit ventileren of vervangen van de lucht kan op een gecontroleerde of ongecontroleerde wijze plaatsvinden. Het doel van ventileren is het bevorderen van een gezond binnenklimaat. De noodzakelijke hoeveelheid te verversen lucht is afhankelijk van de verontreiniging en van het aantal mensen dat in het gebouw verblijft.

Tabel 2: overzicht ventilatiesystemen op basis van NEN 1087

	Ventilatiesysteem	Toevoer	Afvoer
	Natuurlijk	natuurlijk	Natuurlijk
	Combinatie natuurlijk/mechanisch	mechanisch	Natuurlijk
	Combinatie natuurlijk/mechanisch	natuurlijk	Mechanisch
	Gebalanceerd (met wtw)	mechanisch	Mechanisch

Gezien de uitgangspunten van de nieuwe stappen methode wordt er zeer goed geïsoleerd, hierdoor wordt het energieverbruik ten gevolge van ventilatie van nog groter belang. Energetisch gezien kan een hoge luchtdichtheid het beste worden toegepast met balansventilatie gecombineerd met te openen ramen en zomernacht ventilatie. Ook natuurlijke ventilatie heeft energetische voordelen.¹²⁴

1.2.7.1 Natuurlijke ventilatie

De ventilatie vindt plaats door drukverschillen ten gevolge van wind en/of temperatuurverschillen. De natuurlijke toevoer vindt direct van buiten plaats via ventilatieroosters of te openen ramen. De natuurlijke afvoer kan via luchtkanalen. Via overstroomvoorzieningen wordt de lucht van de ene naar de andere ruimte getransporteerd. Voor natuurlijke ventilatie is geen elektrische hulpenergie nodig. Nadelig is echter de ventilatie sterk afhankelijk is van de windsnelheid, temperatuurverschillen tussen binnen en buiten en bewoningspatroon, voldoende ventilatie is dus niet altijd gewaarborgd. Ook is er geen warmteterugwinning mogelijk voor het verwarmen van ventilatielucht of tapwater via warmtepomp.

Hybride ventilatiesystemen maken een deel van de tijd gebruik van natuurlijke toe- en afvoer.¹²⁵

1.2.7.2 Balansventilatie

De ventilatie vindt plaats met behulp van twee elektrische ventilatoren in de centrale ventilatie-unit; de ene is voor de toevoer en de andere voor de afvoer van ventilatielucht. Er zijn twee luchtkanalen stelsels door het gebouw. De energie voor de toevoer en de andere voor de afvoer.

Balansventilatie is gebaseerd op het creëren van een evenwicht tussen aan- en afvoer van de lucht. De hoeveelheid toe- en afvoerlucht is dus in principe gelijk. Meestal verloopt de lucht af- en aanvoer via een systeem van warmteterugwinning (WTW). Bij een WTW verwarmt de warme afvoerlucht (luchtdicht gescheiden) de koude buitenlucht die in tegenovergestelde richting wordt aangevoerd. De verse toevoerlucht bereikt de verschillende ruimtes zo bijna op kamertemperatuur. Een WTW-systeem wint zo de meeste warmte uit de afvoerlucht terug en houdt die in het gebouw.¹²⁶ De warmteterugwinning vindt plaats in een zogenaamde warmtewisselaar. Er zijn meerdere typen verkrijgbaar. Het meest toegepaste is de tegenstroomwisselaar die een rendement heft van 90 a 95%.¹²⁷ Een CO₂ gestuurde mechanische afvoerventilator regelt de ventilatie in het gebouw. De afvoerventilator wordt aangestuurd door CO₂ – en/of vochtsensoren. Daardoor wordt niet meer ventilatielucht afgevoerd dan noodzakelijk.¹²⁸

1.2.8 Tapwater

Het energieverbruik voor verwarming van tapwater is te verlagen door korte en geïsoleerde leidingen toe te passen, een hoger opwekkingrendement door een efficiënt toestel te kiezen, en een lager waterverbruik door waterbesparende voorzieningen en gebruikersvoorlichting. Daarnaast kan warmte worden teruggewonnen en kunnen duurzame bronnen worden ingezet (zonne-energie, ventilatielucht).¹²⁹

1.2.8.1 Optimalisatie leidingverloop

Kortere leidinglengtes voor warm tapwater leiden tot energie- en waterbesparing. Warm water dat na het sluiten van de kraan in een lange leiding tussen de ketel en het tappunt blijft staan koelt af. Bovendien wordt het water bij een volgende tapping slecht benut omdat het te koud is geworden.

Het leiding verloop kan geminimaliseerd worden door de interne schikking van de ruimten af te stemmen door een concentratie van de natte ruimten.¹³⁰ Aan de maatregel wordt voldaan indien de maximale wachttijd (= toestelwachttijd + leidingwachttijd) voldoet aan 35

seconden. De toestelwachtijd resp. de leidingwachtijd bedragen maximaal 15 sec resp. 20 sec.¹³¹

Waterleidingen moeten altijd goed geïsoleerd worden. Isolatie moet over de volle lengte aangebracht worden, ook bij koppelingen, bochten en afsluiter, in vloeren en wanden. Ophangbeugels moeten om de isolatie bevestigd worden.

1.3 Elektriciteit

1.3.1 Daglichttoetreding

Daglicht bestaat uit zowel het directe licht van de zon, als het indirecte licht dat via de atmosfeer en de wolken diffuus de aarde bereikt.¹³² Het voorzien in voldoende daglichttoetreding binnen verblijfsgebieden en verblijfsruimten ten behoeve van een voldoende visueel comfort en welbevinden kan de energievraag doen afnemen voor het verlichten van de ruimten met behulp van kunstlicht.

De aanwezigheid van daglicht in werkruimtes is van wezenlijk belang voor de beleving van de ruimte, maar ook voor de gezondheid van de gebruiker. Daglicht geeft energie, maakt vrolijk en bevordert de productiviteit. Glazen gevels en atria kunnen bijdragen aan daglichttoetreding diep in het gebouw. Het ontbreken van verlaagde plafonds kan ook bijdragen aan het verhogen van de daglichttoetreding. Een prettige en natuurlijk verlichte werkplek heeft een positieve invloed op de bedrijfscultuur en de motivatie en inspiratie van de medewerkers.¹³³

De lichttoetredingsfactor (LTA-waarde) geeft de verhouding tussen de binnenkomende en de opvallende zichtbare zonnestraling (daglicht) bij een loodrechte invalshoek. Zonwerende en warmte-isolerende coatings verlagen de LTA-waarde. Ook de derde glaslaag bij drievoudige beglazing verlaagt de LTA waarde ten opzichte van dubbele beglazing (HR++-glas). Het is aan te bevelen om sterke contrasten in daglicht zo veel mogelijk te beperken. Dan zal minder snel kunstlicht worden gebruikt. Een goede verdeling van de daglichtopeningen over de gevel voorkomt sterke contrasten. Ook daklichten of 'tubes' kunnen het contrast verminderen.¹³⁴

1.3.2 Verlichting

Bij nieuwe gebouwen is het gemakkelijker om schone verlichting te realiseren dan in bestaande gebouwen. De eerste en belangrijkste tip: maak zo veel mogelijk gebruik van daglicht.

Verder kan gekozen worden voor:

- armaturen met een optimale lichtverdeling voor de gegeven situatie;
- armaturen met een hoog rendement;
- energie-efficiënte lampen met lange levensduur;
- energie-efficiënte voorschakelapparaten;
- efficiënte schakelmogelijkheden (centraal en lokaal);
- automatische of individuele lichtregeling;
- lichtmanagementsysteem of koppeling aan het gebouwbeheersysteem.

De volgende aspecten hebben veel effect op de energierekening en onderhoudskosten:¹³⁵

- geïnstalleerd vermogen;
- schakelmogelijkheden;

regelbaarheid;
de aanpassing van plaatselijke verlichtingsniveaus aan de actuele situatie;
levensduur van lampen.

1.3.2.1 Soort verlichting

In kantoren kunnen moderne, hoogfrequente (en energiezuinige) TL- verlichting: T5- fluorescentielampen toegepast worden. Deze zijn energiezuinig. Daarnaast kunnen compacte fluorescentielampen of led gebruiken in plaats van halogeenlampen.

Andere mogelijkheden om het energiegebruik te verminderen zijn het aanbrengen van reflectoren op de montagebalken.

1.3.2.2 Regeling verlichting

Regelbare elektronische voorschakelapparaten.

Sensoren voor aanwezigheid en daglicht installeren

Tijdsafhankelijke schakelmogelijkheden bij centrale besturing van de verlichting installeren

Tabel 3: Besparingspercentage per maatregel

Maatregel	Besparingspercentage
Veegpulsschakeling	30
Daglichtafhankelijk schakelen	20
Daglichtafhankelijke lichtregeling	25-40 in gevelzone tot 70 %
Aanwezigheidsdetectie	10-30 in magazijnen tot 80%
Lichtmanagementsysteem met alle hiervoor tot genoemde faciliteiten	Tot 70
Bouwkundige voorzieningen om optimaal gebruik te kunnen maken van de toegepaste energiereducerende schakel- en regelsystemen	Tot 80%

Het bovenstaande schema geeft per maatregel een globaal overzicht van de mogelijke besparingen op energiegebruik bij de toepassing van energiezuinige verlichting.¹³⁶

1.3.3 Apparatuur

Apparatuur is een gebruikersgebonden energiepost. Onder apparatuur wordt gerekend:¹³⁷

Liften en roltrappen

Computers en andere kantoogerelateerde elektronica

appendages: kleine bijbehorende toestellen en onderdelen die dienen ter completering van een machine of installatie

glazenwasser voorziening

1.4 Reststromen hergebruiken

In de onderstaande tabel is het programma van mogelijkheden gegeven behorende bij de tweede stap van de Nieuwe Stappen Methode: reststromen hergebruiken. De mogelijkheden worden in het vervolg van de bijlage uitgelegd. De tabel geeft geen voorkeursvolgorde aan voor bepaalde ingrepen. De potentie van de ingrepen is afhankelijk van de situatie en het gebouwoontwerp.

Tabel 4: Programma van mogelijkheden: reststromen hergebruiken

Hergebruik reststromen	
Warmte	Elektriciteit
Warmteterugwinning - Ventilatielucht - Afvalwater	-
Warmtekoudeopslag	-
Warmte uitwisseling - Interne warmteuitwisseling : Zonering Compartimenteren - extern: cascaderen	-
Warmtepomp	-

1.5 Warmte

1.5.1 Warmteterugwinning

1.5.1.1 Ventilatielucht

Bij mechanische ventilatie en centrale klimaatsystemen kunnen de ventilatieverliezen met 40-80% worden gereduceerd door warmteterugwinning (WTW). Hierdoor kan worden volstaan met een kleinere capaciteit voor verwarming en koeling. Hier staat tegenover het ruimtebeslag, de aanschaf- en onderhoudskosten en het elektriciteitskosten van de ventilatoren en pompen.

1.5.1.2 Type warmteterugwinningssystemen

De volgende systemen komen in hoofdzaak voor:
een regeneratief warmtewiel
een platen- of buizenwarmtewisselaar, in kruis- of tegenstroom
heatpipe (warmte buisapparaten)
twincil
twee elementen systeem
koude laden met luchtbehandelingskasten
langzaam roterende of intermitterende warmtewisselaar

Regeneratief warmtewiel

Een warmtewiel bestaat uit een anorganische massa die wordt rondgedraaid met een elektromotor. Een voordeel van een warmtewiel is dat vochtoverdracht mogelijk is. Nadelen zijn het risico van stankoverdracht en het ruimtebeslag.

Een platen- of buizenwarmtewisselaar, in kruis- of tegenstroom

Een platenwarmtewisselaar is eenvoudig en goedkoop

Heatpipe

Een heatpipe is een pijp gevuld met een medium dat warmte overdraagt door te verdampen en te condenseren. Voordelen van heatpipes zijn dat ze geen verliezen hebben en per pijp een extreem hoge capaciteit. Een nadeel is dat ze erg duur zijn.

Twin coil

De bovengenoemde systemen impliceren dat aan- en afvoer van lucht bij elkaar moeten zijn gesitueerd. Een systeem waarbij dat niet nodig is de twin coil. Bij een twin coil systeem wordt gebruik gemaakt van twee lucht/water batterijen, verbonden met pijpen. Het warmte-overdragend medium is water/glycol, meestal ter voorkoming van bevriezing. Zo'n systeem vergt weinig ruimte, is eenvoudig en goedkoop. Een voordeel van een twin coil systeem is dat de aan- en afvoer kanalen niet bij elkaar gesitueerd hoeven te zijn. Dit gaat ten laste van een laag rendement en relatief hoge secundaire energiekosten.¹³⁸
Aanvullen mogelijkheden

1.5.1.3 Afvalwater

Bij het douchen gaat veel warmte rechtstreeks met het douchewater het riool in. De ontwikkelde warmtewisselaars verwarmen het leidingwater dat naar de douches gaat met behulp van de afvalwater dat naar het riool gaat.¹³⁹

1.5.2 Warmte koude opslag

De warmte gewonnen uit warmteterugwinning van ventilatielucht of afvalwater kan gekoppeld worden aan warmtekoudeopslag.

1.5.3 Warmte uitwisseling

1.5.3.1 Interne warmte-uitwisseling

De interne warmte-uitwisseling kan geoptimaliseerd worden door:

Zonering

Compartimentering

Zonering

Onder zoneren wordt verstaan het bij elkaar plaatsen van vertrekken met min of meer dezelfde gewenste temperatuur. Door te zoneren is een aanzienlijke hoeveelheid energie te besparen.¹⁴⁰

Compartimentering

Compartimentering houdt in dat koude vertrekken worden afgescheiden van verwarmde vertrekken, bijvoorbeeld een trap vanuit een hal als verbinding tussen een warme woonkamer en koudere slaapverdieping.¹⁴¹

1.5.3.2 Extern: Restwarmte cascaderen

Veel productie processen produceren afval warmte die gebruikt kan worden voor het verwarmen van gebouwen. Wanneer de temperatuur te laag is voor directe toepassing in het verwarmingscircuit, kan de energie potentie worden gebruikt als warmtebron voor een warmtepomp. Een andere toepassing voor het gebruik van afval water is op kleine schaal in systemen voor gecontroleerde ventilatie met warmteterugwinning.

Jaarlijks wordt in totaal meer dan 100PJ aan warmte van temperaturen boven de 50 °C actief weggekoeld in de industriële sector. Deze warmtestromen zijn gemakkelijk winbaar en inzetbaar om hergebruikt te worden voor andere doeleinden.¹⁴²

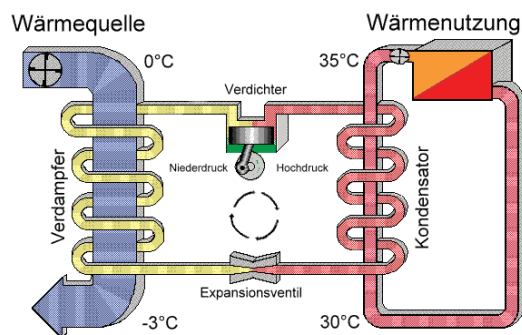
Een interessante effectieve manier om energie te verminderen, is niet door op de efficiëntie van aparte processen te concentreren, maar door te proberen zoveel mogelijk processen te voorzien van energie in dezelfde energieketen die gebaseerd is op een bepaalde hoeveelheid primaire energie.

Op dit moment wordt bij elk proces in een bepaald gebied een bepaalde hoeveelheid hoogwaardige primaire energie gebruikt (gas, kolen of olie) ongeacht of de bereikte energiekwaliteit (het temperatuurniveau) voor dat specifieke proces wel geschikt is. Hierbij kan veel restwarmte ontstaan die geloosd moet worden (via lucht of water).

Een effectievere manier om met energie om te gaan is op het 'low-ex' principe gebaseerd. Het low-ex principe is afkomstig van het thermodynamische begrip 'exergy', waarbij een energiekwaliteit wordt ingezet die zo dicht mogelijk ligt bij de gewenste geleverde kwaliteit. Op lokale schaal kan een cascade van warmtestromen ontstaan, startend bij elektriciteitscentrales en hoogwaardige industriële of chemische functies die hoge temperaturen vereisen, waarvan vervolgens andere functies de restenergie stromen kunnen benutten.

1.5.4 Warmtepomp

Warmtepompen gebruiken exergie om de temperatuur van een warmtebron te verhogen door middel van een thermodynamisch cyclisch proces. De latente energie potentie in de vorm van anergie kan beschikbaar worden gemaakt voor het verwarmen van een gebouw. Een warmtepomp is een apparaat dat warmte verplaatst door middel van arbeid. Het werkingsprincipe van alle soorten warmtepompen is dat deze bij lage temperatuur warmte opnemen en die bij hogere temperatuur weer afgeven. De meest voorkomende soorten warmtepompen werken door een vloeistof bij lage temperatuur te laten verdampen en de damp bij hoge temperatuur te laten condenseren. De onderstaande figuur toont schematisch de werking van het principe.



Figuur 3: warmtepomp ¹⁴³

1.5.4.1 Rendement

Warmtepompen kunnen met een bepaalde hoeveelheid energie, in de vorm van arbeid, een grotere hoeveelheid warmte-energie verplaatsen dan er aan arbeid is verricht. Hierdoor kunnen ze een rendement hebben dat hoger is dan 100%. Dit rendement, de 'coëfficiënt of performance' (COP) voor een warmtepomp geeft de verhouding van de energie die vrijkomt bij de condensor ten opzichte van het elektrisch vermogen van de aandrijfmotor voor de compressor. De COP is een beoordeling van de kwaliteit van de warmte pomp cyclus en wordt altijd gerelateerd aan een bepaalde bedrijfssituatie. De werking van een warmtepomp moet altijd worden gespecificeerd in samenhang met de primaire uitgangspunten/randvoorwaarden. (bijv. S5W35 = pekel temperatuur 5 graden Celsius, verwarmingscircuit aanvoertemperatuur 35 graden Celsius.).

Voor de evaluatie van het gehele systeem is de energie efficiëntie ratio (EER) van belang. Dit is de ratio van de thermische energie die vrijkomt voor een heel jaar ten opzichte van de totale hoeveelheid elektrische energie die geconsumeerd wordt.

Een fundamentele aanname voor warmte pompen is: hoe lager het temperatuurverschil tussen warmte bron en gebruik, hoe efficiënter het systeem is. De aanvoertemperatuur van de verwarmingsinstallatie is daarom net zo belangrijk als het vinden van een geschikte warmtebron.

Het essentiële criterium voor de ecologische beoordeling van warmtepomp systemen is de grootte van de mogelijke besparing op primaire energie in vergelijking met fossiele brandstoffen gestookte verwarmingssystemen. Van belang is de bron van de elektriciteit voor de aandrijving van de warmtepomp.

1.5.4.2 Installatie concepten

Om de enorme eisen van kantoor gebouwen te kunnen dekken kunnen meerdere warmte pompen parallel naast elkaar worden gebruikt. Gezien warmtepompen ook geschikt zijn voor koeling zijn warmtepompen een interessant alternatief voor gebouwen met hoge koelvraag. Er zijn verschillende concepten voor het gebruik van warmtepompen voor ruimteverwarming en warm water provisie. De warmtepomp kan de enige verwarmingsinstallatie zijn. Dit is alleen mogelijk met warmte bronnen die temperaturen bieden die extreem koude dagen aan kunnen (bijv grondwater/grond). Een elektrisch verwarming element kan worden gebruik om de warmtepomp bij te staan op koude dagen. In deze situatie is wordt er alleen elektriciteit gebruik om de installatie aan te drijven. Ten slotte kan de warmtepomp worden gebruikt in combinatie met een tweede verwarmingsinstallatie (bv boilers). De warmtepomp dekt de basis vraag en de andere verwarmingsinstallatie dekt de piekbelasting.¹⁴⁴

1.6 Elektriciteit

Er bestaan geen technieken om elektriciteit te hergebruiken.

1.7 Energie uit hernieuwbare bronnen

In de onderstaande tabel is het programma van mogelijkheden gegeven behorende bij de derde stap van de Nieuwe Stappen Methode: Energie uit hernieuwbare bronnen. De mogelijkheden worden in het vervolg van de bijlage uitgelegd. De tabel geeft geen voorkeursvolgorde aan voor bepaalde ingrepen. De potentie van de ingrepen is afhankelijk van de situatie en het gebouwontwerp.

Tabel 5: Programma van mogelijkheden: opwekking uit hernieuwbare bronnen

Opwekking energie uit hernieuwbare bronnen	
Warmte	Elektriciteit
Zonnecollectoren (of PVT)	PV/PVT - dak - gevel
omgevingswarmte/koude: - buitenlucht - grondwarmte - water - afval warmte (restwarmte)	Windturbine
Aardwarmte/geothermie	Water: - getijdenenergie - waterkracht - golvenenergie
Biomassa warmtekrachtkoppeling	Biomassa: warmtekrachtkoppeling (WKK)

1.8 Warmte

1.8.1 Zon

De energie die de aarde van de zon ontvangt kan gebruikt worden als warmte voor gebouwen, via passieve zonne-energie (het vangen van zonnestraling via glas en massa in het gebouw) of als actieve thermische zonne-energie (via een zonnecollector).

Zonnecollectoren

Zonnecollectoren zijn apparaten die zonlicht omzetten in warmte. Water of een ander medium loopt door slangen in de collectoren, die de warmte van het zonlicht absorberen. De vlakkeplaatcollector is de bekendste vorm van zonnecollector. Het opgewarmde water kan via opslag in een zonneboiler direct worden gebruikt voor toepassing van warm tapwater. Het direct gebruik voor verwarming is meestal minder geschikt omdat de meeste warmte beschikbaar komt wanneer er de minste behoefte naar is.

Toepassingsmogelijkheden

Zonneboilers kunnen net als PV op vlakke en schuine daken worden geïnstalleerd. Houd in het ontwerp rekening met de benodigde ruimte en de optimale oriëntatie en hellingshoek van beide systemen.¹⁴⁵

Potentieel

Het potentieel aan zonnewarmte is thermodynamisch gezien ongeveer 60%, dus $(0,6 \cdot 1140 =)$ 684 kW/ha. Praktijkrendementen liggen daaronder, tussen 350 en 500 kW/ha (35-50 W/m²). De efficiëntie van de toepassing hangt sterk af van de lokale omstandigheden (oriëntatie en belemmeringhoeken door bebouwing en groen).

Per gemiddelde zonneboiler wordt ongeveer 200 m³ aardgas bespaard. Dat komt neer op 1780 kWhpr of 6,4 GJ totaal per jaar per huishouden. Het potentieel op daken en in het veld kan als volgt worden bepaald: ¹⁴⁶

Ezon,thermisch = 350 kWhpr /jaar*m² (40 W/m²)

1.8.2 Gebruik van omgevingswarmte en -koude via warmtepompen

De term omgevingswarmte omvat zowel de atmosferische lagen rondom het aardoppervlak tot een hoogte van ongeveer 100m als de aardlagen tot een diepte van ongeveer 200 meter (aarde, grondwater en oppervlaktewateren). Beide media verkrijgen hun energie primair van de absorptie van zonnestraling en zijn daarom direct beschikbaar als energie voorraden voor indirect gebruik van zonne-energie. Een derde type van omgevingswarmte is afval warmte van productie processen, afval water of uitblaaslucht.

De temperatuur van deze warmtebronnen is normaliter te laag voor de directe levering van warmte aan een gebouw. Om de energie inhoud bruikbaar te maken zijn er technische apparaten om de omgevingswarmte te bewerken. Dit principe kan fysisch en technisch worden omgekeerd en kan daarom ook worden gebruikt voor koeling. Ondanks deze dubbele applicatie mogelijkheid spreken we van een warmte pomp.

Op basis van technisch gebruik wordt er onderscheid gemaakt tussen de volgende warmte- en koudebronnen:

Buitenlucht in de directe omgeving van de warmtepomp of het gebouw

Aarde die wordt getapt/aangeboord door bouwkundige maatregelen

Grondwater of oppervlakte wateren

Restwarmte in de vorm van koelwater, afval gassen, uitgeblazen lucht etc.

Buitenlucht

Buitenlucht is altijd beschikbaar als een warmtebron in ongelimiteerde hoeveelheden. De buitenlucht wordt direct gevoed aan de verdamper van een warmtepomp of indirect overgedragen via een warmtewisselaar aan een vloeibaar warmteoverdracht medium. Een nadeel van het gebruik van buitenlucht als een warmtebron is de temperatuur fluctuaties over de dag en de seizoenen. Wanneer de warmtevraag hoog is, is de energie inhoud van buitenlucht laag en visa versa.

In ruimtes die een hoge interne warmtelast hebben, zoals auditoria, kan de ruimte een koelvraag hebben terwijl de buitenlucht temperatuur laag is. In deze situatie kan goed gekoeld worden met buitenlucht. Daarnaast is nachtkoeling een optie wanneer voldoende thermische massa in het gebouw aanwezig is. Maar vanwege veiligheidsredenen is nachtkoeling vaak niet mogelijk.

Grondwarmte

In de praktijk zijn er twee benaderingen relevant voor het aftappen van warmte van de grond: ondiepe en diepe grondkoppelingen. Ondiepe grondkoppeling vereist een horizontaal grid van met pekkel gevulde pijpen op een diepte van groter dan 1.5 meter in de grond. De

warmte die wordt geabsorbeerd is voornamelijk tijdelijk opgeslagen zonne-energie met corresponderende seizoensfluctuaties. Deze fluctuaties zijn toch aanzienlijk kleiner dan die van buitenlucht. De warmte stroom van de grond is in het algemeen kleiner dan 1 W/m^2 . De extractie capaciteit varieert van ongeveer 20 tot 40 W/m . Dit is afhankelijk van het vochtgehalte van de grond. Deze manier van warmte onttrekking kan goedkoop worden gerealiseerd als onderdeel van nieuwbouw en vereist geen grote oppervlakte.

De warmtepotentie van de diepe aardlagen kan gebruikt worden door het toepassen van verticale boorgaten. De seizoensfluctuaties in de grond vermindert met de afstand van het aardoppervlak. Onder een diepte van ongeveer 30m is er een bijna constante temperatuur die overeenkomt met de gemiddelde jaarlijkse temperatuur voor de regio (ongeveer 12 graden Celsius voor Europa). Voor New York is dit 13 graden Celsius. De boorgaten zijn normaliter ongeveer 100m diep. Door contact met de grond over de hele oppervlakte van de met pekkel gevulde plastic pijpen is verzekerd door het gebruik van geschikt opvulmateriaal. De extractie capaciteit varieert afhankelijk van de grond eigenschappen en de grondwater stroming. In centraal Europa is de capaciteit ongeveer 40-80 W per meter diepte het boorgat. Om het risico van onderlinge interferentie te verminderen moet de afstand tussen de boorgaten groter zijn dan 6 meter.

Water

De thermische energie die is opgeslagen in waterlichamen boven of onder de grond kan ook worden gebruikt voor het verwarmen van gebouwen. Voor locaties waar open water of water onder de oppervlakte beschikbaar is, kan de thermische potentie van het water worden gebruikt om warmtepompen te voeden. De lokale effecten (verstoring van ecosystemen aan de oppervlakte of in de ondergrond) moeten daarvoor worden onderzocht.

In geval van grondwater wordt het water direct opgeboord uit de put en wordt het water het warmtetransport medium. Wanneer grondwater wordt gebruikt, wordt water uit de productie put gepompt (van ongeveer 15 m diep) naar de verdampers van de warmte pomp en vervolgens terug in de grond geïnjecteerd in een aparte injectie put op een andere positie. Er is dan een continue stroom van grondwater. Grondwater bezit een relatief constante temperatuur, in Europa ongeveer tussen 7 en 12 graden Celsius, en de capaciteit tijdens het stookseizoen is ongeveer $5\text{-}6 \text{ kW/m}^3$ grondwater per uur.

Wanneer open water lichamen wordt gebruikt is het normaal gesproken mogelijk om het water direct op te pompen. Hoge temperatuur fluctuaties tussen 2 en 25 graden Celsius zijn mogelijk. De extractie capaciteit tijdens het stookseizoen ligt tussen $3\text{-}4 \text{ kW/m}^3$ water per uur.

Het grondwater en open water kunnen ook gebruikt worden als een krachtige warmteput voor koeling doeleinden. Wanneer voldoende water met een temperatuur lager dan 20 graden Celsius aanwezig is, kan het water direct worden geïntegreerd in de gebouwinstallaties concept als koudebron. Wanneer het water voor zowel verwarming- als koelingdoeleinden wordt toegepast kan een economische energie levering gerealiseerd worden.¹⁴⁷

Typen warmtepompen

Er bestaan verschillende typen warmtepompen. De bron van een warmtepomp kan bestaan uit de bodem, buitenlucht of oppervlaktewater. Ook kan restwarmte worden benut uit bijvoorbeeld afvalwater of ventilatieretourlucht. Een warmtewisselaar is met deze bron verbonden om de warmte op te nemen.¹⁴⁸ Een warmtepomp is geen duurzame energiebron

maar een relatief energiezuinige techniek waarbij gebruik gemaakt wordt van warmte uit de ondergrond die wordt opgewaardeerd.

Lucht/lucht-warmtepomp

Bij lucht/lucht-warmtepompen wordt de warmte gehaald uit de buitenlucht of afvalventilatielucht. Dit is eigenlijk de omgekeerde werking van een koelkast. Deze toestellen worden in hoofdzaak gekozen voor hun functie als airconditioning maar kunnen door middel van een klep omgeschakeld worden naar de functie van warmtepomp. De investeringskostprijs van dit type ligt relatief laag in vergelijking met andere types warmtepompen, de COP is ook niet de hoogst haalbare.

Water/water-warmtepomp

De benutbare hoeveelheid warmte bij een bepaald oppervlak in de ondergrond hangt sterk af van de thermofysische eigenschappen van de grond en van de stralingsenergie van de zon en in vrijwel verwaarloosbare mate van de stralingswarmte van de diepere ondergrond. De thermische eigenschappen, zoals volumetrische warmtecapaciteit en warmtegeleidend vermogen, zijn sterk afhankelijk van de samenstelling en de toestand van de grond. Eenvoudig gezegd zijn de opslageigenschappen en het warmtegeleidende vermogen groter naarmate de bodem meer water bevat, het aantal minerale bestanddelen groter is en de poriën kleiner zijn. Water heeft een relatief grote warmtecapaciteit, hierdoor is bij plaatsing van een warmtepomp met een collector minder oppervlakte vereist in natte bodems. Hieronder staan de specifieke vermogens die door een warmtepomp uit verschillende types bodem kunnen worden onttrokken. Dit zijn de maximale vermogens en niet vermogend die constant aan de ondergrond onttrokken kunnen worden.¹⁴⁹

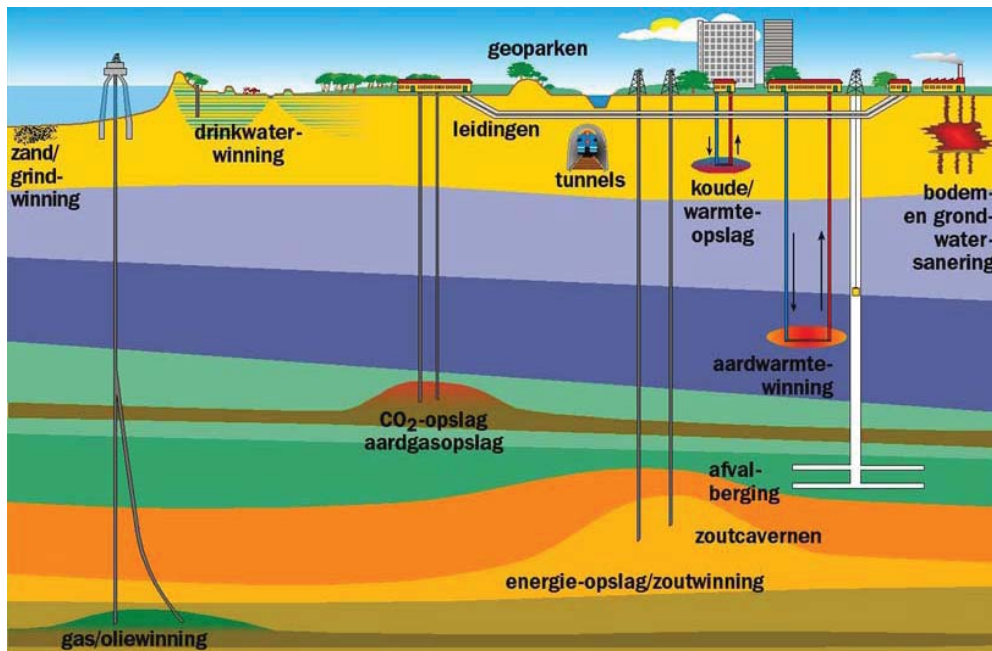
1.8.2.1 Bodemonttrekkingsvermogen verticale warmtewisselaars

Droge zanderige bodem	10-15 W/m ²
Vochtige zanderige bodem	15-20 W/m ²
Droge leemachtige bodem	20-25 W/m ²
Vochtige leemachtige bodem	25-30 W/m ²
Bodem met grondwater	30-35 W/m ²

1.8.3 Geothermie/aardwarmte

Figuur 4: Mogelijkheden van de ondergrond [Bron: TNO Bouw en Ondergrond] geeft een overzicht van mogelijkheden waarmee de ondergrond kan worden ingezet in de energie-, water- en grondstoffenvoorziening. De ondergrond biedt in algemene zin de volgende mogelijkheden voor warmte-uitwisseling:

- warmte en koude uit oppervlaktewater, grondwater, of de ondergrond tot ongeveer 50 m diepte, via warmtewisselaars en warmtepompen
- warmte- en koudeopslag in aquifers in de ondiepe ondergrond tot ongeveer 150 m, (aquifers zijn geen bronnen van duurzame energie maar kunnen gebruikt worden om duurzaam opgewekte warmte in op te slaan) aardwarmte (20-60o) uit of warmteopslag in aquifers in de middeldiepe ondergrond (100 m-1 km)
- energie- en CO₂-opslag in zoutvelden in dezelfde middeldiepe ondergrond aardwarmte (60-130o) uit aquifers, gas en zoutvelden in de diepe ondergrond (1 km en dieper)gas- en CO₂-opslag in lege aardgasvelden in deze diepe lagen



Figuur 4: Mogelijkheden van de ondergrond [Bron: TNO Bouw en Ondergrond]

Geothermie

Met de term geothermie wordt de warmte uit de diepe ondergrond bedoeld, globaal de ondergrond van 2000 a 3000 meter diepte maar ook dieper. Wanneer deze warmte opgepompt wordt, kan deze ingezet worden in de energiehuishouding van gebouwen. Bij zeer hoge temperaturen uit de ondergrond kan een stoomturbine hieruit elektriciteit opwekken.

Om warmte uit de grond te winnen wordt als drager gebruik gemaakt van warm water dat ligt opgeslagen in de watervoerende lagen in de ondergrond op diepten waar de temperatuur hoog genoeg is. Vanaf circa 1,8 km diepte in de aardbodem zijn er watervoerende lagen in Nederland warm genoeg om water van 70°C of meer te produceren. Vanaf circa 3 km diepte zijn er temperaturen die ook geschikt zijn om elektriciteit te produceren.

Potentieel

In de Nederlandse ondergrond bevindt zich een grote hoeveelheid thermische energie die ca. 90.000PJ bedraagt.¹⁵⁰ Deze aanwezige warmte wordt HIP (Heat In Place) genoemd en wordt vanuit de diepere aardkern langzaam uitgestraald door een constante warmtestroom of warmteflux. Deze warmteflux is overal redelijk gelijk en gemiddeld rond de 0,063 W/m² of 630 W/ha. Deze constante aanvoer van warmte bedraagt slechts 100PJ voor heel Nederland. Het geheel van een productieput en een retourleiding heet een geothermisch doublet. De levensduur van Geothermisch doublet bedraagt circa 30 jaar. Daarna bereikt het 'koude front' van geïnjecteerd water langzamerhand de productieput en neemt het rendement af. Als er geruime tijd geen warm water wordt onttrokken treedt regeneratie op.¹⁵¹

De capaciteit van een geothermische bron zal meestal tussen de 4MWth en 15 MWth liggen. De verwachtingen zijn, dat een geobron gemiddeld 100.000 GigaJoule per jaar zal leveren. Dit komt overeen met circa 4.000 nieuwe, goed geïsoleerde woningen (of 2.500 bestaande woningen). En dit is in aardgas circa 3,2 mln m³. De besparing op CO2 emissies per geobron komen daarmee op gemiddeld 5.000 ton per jaar.¹⁵²

1.8.4 Biomassa

Uit biomassa kan op diverse manieren, met diverse conversietechnieken verschillende vormen van energie opgewekt worden. Het kan via biogas naar warmte en elektriciteit omgezet worden via biowarmtekrachtkoppelingen maar het kan ook worden verwerkt tot brandstoffen.

Een warmtekrachtkoppeling (WKK) levert een gecombineerde gelijktijdige productie van elektriciteit en warmte. In een WKK wordt met een brandstof een motor aangedreven die weer een dynamo aandrijft en elektriciteit opwekt. Tegelijkertijd ontstaat veel warmte omdat de brandstof slechts met een beperkt rendement naar elektriciteit omgezet kan worden. De warmte van de WKK kan nuttig gebruikt worden om bijvoorbeeld gebouwen te verwarmen. Tevens kan een WKK verbonden worden met een warmte- koude opslag in de ondergrond.

WKK's kunnen op veel verschillende brandstoffen draaien. Tegenwoordig draaien veel WKK's op aardgas en hebben een relatief lage CO₂-uitstoot. WKK's die op biobrandstoffen draaien (biogas, biodiesel of bioethanol) zijn een gunstiger alternatief en hiervan komen steeds meer voorbeelden.

Een van de belangrijkste aandachtspunten bio biomassateelt voor de energievoorziening is de balans tussen de energieopbrengsten uit biomassa en de energie ten koste waarvan dat gaat. De benodigde energie voor de teelt, het transport en de verwerking moet van de uiteindelijke opbrengsten worden afgetrokken. Aangezien de uit biomassa maximaal winbare energie niet meer dan 2% van de erop gevallen zonne-energie is zijn de marges klein en mag kritisch gekeken worden naar de netto-opbrengsten.

Voor de toepassing van bio-energie voor de energiehuishouden biedt zwart water interessante mogelijkheden, omdat de bron dan gebouwgebonden geleverd wordt. Menselijke mest is vergistbaar. Er zijn voorbeeld projecten waar de menselijke fecaliën m.b.v. vacuümtoiletten en een centraal verzamelsysteem verzameld worden. Hierbij wordt ook organisch keukenafval bijgevoegd. De productie bestaat dan uit mest samen met spoelwater en organisch keukenafval. De menselijke fecaliën + keukenafvalproductie is ongeveer 0.7 m³ per persoon per dag. Dit geeft een biogas opbrengst van 4.3 m³ methaan * 10⁻⁴. per huishouden geeft afvalwater 0.300 MWh energie jaarlijks. 153 Wanneer een huishouden gemiddeld bestaat uit 2.55 personen staat dit gelijk aan 120 kWh per persoon of 432 MJ per persoon jaarlijks.

Bij een decentrale warmtekrachtkoppeling is de productie meestal aangepast aan de warmtevraag. De elektriciteit die zelf niet gebruik wordt, kan dan aan het elektriciteitsnet geleverd.

1.9 Elektriciteit

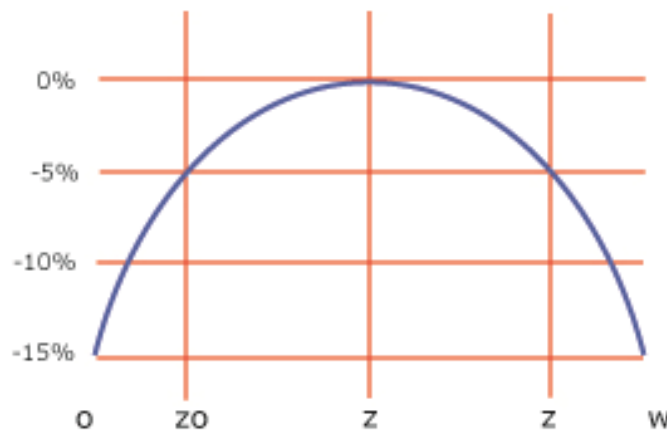
1.9.1 Zon

Om elektriciteit uit zonnestraling te halen, kunnen photovoltaïsche cellen (PV-cellen) worden gebruikt. Er bestaan verschillende varianten PV-cellen: polykristallijn, amorf of een mengvorm. Het rendement van panelen waarin deze cellen zijn opgenomen hangt af van het type. In laboratoria en optimale omstandigheden worden rendementen tot ongeveer 30% gehaald. De meest toegepaste PV-cellen zijn de polykristallijne siliciumcellen. Deze hebben een praktisch rendement van rond de 15%. Dit staat gelijk aan een opbrengst van ongeveer 100 kWh per m² paneel per jaar (goed georiënteerd). Bij de goedkopere amorfe siliciumcellen is het rendement ongeveer 6%. Door verdere ontwikkeling van PV cellen

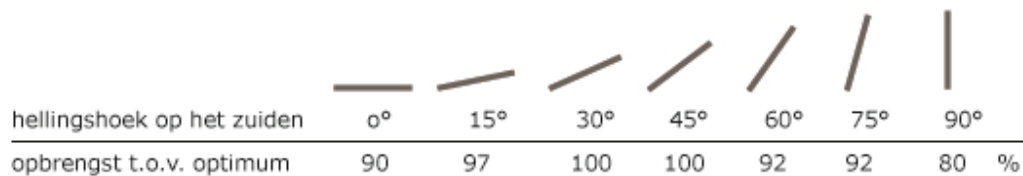
blijven de rendementen van de PV-cellen stijgen terwijl de kosten per m² gestaag dalen. Met de toepassing van thermische PV-panelen (PVT-panelen) kan bovendien warmte worden gewonnen.

Toepassing

PV zonnepanelen kunnen op vlakke en schuine daken toegepast worden. Andere plaatsingsmogelijkheden zijn boven parkeerplekken, in PV-parken en in gevelglas. De optimale positionering van de panelen in Nederland is op 36 graden t.o.v. het horizontale vlak, op het zuiden gericht. Hier kan enigszins van afgeweken worden om nog een goede opbrengst te krijgen. Een helling van 50 graden op het zuidwesten gericht heeft nog 90% van de opbrengst van de optimale oriëntatie. Voor optimale benutting van de modules bij een plat dak, kan ongeveer 1/3 van het oppervlak van het dak met PV worden bekleed, zodat er geen noemenswaardige 'mismatch' door schaduw optreedt. Direct opvoeren van de opgewekte elektriciteit aan het net heeft de voorkeur maar vereist flexibele aanbieders van netstroom.



Figuur 5: vermindering van de opbrengst t.o.v. optimum¹⁵⁴



Figuur 6: hellingshoek t.o.v. zuiden

Potentieel

Het potentieel van te produceren elektriciteit uit zonnestraling met huidige technieken: De globale jaarlijkse zoninstraling per vierkante meter horizontaal vlak ligt in Nederland rond de 965 kWh/m², dit komt overeen met een vermogen van $(965 \cdot 103 \text{ Wh} / 8766 \text{ h} =) 110 \text{ W/m}^2$. Per hectare is dit 1108 kW.

Behalve het omzettingsrendement van een (kristallijne) PV-cel (15%) zijn er verschillende factoren die het totale potentieel verminderen [Broersma, 2008]:

redelijk optimale oriëntatie: 95%

daadwerkelijk oppervlak van PV-cellen in panelen: 90%

mismatchfactor (opbrengstverliezen door te hoge temperatuur en beschaduwing): 90%

factor voor verliezen in kabels en bij de inverter (omzetter van DC naar AC): 85%

Zo haalt een PV-dak uit het vermogen van 1108 kW/ha: $(0,15 * 0,95 * 0,90 * 0,90 * 0,85 * 1108 =) 109 \text{ kW/ha}$, of $10,9 \text{ W/m}^2$ (in energietermen komt dit neer op een kleine 100 kWh/m^2). Als zonnestroom wordt opgeslagen (bijvoorbeeld in batterijen) blijft daar nog 40-70% van over.

Samenvattend het realistisch potentiële vermogen per hectare:

109 kW/ha indien direct gebruikt

43-76 kW/ha inclusief opslag

Het potentieel van zonnestroom in open velden en op daken in de bebouwde omgeving kan als volgt worden berekend (SI-eenheden, dus oppervlakte in m^2):

$$E_{\text{zon,PV}} = 96 \text{ kWh/jaar} * \text{m}^2 (10.9 \text{ W/m}^2)^{155}$$

Huidige systemen met zonnepanelen hebben gemiddelde efficiënties van 6 tot 15 procent voor goed georiënteerde panelen. Dit hangt af van het soort cel die is gebruikt. Deze rendementen zijn verwacht om te verbeteren in de komende twee decennia. Het thermodynamisch rendement ligt rond de 60%, toch in de praktijk ligt dit rond de 30 procent doordat de verzamelde warmte niet gelijk kan worden gebruikt.

Wanneer zonne-instraling wordt berekend, is de hoek van het oppervlak van grote significatie op de invloed van de energie opbrengst.

Op daken zijn zonnepanelen vaak in rijen opgesteld in de geoptimaliseerde hoekpositie ten opzichte van de zon. Om te voorkomen de rijen elkaar beschaduwen moet er rekening worden gehouden met een bepaalde afstand tussen de rijen. Dit onbedekte gebied is ook gebruikt voor onderhoud.

Een grond bezettingsgraad van 35% biedt een acceptabele mismatch van 3%. Deze GCR (ground cover ratio) kan in rekening worden gebruikt voor het berekenen van zonne-energie opbrengst voor gebouwen.

1.9.2 Wind

Om elektriciteit uit wind te kunnen halen bestaan er twee soorten turbines:

weerstandgedreven turbines

liftgedreven turbines.

De liftgedreven turbines, zoals moderne windmolens en kleine turbines zoals de Turby en Darraeus, hebben een grotere opbrengst.

Benutting van wind is in de gebouwde omgeving nog lang niet altijd effectief. Dit komt ondermeer door de geringere en meer variabele windsnelheden en richtingen. Toepassingen op gebouwen of geïntegreerd in gebouwen zijn in ontwikkeling, maar veelal nog niet ver genoeg voor toepassing. De kleinere windturbines zijn wel geschikt om in de gebouwde omgeving te plaatsen.

Kleinschalige decentrale windturbines (op dak)

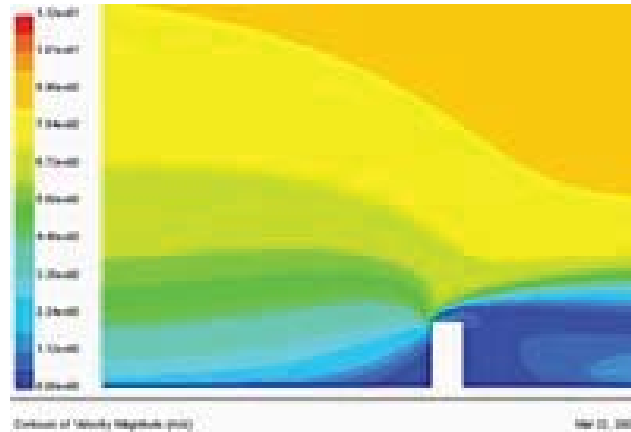
De maximale hoeveelheid elektrische energie die in de bebouwde omgeving op 30m hoogte op te wekken is d.m.v. kleine windturbines is lastig te bepalen. Op deze hoogte worden andere turbines dan de bekende windmolen ingezet, waarvan lastiger te bepalen is hoeveel er per hectare geplaatst kunnen worden.

Een geschikte kleine windturbine die boven op gebouwen toepasbaar is, is de 'Turby', een turbine met verticale as die vrijwel ongevoelig is voor de windrichting. Deze levert op de lagere hoogte binnen de bebouwde kom nog relatief goede opbrengsten door de verhoogde turbulentie. Een Turby kan, goed gepositioneerd, jaarlijks 5000 kWh opwekken. De

onderstaande figuren tonen een Turby en de verhoogde turbulentie en windsnelheid op een gebouw.



Figuur 7: Turby



Figuur 8: schematische verhoogde windsnelheden op daken [bron: www.Turby.nl]

Plaatsing kleine wind turbine

Een juiste plaatsing van de turbine is van groot belang voor de energieopbrengst. Een turby turbine kan de verticale component in de wind benutten en daarbij een hoger aerodynamisch rendement hebben. Voor een goede opbrengst in de gebouwde omgeving moet de locatie aan een aantal punten voldoen:

Voldoende hoogte: Turby komt het best tot zijn recht op gebouwen vanaf 6 verdiepingen (20 meter hoogte); met de hoogte neemt namelijk de windsnelheid toe.

Het gebouw waarop Turby komt moet hoog zijn in vergelijking met de omringende bebouwing.

Om alle windrichtingen optimaal te kunnen benutten moet Turby zo centraal mogelijk op het gebouw staan. Het dak moet bestand zijn tegen de optredende krachten. Opstelling op een platdak van gestort beton is het gemakkelijkst. Plaatsing op een dak van kanaalplaten of gasbeton vereist plaatsing van de voetpunten boven spanten of binnenmuren. Daken op stalen spanten, hout en schuine daken vereisen een specifiek onderzoek.

Voor een goede opbrengst in het buitengebied moet de locatie aan een aantal punten voldoen:

Vrije wind aanstroming: Turby moet vrij in de wind staan en moet niet geplaagd worden tussen boom singles of gebouwen.

Hoogte: Turby moet hoger worden opgesteld dan de omringende gebouwen en beschoeiing.

De Turby moet worden geplaatst in de nabijheid van een elektriciteitsaansluiting. ¹⁵⁶

Potentieel

Het potentieel van wind met kleine turbines in de bebouwde omgeving kan als volgt worden bepaald: ¹⁵⁷

$$P_{\text{wind, klein}} = N_{\text{turby}} \cdot 5 \text{ [kW]}$$

$$\text{of} \quad P_{\text{wind, klein}} = A \cdot 6 \text{ [W]}$$

Spanningsnetten

De structuur van hoog-, midden- en laagspanningsnetten heeft consequenties voor de mogelijkheden voor terugleveren van lokale productie aan het net. Terugleveren moet plaatsvinden op het gegeven spanningsniveau en mag qua vermogen niet het maximaal lokaal inpasbare vermogen overschrijden. Zo bleek het in het verleden niet mogelijk om windturbines van circa 100 kW maximaal vermogen in te passen op de laagspanningsnetten op het platteland.

Hogere vermogens vergen dus aanpassing van het laagspanningsnet en upgradings van de transformatoren of een directe verbinding met het middenspanningsnet (leiding en aansluiting). Derhalve bepaalt de nabijheid van middenspanningsleidingen mede het potentieel van solitaire grotere windturbines.

1.9.3 Water

Er bestaan verschillende technieken waarmee energie, in de vorm van elektriciteit kan worden gewonnen uit water. De meest bekende techniek heeft te maken met het halen van kracht uit waterverplaatsing. Waterverplaatsing kan door hoogteverschillen, natuurlijke stroming, getijden of golven plaatsvinden. Elektriciteit kan worden opgewekt via turbines, schoepenraden of vijzels. Deze techniek levert middelhoge spanningen op.

Een tweede minder bekende techniek is energieopwekking via osmose. Osmose is gebaseerd op het potentiaalverschil tussen zout en zoet water. Door omgekeerde elektrolyse kan een elektrische stroom worden geïnitieerd via een membraan, ook wel Blauwe Energie genoemd. Het mengen van zoet (rivier-) water en zout (zee-) water genereert 0,5 kWh per m³ zoet water. Dit opent ook mogelijkheden voor andere landen met een rivierdelta. Deze techniek levert laagspanning op.¹⁵⁸

Energie uit water wordt opgewekt uit waterverplaatsing. Waterverplaatsing kan plaatsvinden door:

hoogteverschillen

natuurlijke stroming

getijden

golven

Elektriciteit kan worden opgewekt via turbines, schoepenraden of vijzels.

Hydro elektrische energie

Hydro-elektrische energie is de energie die opgewekt kan worden uit waterkracht. Door stromend of vallend water langs een waterrad te laten lopen, wordt dit rad in beweging gebracht. De stroomsnelheid van het water is kinetische energie die omgezet kan worden in elektriciteit. Als er minder hoogteverschil is of er tijdelijk weinig neerslag valt in een gebied is de stroomsterkte kleiner en dus is er minder kinetische energie om elektriciteit op te wekken.¹⁵⁹

Potentieel

Het beschikbare vermogen in een waterstroming is¹⁶⁰:

$$P = \eta \times \rho \times g \times v \times h$$

hierin zijn:

P = vermogen (J/s of watt)

η = turbine-efficiëntie

ρ = massadichtheid van water (kg/m³)

g = lokale [zwaartekrachtversnelling](#) (9,81 m/s²)

v = stromingsdebiet (m³/s)

h = valhoogte (m).

Voor stilstaand water is dit het verschil tussen het inlaatoppervlak en uitlaatoppervlak. Voor stromend water komt er nog een bijkomende factor voor de kinetische energie. De totale equivalente valhoogte is dus de som van de drukenergie en de snelheidsenergie.

Golflagenenergie

Bij golflagenenergie gebuikt men de golven van de zee, die constant omhoog en omlaag bewegen onder invloed van de wind, om energie op te wekken. Dit kan op verschillende manieren.

met behulp van drijvers op het water. Deze drijvers deinen mee met de golven en drijven op deze manier een as aan die is gekoppeld aan een generator.

het water van de omhoog komende golf opvangen in een reservoir boven het zeeniveau. Dit water kan dan weer naar beneden stromen via turbines die een generator aandrijven.

in het water een luchtkolom plaatsen die aan de onderkant een opening heeft en daarmee op het water drijft. Als het water door de golven omhoog komt wordt de lucht samengeperst en wordt de druk in de luchtkolom groter. Als het water weer naar beneden gaat wordt de druk weer kleiner. Dit optredende drukverschil kan een turbine aandrijven en zo kan energie opgewekt worden.

Alle drie de methoden hebben dezelfde nadelen. Het zoute water van de zee tast vrijwel elk materiaal snel aan en de onderdelen van de betreffende systemen moeten daardoor vaak vervangen worden. De systemen moeten bestendig zijn tegen de op zee voorkomende zware stormen en ook dit brengt veel extra kosten met zich mee.¹⁶¹

Osmose

Osmose is gebaseerd op het potentiaalverschil tussen zout en zoet water.

Overal ter wereld stroomt er continu zoet water de zeeën in vanuit rivieren en meren. Het bij elkaar komen van zoet en zout water is een potentiële energiebron. De energie die hieruit verkregen kan worden noemt men blauwe energie. Er zijn twee methoden om deze blauwe energie op te wekken. Dit zijn de reverse electrodialysis (RED) en de pressure retarded osmosis (PRO).¹⁶²

1.10 Opslagmethoden

In de onderstaande tabel is het programma van mogelijkheden gegeven behorende bij de vierde stap van de Nieuwe Stappen Methode: Energiopslag. De mogelijkheden worden in het vervolg van de bijlage uitgelegd. De tabel geeft geen voorkeursvolgorde aan voor bepaalde ingrepen. De potentie van de ingrepen is afhankelijk van de situatie en het gebouwontwerp.

Energieopslag	
Warmte	Elektriciteit
Thermische voelbare opslag - thermische massa - betonkernactivering - kleine watertank - grote water tank - gravel/water opslag - boorgaten - aquifer	Elektriciteitsnet
Thermische latente opslag - PCM's	Chemische opslag - waterstof en brandstofcel - batterij en accu
Thermochemische opslag - Zeolieten - zouten	elektrisch opslag - condensator - supercondensator
	Gravimetrische opslag - Hydro-elektrisch / pomp accumulatie
	Mechanische opslag - Drukluftopslag - vliegwiel - Hydraulisch
	Thermische opslag - Gesmolten zout - Vloeibare lucht of stikstof

1.11 Warmte

1.11.1 Voelbare thermische opslag

Korte termijn – Beton - Thermische massa

De massa van een gebouw speelt een belangrijke rol in het afvlakken van de dagelijkse temperatuurvariatie. Een licht gebouw warmt relatief snel op en kan weer snel afkoelen, terwijl een zwaar gebouw een relatief lange opwarmtijd heeft, maar haar warmte ook lang vasthoudt. Hierdoor kan thermische massa warmte overdag opslaan en 's nachts afgeven en visa versa.

Deze dagelijkse warmteopslag heeft echter weinig of geen effect op het jaarlijkse energieverbruik voor ruimteverwarming. Passieve zonne-energie en interne warmtebronnen zullen bij een licht gebouw minder nuttig gebruikt worden dan bij een zwaar gebouw. Het effect van nachtverlaging zal echter bij een lichte woning juist weer effect hebben op het beperken van energieverbruik. Men gaat ervan uit dat beide effecten elkaar compenseren.¹⁶³

Korte termijn – Water – betonkernactivering

Bij betonkernactivering worden verwarming-/koelleidingen aangebracht in de kern van de vloer c.q. plafond en niet in de dekvloer. Hierdoor wordt de thermische actieve massa van de betonnen verdiepingsvloeren vergroot. Door de grote massa wordt de koudevraag uitgesmeerd over het etmaal, dit beperkt de piekvraag voor de koudeopwekking. Betonkernactivering geeft koude af aan de bovenzijde van de vloer en aan de onderzijde van de vloer (plafond). De capaciteit is daardoor groter. De totale afgifte kan daardoor 60 W/m² per vloer bedragen. Een watertemperatuurregeling kan ervoor zorgen dat het systeem reageert op binnen- en buitentemperaturen aan de diverse gevels.

Betonkernactivering reageert per definitie traag, daarom wordt het systeem soms gecombineerd met een aanvullende installatie om een snellere regeling te verkrijgen. Door gebruik te maken van de gebouwmassa kunnen pieken in warmte en koudebehoefte worden gedempt. Dit geeft een stabiel en comfortabel binnenklimaat. Betonkernactivering is vooral bekend van toepassingen in de utiliteitsbouw.

Betonkernactivering heeft een aantal belangrijke voordelen:

de totale massa van de vloeren wordt gebruikt, daardoor worden pieken in de warmte- en koudebehoefte gedempt; dit geeft een stabiel binnenklimaat;

vloerverwarming en vloerkoeling in één;

geen radiatoren;

minder luchtbewegingen, schoner binnenmilieu;

door lagetemperatuurverwarming (LTV) is het een energiezuinig systeem en kan gebruikgemaakt worden van duurzame energie door middel van warmtepompen.¹⁶⁴

Het plafond moet niet van onderen afgewerkt (geïsoleerd) worden. Ook zwevende dekvloeren belemmeren de afgifte via de vloer. Er kan aan de onder- en bovenzijde tegelijk maar één temperatuur worden afgegeven.¹⁶⁵

Korte termijn – Water – watertank

Water is het meest gebruikte type van technische korte termijn opslag, bijvoorbeeld in een tank met een volume van ongeveer 0,2 tot 2.0 m³. Ze worden gebruikt als buffer tank tanks voor het verwarmingscircuit. Een ander opslag type die veel is toegepast is de tank in tank principe, waarbij warm water tank is geïntegreerd in een buffer tank voor het warm water circuit.

Lange termijn opslag – warmte koude opslag

Er zijn verschillende mogelijkheden van seizoensopslag:

door middel van een watertank te plaatsen met volumes tot 12.000 m³.

Door het activeren van natuurlijke aquifers

Door opslag in een mix van gravel en water, afgesloten van de omliggende grond.

Door verticale boorgatei die aardlagen verbindt.

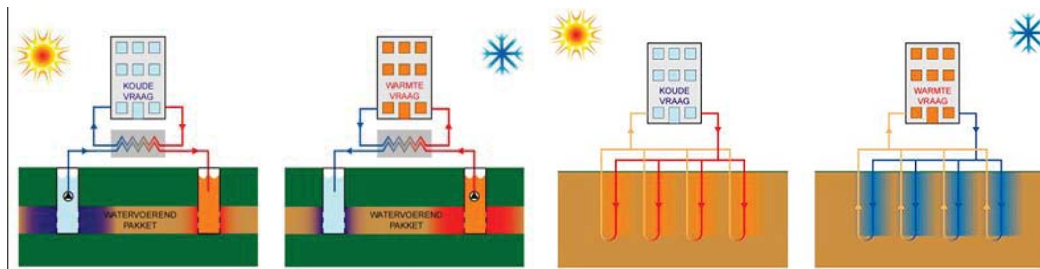
Gezien de warmteverliezen hoog zijn in op water gebaseerde lange termijn opslag, zullen de thermochemische opslag media een grote rol gaan spelen in toekomstige ontwikkelingen.¹⁶⁶

Warmte- en koudeopslag (WKO) in de bodem, ook wel seizoensopslag genoemd, wordt de laatste jaren steeds meer toegepast op grote schaal. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de omgevingstemperaturen die het langjarig klimaat- gemiddelde van de locatie weerspiegelen waarvan er op een dergelijke diepte sprake is. In Nederland is dat 10°C en in Spanje bijvoorbeeld 17°C.¹⁶⁷ Door aan één bron warmte en aan één bron koude toe te voegen, ontstaan twee bronnen met bruikbare temperaturen rondom deze gemiddelde temperatuur.

Bij WKO zijn twee categorieën te onderscheiden: open en gesloten systemen. In een open systeem wordt warmte en koude opgeslagen in aquifers. Aquifers zijn waterdragende lagen in de grond, meestal tussen de 20 en 200 meter diepte. Hierbij wordt in de zomer koude uit de grond naar boven gehaald en warmte in de zomer opgeslagen. In de winter gebeurt dit precies andersom. Het systeem heet open omdat er daadwerkelijk water wordt onttrokken uit, en teruggepompt in de aquifers in de bodem.

Een gesloten systeem bestaat uit een aantal leidingen dat tot meerdere meters onder de grond wordt aangelegd (meestal tussen de 20 en 50 meter diepte bij verticale installaties; bij horizontale installaties is het ondieper). Door deze leidingen stroomt een vloeistof die warmte uitwisselt met de ondergrond. Bij een gesloten systeem wordt er enkel warmte onttrokken uit de bodem en geen water.

Gesloten systemen worden meer ingezet op kleinverbruik want ze hebben minder vermogen en zijn goedkoper in aanleg.



Figuur 9: Open systeem,

Figuur 10: Gesloten systeem

Bron 1: http://www.duurzameenergiethuis.nl/wp-content/uploads/2009/05/warmte-koude-opslag_2.jpg

Bron 2: http://www.tereschellingenergie.nl/gfx/aardwarmte/schema_warmte_koude_opslag.jpg

WKO-systemen worden bijna altijd gecombineerd met warmtepompen. Omdat de warmte uit de opslagsystemen of te hoog of te laag is, wordt een warmtepomp gebruikt om de temperatuur tot de gewenste hoogte te brengen.

De configuratie van een WKO systeem is niet veel anders dan de andere systemen; vanaf de warmtepomp is er een warmtenet waarbinnen de warmte (of koude) wordt gedistribueerd. Daarnaast is er de mogelijkheid van individuele warmtepompen. In dat geval wordt water met een bepaalde temperatuur/warmte (energie-inhoud) aangeleverd en wordt de warmte per verbruiker opgewaardeerd met elektrische warmtepompen.

Warmtepompen in Nederland zijn vooral elektrisch, warmtepompen op aardgas zijn nog in ontwikkeling en worden mondjesmaat toegepast.¹⁶⁸

1.11.2 Latente thermische opslag

Korte termijn/lange termijn - Phasechange materials

Een licht gebouw kan thermisch actief worden door gebruik te maken van een 'fase-transformatiemateriaal (phase-change material, afgekort PCM). Het is mogelijk om PCM's in bouwmaterialen op te nemen, waardoor de thermische capaciteit aanzienlijk wordt vergroot terwijl de massa niet of nauwelijks toeneemt.

PCM staat voor Phase Change Material, ofwel faseovergangsmateriaal. Pcm's zijn materialen waarvan de faseverandering, van vast naar vloeibaar en van vloeibaar naar vast, wordt gebruikt om warmte op te slaan en af te staan. In pcm's wordt warmte opgeslagen voor gebruik op een later moment.

Het principe van faseovergangsmaterialen als warmteaccumulerende materialen is als volgt: Zodra de ruimtetemperatuur boven de omslagtemperatuur komt, gaan de PCM's over van vaste naar vloeibare vorm. De hiervoor benodigde warmte wordt uit de omgeving onttrokken. Zodra de ruimtetemperatuur weer afneemt, stolt het materiaal en geeft de warmte weer af. Een woning of gebouw kan zo dus tijdens de nacht koelte opnemen en deze koelte overdag weer afgeven. Het koelend cq verwarmend effect kan enkele °C bedragen. De omslagtemperatuur van een PCM is afhankelijk van de samenstelling van het materiaal. Binnen de gebouwde omgeving is een temperatuur van rond de 20 a 25 °C nuttig. Het is mogelijk om PCM's in bouwmaterialen op te nemen, waardoor de thermische capaciteit aanzienlijk wordt vergroot terwijl de massa niet of nauwelijks toeneemt.¹⁶⁹ Door gipsplaten of beton te voorzien van korrels bestaande uit ingekapselde zoutkristallen of paraffinewas ontstaat een grotere warmtecapaciteit van de constructie. Daardoor kan een extra koeleffect van de omsloten ruimte worden behaald van 3-4 graden Celsius.¹⁷⁰

1.11.3 Thermochemische warmteopslag

Korte en lange termijn opslag – Zeolieten

Deze techniek is volop in ontwikkeling. Zeoliet is een alkali-rijk mineraal dat water in zijn kristalstructuur heeft opgenomen (zogenaamd 'kristalwater'). Zodra het mineraal verwarmd wordt, wordt dit water 'uitgezweet' en wordt er warmte in het mineraal opgeslagen. Zodra er weer water toegevoegd wordt, wordt deze opgeslagen warmte weer afgegeven. Omdat de snelheid waarmee water toegevoegd wordt regelbaar is, is de energie-afgifte van het mineraal goed regelbaar. Momenteel zijn met name synthetische zeolieten geschikt voor energie-opslag. Omdat deze echter relatief duur zijn, wordt er momenteel onderzoek gedaan naar de toepasbaarheid van pure natuurlijke zeolieten.

Korte en lange termijn opslag – Silica gels

Nader in te vullen.

Korte en lange termijn opslag - Zuurstof en waterstof

Een methode die nog in experimentele fase is, is het splitsen van water in zuurstof en waterstof. De energie van de zon kan gebruikt worden om dit proces in gang te zetten. In een speciale brandstofcel worden het zuurstof en de waterstof weer tot elkaar gebracht. De energie die bij deze reactie vrijkomt, kan weer benut worden.¹⁷¹

1.12 Elektriciteit

1.12.1 Elektriciteitsnet

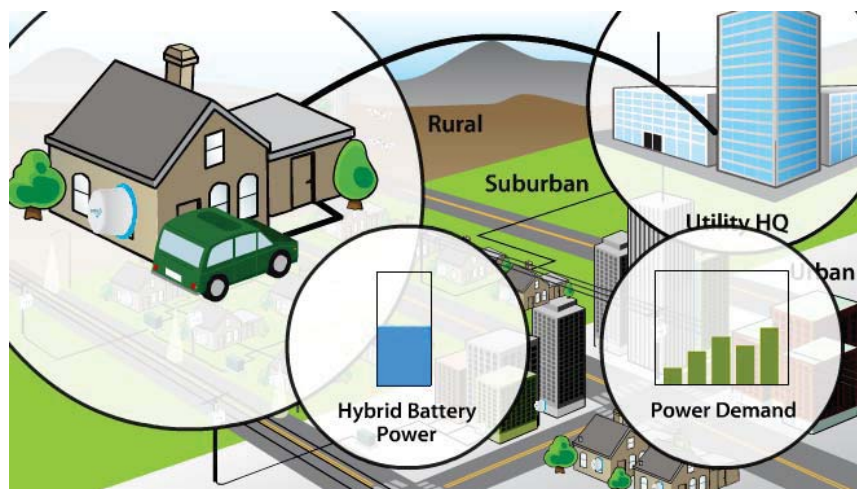
De omschakeling naar duurzame energiesystemen zal drastische aanpassingen van ons elektriciteitsdistributiesysteem vragen. In de eerste plaats leveren veel duurzame energiebronnen niet continu hun elektriciteit. Wind- en zonne-energie zijn afhankelijk van de weersomstandigheden en/of het moment op de dag. Ook decentrale kleinschalige elektriciteitsopwekking met bijvoorbeeld zonnepanelen, biogasinstallaties, micro-warmtekrachtkoppelingssystemen die onze CV ketels gaan vervangen, maken dat de grip van de elektriciteitsmaatschappijen op de elektriciteitsopwekking kleiner wordt. Bovendien

ontstaat er 'tweerichtingsverkeer' over het netwerk. Het energieaanbod gaat hiermee sterk variëren naar tijd en plaats. Het netwerk zal desalniettemin een constante spanning en frequentie voor de afnemers moeten garanderen. Een intelligent gebruik van het elektriciteitsnet is een mogelijkheid om piekbelastingen, en daarmee verliezen, te voorkomen en zou een grootschalige uitbreiding van de elektriciteitsopslag overbodig kunnen maken.¹⁷²

De smart grid technologie is een nieuwe ontwikkeling die een dergelijke verandering ten doel heeft. Smart Grid is de benaming van een elektriciteitsnetwerk waarbij in theorie alle gebruikers van elektriciteit ook elektriciteit aan het netwerk kunnen leveren. Bijvoorbeeld door lokale opwekking van zonne-energie met zonnepanelen en windenergie met een windturbine. Belangrijk is dat bedrijven, maar ook grote aantallen particulieren hun teveel aan geproduceerde elektriciteit aan het net kunnen leveren. Met de Smart Grid-technologie worden ook elektrische auto's die aan de stekker hangen een integraal onderdeel van het stroomnetwerk.

Een grote toestroom aan elektriciteit van derden kan het netwerk overbelasten en voor congestie zorgen. Een smart Grid heeft echter een ingebouwd meet- en regelsysteem, dat vraag en aanbod optimaal op elkaar afstemt. Met de intelligentie in het netwerk, wordt het mogelijk gemaakt dat het smart grid zelf beslist welke weg de stroom aflegt. Dat maakt het netwerk robuuster, milieuvriendelijker en uiteindelijk ook goedkoper.

Op grotere schaal is een goede uitwisseling tussen de verschillende opwekkingsgebieden, vaak over de nationale grenzen, onderdeel van de nieuwe 'intelligente' netwerken. De liberalisering van de energiemarkt bevordert dit proces overigens. Er wordt steeds meer energie internationaal getransporteerd, waardoor de verbindingen tussen landen sterk verbeterd. Gemiddeld genomen zal de transportafstand voor de elektriciteit over het netwerk toenemen. Om de verliezen daarbij te beperken zijn nieuwe distributiesystemen nodig, met een hogere spanning, beter geleidende materialen, of gelijk- in plaats van wisselspanning.¹⁷³ Al deze ontwikkelingen vragen nog veel onderzoek, naar ondermeer de besturingssystemen en naar nieuwe, veilige materialen die geen gezondheidsrisico's met zich meebrengen.¹⁷⁴



Smart Grid Technologie

Bron: <http://www.techbusiness.nl/162/688/clean-tech-energie/smart-grid.html>

1.12.2 Chemische opslag

Waterstof- en brandstofcel

De brandstofcel is een galvanisch element, dat energie uit een chemische reactie omzet in elektrische energie. Vaak wordt dit beperkt tot waterstof, maar de brandstofcel kan ook gebruik maken van andere oxidatoren, zoals methaan, methanol of glucose.

De beschikbare elektriciteit wordt bij dit principe omgezet in chemische energie. De eenvoudigste vorm is het omzetten van elektriciteit in waterstof door elektrolyse van water. De energie die nodig is voor het splijten van water, wordt weer vrij gemaakt wanneer het omgekeerde proces verloopt.

Deze vorm van energieopslag benodigd een opslagtank voor waterstof, waarbij het gasvormige waterstof dient te worden gecomprimeerd. Deze compressie verbruikt energie. Opslag van elektriciteit in deze vorm zal dus leiden tot verlies van energie.

Waterstof vormt met lucht een knalgas-mengsel. Dit is hoog-explosief. Bovendien liggen de explosiegrenzen van waterstof wijd uit elkaar (5% tot 85% waterstof in zuurstof), zodat kleine lekken in het leidingstelsel rondom de opslag tot catastrofale gevolgen kunnen leiden. De opslag van waterstof in een hybridevorm, dat wil zeggen gebonden aan een ander materiaal, is een interessant alternatief, dat nog volop onderzocht wordt.

Batterij en accu

Batterijen en accu's zijn de meest gebruikte vorm van energie-opslag voor elektriciteit. Terwijl in het gebruik van elektronische apparaten momenteel voornamelijk gebruik wordt gemaakt van efficiënte materialen (bv. Lithium-io-batterijen), worden voor de levering aan gebouwen die niet aan het elektriciteitsnet zijn verbonden voornamelijk lead-gel batterijen gebuikt. Deze batterijen zijn betrouwbaar en economisch.¹⁷⁵ Onderzoek naar batterijen en accu's richt zich op verbetering van de energieopslagdichtheid van zowel de anode- als de kathodematerialen.¹⁷⁶

Ecologisch gezien zijn deze batterijen niet wensbaar dankzij hun korte levensduur.

Het groot nadeel van batterijen en accu's is dat er veel zware metalen in verwerkt zitten. Deze zware metalen hebben een rampzalige invloed op het milieu wanneer lekkage optreedt. Ook hebben batterijen en accu's een korte levensduur. Een ander nadeel is dat accu's gelijkstroom leveren, terwijl de meeste huishoudelijke apparaten op wisselstroom werken. Een DC->AC converter is daardoor benodigd.

Soorten Batterijen

Lood-zuur batterij

Nikkel-Cadmium en Nikkel-Metaal-Hydride batterij

Lithium-Ion batterij

(Het type accu's met momenteel de hoogste energiedichtheid)¹⁷⁷

Natrium-zwavel batterij

Zinkbromide flow batterij

Vanadium-redox flow batterij

Regenesys flow batterij

Metaal-lucht batterij

1.12.3 Elektrische opslag

Condensator

Een condensator is een elektrische component die elektrische lading en elektrische energie opslaat. Hij is opgebouwd uit twee geleiders met een relatief grote oppervlakte, die zich dicht bij elkaar bevinden en gescheiden zijn door een niet-geleidend materiaal of vacuüm, het diëlektricum. Wanneer de ene geleider positief geladen wordt ten opzichte van de andere, verplaatst de negatieve lading in het diëlektricum zich naar de positieve plaat, en omgekeerd: positieve lading beweegt naar de andere geleider.

De hoeveelheid lading per aangelegde spanning bepaald de capaciteit van de condensator. Deze wordt groter naarmate de tussenafstand tussen de geleiders kleiner is.

In de praktijk laat het materiaal in de tussenruimte, het diëlektricum, toch een kleine lekstroom door. Bovendien is er een bovengrens aan de sterkte van het elektrisch veld dat tussen de geleiders van een condensator kan worden aangelegd: de doorslagspanning. Vele elektrische componenten zoals kabels zijn onbedoeld tevens condensatoren met een zekere capaciteit.¹⁷⁸

Conventionele condensatoren hebben in vergelijking met batterijen een relatief hoge vermogensdichtheid (gemeten in van W/kg) maar een relatief beperkte energiedichtheid (in termen van Wh/kg of J/kg). Een condensator kan dus in vergelijking met batterijen veel energie afgeven, maar slechts gedurende korte tijd. Condensatoren zijn om die reden niet goed toepasbaar voor energieneutrale gebouwen, omdat hier een langdurige opslag (seizoensopslag) de prioriteit heeft.¹⁷⁹

Supercondensator

De energiedichtheid van supercondensatoren is zo'n duizend keer hoger dan die van conventionele condensatoren. Hierdoor zijn supercondensatoren een alternatief geworden voor veel toepassingen waar tot voor kort nog batterijen voor werden gebruikt.

Supercondensatoren zijn dan voornamelijk geschikt voor toepassingen die hoge energie en snelle, repetitieve laadcycli vereisen. Condensatoren worden van oudsher al veel toegepast om pieken en dalen in de elektriciteitsvoorziening op te vangen. Maar de grotere capaciteit van supercondensatoren maakt ze zeer goed inzetbaar voor de volgende toepassingen:¹⁸⁰

Hybride voertuigen:

Vervanging van traditionele accu's:

Uninterruptible Power Supplies en 'bridge power':

1.12.4 Gravimetrische opslag

Hydro-elektrisch of pomp-accumulatie

Hydro-elektrische energie is de energie die opgewekt wordt uit hydro-kracht (waterkracht). Het wordt opgewekt in vloedden, water reservoirs en verschil in dieptes van meren. Energie winnen uit hoogteverschillen van water. De constructie is meestal hetzelfde, namelijk een turbine met een generator er in, waarbij de generator de energie opwekt. Dit kan bijvoorbeeld door de bouw van een stuwdam of door een natuurlijke waterval.¹⁸¹

Bij pompaccumulatie systemen wordt in tijden van lagere vraag (meestal 's nachts) reserve capaciteit gebruikt om water omhoog te pompen naar een reservoir. Tijdens de piekvraag stroomt het water weer naar beneden en wekt daarbij elektriciteit op. Ze worden vooral

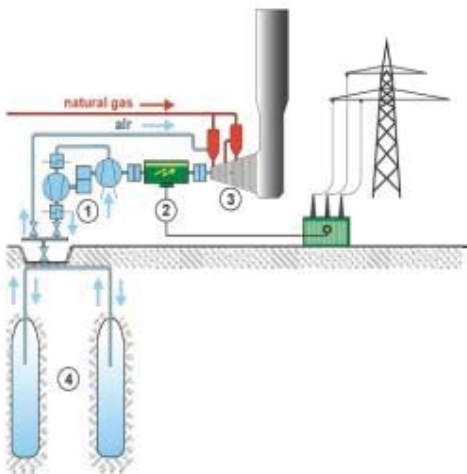
gebruikt om snel piekvermogen te kunnen leveren. Het cyclusrendement bedraagt 75% tot 80% door omzettingsverliezen maar ook door verdampingsverliezen.¹⁸²

Op gebouwschaal biedt een Hydro elektrische energie mogelijkheden. Wanneer de ontwerplocatie geen grote natuurlijke hoogteverschillen kent, is het mogelijk om een groot waterbassin in de grond te maken dat in verbinding staat met een bovengronds meer. Zo kan het mogelijk zijn om energie op te slaan die op afroep beschikbaar kan worden gemaakt. De grootte van het bassin bepaald de hoeveelheid energie die hiermee kan worden opgeslagen.¹⁸³

1.12.5 Mechanische opslag

Drukluchoptslag/samengeperste lucht (compressed air energy storage)

Een alternatieve vorm van elektriciteitsopslag is door middel van drukluchoptslag. De elektriciteit wordt gebruikt om lucht te comprimeren in een afgesloten volume (bijv in een oude mijn). De gecomprimeerde lucht kan vervolgens terug worden omgezet in elektriciteit door de druk vrij te laten. Dit principe is simpel toe te passen, kosten efficiënt en vereist weinig onderhoud. Maar gezien de warmte die tijdens compressie wordt gegenereerd niet kan worden gebruikt is de efficiëntie vrij laag (ongeveer 50%).^{184, 185}



Figuur 11: samengeperste lucht opslag

Vliegwiel

Een andere optie voor de opslag van elektriciteit is om het om te zetten in kinetische energie. Het zogenoemde vliegwiel, waarbij een lichaam roteert om haar as, is een interessante optie. Het kan de kinetische energie opstapelen.¹⁸⁶

Mechanische traagheid is de basis van deze opslagmethode. Een zware roterende schijf wordt versneld door een elektromotor. Elektriciteit wordt opgeslagen als de kinetische energie van het wiel. Wanneer energie nodig is, fungeert de elektromotor als een omgekeerde generator die het wiel vertraagt en elektriciteit produceert. Wrijving moet tot een minimum beperkt blijven ter verlenging van de opslagduur. Dit wordt vaak bereikt door het plaatsen van het vliegwiel in een vacuüm en het gebruik van magnetische lagers, wat het weer een duurere methode maakt.¹⁸⁷

1.12.6 Thermische opslag

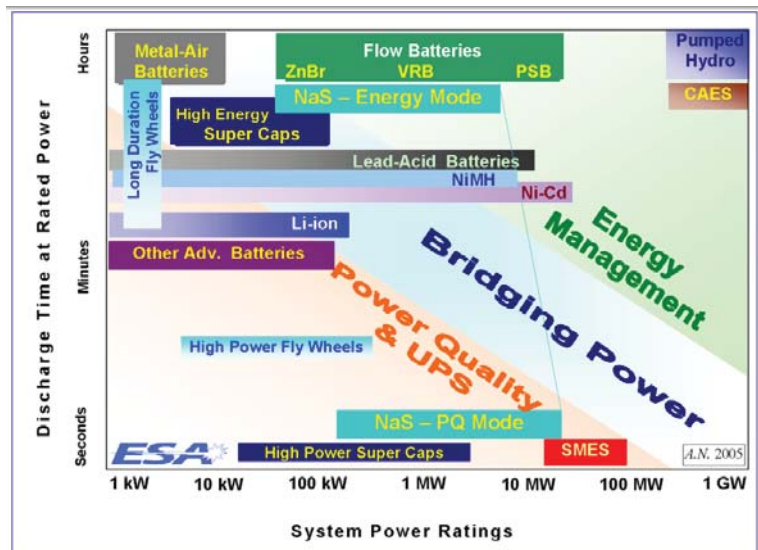
Gesmolten zout

Er zijn ontwerpen voorstellen voor het gebruik van gesmolten zout als warmteopslag voor het opslaan van warmte verzameld door een zonnepaneel zodat het kan worden gebruikt om elektriciteit op te wekken bij slecht weer of 's nachts.¹⁸⁸

Het vloeibare zout wordt verhit door de zonnewarmte tot meer dan 1000 graden Fahrenheit en overdracht naar opslagtanks. Vervolgens draait de stoom die hierdoor ontstaat een turbine aan en creëert elektriciteit.¹⁸⁹

1.12.7 Vermogen opslagsystemen versus ontladingstijd

Men moet voorzichtig zijn met het karakteriseren van opslagsystemen. Sommige systemen zijn typisch bedoeld om in korte tijd veel vermogen te leveren, zoals vliegwheels en condensatoren, andere systemen kunnen uren lang een bepaald vermogen leveren, zoals pompaccumulatie centrales en perslucht systemen. Een en ander wordt in onderstaande figuur grafisch weergegeven.¹⁹⁰



Figuur 12: overzicht van de toepassingsgebieden van verschillende opslagsystemen (Bron: Electricity Storage Association)

Er zijn bovendien nog andere manieren om opslagsystemen te karakteriseren, zoals het stilstandverlies indien er niet wordt geladen of ontladen, het rendement van een volledige laad en ontlad cyclus, het aantal cycli in de totale levensduur van het systeem, enz.

BIJLAGE B: BESCHRIJVING BEOORDELINGSMETHODEN

Deze bijlage geeft een beschrijving van de verschillende beoordelingsmethoden voor duurzaamheid, die zijn meegenomen in de vergelijking die is gegeven in hoofdstuk 7. Dit zijn de volgende beoordelingsmethoden:

- EPA-berekening Nederlands
- EPC-berekening Nederlands
- GPR Nederlands
- Greencalc+ Nederlands
- BREEAM-NL Nederlands, oorspronkelijk Brits
- LEED Amerikaans
- RET Screen Canadees

1.12.8 Energie Prestatie Advies

De EPBD is de Europese richtlijn voor energieprestaties in gebouwen op basis waarvan vanaf 2006 alle utiliteitsgebouwen groter dan 1.000 vierkante meter een energiecertificaat moeten bezitten. De Europese richtlijn bepaalt dat via certificering ook bestaande gebouwen onder de loep moeten worden genomen. Daarvoor is EPA ontwikkeld, Energieprestatieadvies voor woningbouw (EPA-W) en utiliteitsbouw (EPA-U) met een software pakket. De EPA-U software richt zich op de bestaande utiliteitsbouw (zoals kantoren, winkels, horeca en gezondheidszorg).

Beoordelingsthema's

In de EPA methode wordt alleen gekeken naar het thema energie. In de berekening wordt rekening gehouden met het energiegebruik van:

- apparatuur
- verwarming
- koeling
- ventilatoren
- warm tapwater
- pompen
- verlichting
- zonnepanelen (PV)
- zonnecollectoren

Beoordelingsmethode en proces

Men kan gebouwen met meerdere gebouwfuncties en klimaatinstallaties eenvoudig doorrekenen. Met de eerste berekening kan men het ingevoerde gebouw fitten met de werkelijke meterstanden van het gebouw. Onderdeel hiervan is ook de invoer van gebruikersgebonden energiegebruik. In de software wordt het gebouwgebonden energiegebruik berekend. Het gebruikersgebonden energiegebruik wordt ingevoerd om het totale werkelijk energiegebruik van het gebouw te koppelen aan het berekende totale

energiegebruik. Voor het gebruikersdeel kan gebruik worden gemaakt van een bibliotheek met gebruiksgegevens van apparaten: Elektriciteit, stoom of gas. Er kan ook worden gekozen voor een globaal gebruikersgebonden energiegebruik, zijnde 5 W/m² tot 25 W/m². In de berekening wordt dus het werkelijke verbruik (meterstanden) gefit met het berekende theoretische verbruik (gebouwgebonden + gebruiksgebonden). De bibliotheek en opzet kunnen eventueel gebruikt worden voor input voor methoden die geen mogelijkheid hebben voor het berekenen van gebruikersgebonden energie.¹⁹¹

Certificaten

De EPA berekening geeft als resultaat een energielabel, A++ tm G. De energieindex is als volgt voor de 3 hoogste labels:

- A++ <0,50
- A+ 0,51 – 0,70
- A 0,71 – 1,05

Lager dan een labelling 0,5 is niet gespecificeerd. Rekentechnisch is een lagere Energie-index wel mogelijk

1.12.9 Energie Prestatie Norm

Sinds 1995 is het verplicht een EPC-berekening bij de bouwaanvraag in te dienen. De energie prestatie coëfficiënt (EPC) is de eenheid waarin de Energie Prestatie Norm (EPN) wordt uitgedrukt. De Energieprestatiecoëfficiënt is een index die de energetische efficiëntie van nieuwbouw aangeeft, en wordt bepaald door berekeningen die zijn vastgelegd in NEN normen 2916 (utiliteitsbouw) en NEN 5128 (woningbouw). Deze EPC is te definiëren als het te verwachten energieverbruik in MegaJoule per vierkante meter vloeroppervlakte per jaar. Hoe lager de EPC uitvalt, hoe energiezuiniger het gebouw is. Met de EPC ontstaat er zodoende een 'maat' waarmee de energie-zuinigheid van een gebouw in een getal kan worden uitgedrukt.¹⁹²

Beoordelingsthema's

Met de EPC wordt een gebouw beoordeeld op het energetische eigenschappen. Zodoende wordt alleen het thema energie meegenomen in de beoordelingsmethode. EPC-berekening behelst alleen het gebouwgebonden energiegebruik. Het gebruikersdeel valt buiten de EPC-berekening. Mede daardoor is energieneutraal niet hetzelfde als EPC = 0. 193 De EPN en bijbehorende EPC-berekening wordt op termijn vervangen door de de EPG, waarin het gebruiksgebonden energiegebruik wel wordt meegenomen.

In de genormeerde berekening wordt rekening gehouden met het energieverbruik bij een bepaald gebruikersgedrag voor:

- verwarming
- (isolatie en ventilatie),
- koeling,
- bevochtiging,
- ventilatoren,
- pompen,
- warm tapwater,
- verlichting.

Ten aanzien van duurzame energie wordt in de EPC-berekening gewaardeerd:

- warmtepomp
- warmtekoude opslag,
- PV panelen,
- zonneboiler.

Windenergie op locatie of biomassa gestookte verwarming (en waterkracht) zijn niet opgenomen in de EPC-berekening.¹⁹⁴

Beoordelingsmethode

Deze EPC-waarde is een dimensieloos getal en is een maat voor de energie-efficiënte van een gebouw. Hoe lager het getal, hoe energiezuiniger het ontwerp.

Certificaten

Het resultaat van de EPC berekening wordt weergegeven in een cijfer met onderliggende energiegebruiker.¹⁹⁵ De EPC werkt niet met certificaten. Echter, het Bouwbesluit eist dat nieuwe gebouwen minder energie verbruiken dan een bij wet bepaald maximum-niveau. Dit maximum-niveau is de energie-prestatie norm oftewel EPN. Een gebouw voldoet aan de EPN als de epc die volgt uit de modellen kleiner is dan de EPN.

In Nederland geldt voor woningbouw sinds 2006 een eis van 0,8. Vanaf 2011 geldt de strengere norm van 0,6. De verwachting is dat vanaf 2015 de norm gesteld wordt op 0,4. Voor kantoren geldt een EPN van 1.1.¹⁹⁶

De nieuwe EPG (NEN 7120 – Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode) zal de EPC vervangen. De EPG is een genormeerde methode om de energieprestatie van gebouwen te berekenen. In deze norm zijn de nieuwe en innovatieve energiebesparende technieken opgenomen die in de praktijk tot substantiële besparingen leiden en die voldoen aan de randvoorwaarden die de Bouwregelgeving stelt.

In de EPG is naast het gebouwgebonden energiegebruik ook niet-gebouwgebonden energiegebruik opgenomen met een aantal kentallen. Het niet-gebouwgebonden energiegebruik is beschikbaar om energie neutraliteit te beoordelen. Daarnaast vindt waardering van duurzame opwekking op perceel plaats en zal duurzame opwekking in het gebied in de EMG worden opgenomen.¹⁹⁷ De nieuwe norm NEN 7120 voor Energieprestatie Gebouwen (EPG) is nog niet vastgesteld en wordt vooralsnog niet gepubliceerd.¹⁹⁸

1.12.10 GPR gebouw

GPR Gebouw zet gegevens van een gebouw om naar prestaties op het gebied van kwaliteit en duurzaamheid. GPR Gebouw is vooral bedoeld als prestatie-instrument en hulpmiddel voor communicatie in het ontwikkelproces.

Beoordelingsthema's

GPR beoordeeld een gebouw op vijf thema's

- Energie EPA/EPC
- Milieu water, milieuzorg, materialen
- Gezondheid geluid, luchtkwaliteit, Thermisch comfort, licht en visueel comfort
- Gebruikskwaliteit Functionaliteit, toegankelijkheid, sociale veiligheid, technische kwaliteit
- Toekomstwaarde flexibiliteit, toekomstgerichte voorzieningen, belevingswaarde

Gebruikersgebonden energiegebruik en duurzame opwekking extern zijn geen onderdelen van de berekening. GPR gebouw geeft wel een totale CO₂-emissie van het materiaal gebonden deel en het gebouwgebonden energiegebruik.

Beoordelingsmethode en – proces

Het puntensysteem GPR Gebouw geeft op een vijftal thema's een kwaliteitsscore in de vorm van een rapportcijfer tussen 0 en de 10. GPR heeft een gebruiksvriendelijke schil, waaronder gedetailleerde informatie ligt, zoals data uit LCA berekeningen. Energie is één van de vijf thema's in GPR. GPR gebouw heeft een energiemodule voor het bepalen van de energieprestatie van het gebouw. Deze energieprestatie is een vereenvoudiging van de EPN methodiek. Bij een score 10 voor onderdeel Energieprestatie is het gebouwgebonden energieverbruik energieneutraal. ¹⁹⁹

Certificaten

Hoe hoger de kwaliteit of hoe lager de milieubelasting, hoe hoger de score. Een score van 6 komt overeen met het niveau van het Bouwbesluit. Bij een waardering van 7 wordt nieuwbouw in de praktijk gezien als gemiddeld duurzaam, een waardering van 8 betreft een hoog niveau voor duurzaamheid. ²⁰⁰

De totaalscore van alle thema's wordt in de vorm van een label met 1 tot 5 sterren gepresenteerd. Daarbij geldt 'hoe meer sterren, hoe beter het gebouw'.

1.12.11 Greencalc+

GreenCalc+ is een instrument waarmee de duurzaamheid van een gebouw of wijk in kaart kan worden gebracht.

Beoordelingsthema's

GreenCalc+ beoordeelt duurzaamheid van gebouwen op drie thema's:

- Materiaalgebruik
- Watergebruik
- Energiegebruik

Beoordelingsmethode

Deze thema's worden vertaald in een overzichtelijke score, de milieu-index, die de mate van duurzaamheid van een gebouw weergeeft. De milieu-index geeft de duurzaamheid van een

gebouw weer, onafhankelijk van het gedrag van de gebruiker die in het gebouw is gehuisvest. De index wordt berekend door de duurzaamheid van het pand te vergelijken met de duurzaamheid van een standaard gebouw uit 1990. Het standaard referentiegebouw uit 1990 heeft een MIG waarde van 100. Bij een milieu index van 200 wordt ca. 80% van de score bepaald door het onderdeel energie en ca. 20% door het onderdeel materialen. De bijdrage van het onderdeel water aan deze score bedraagt over het algemeen minder dan 1%. Een huidig duurzaam gebouw heeft een milieu-index die ligt tussen de 150 en 300. Er geldt, hoe hoger de index, hoe duurzamer het gebouw. 201

De berekening van Greencalc+ is gebaseerd op de integrale levenscyclusanalyse. Hierdoor is het mogelijk om bouwkundige en installatietechnische maatregelen te vergelijken en tegen elkaar af te wegen.

Materiaalmodule

De materialendatabase bestaat uit gegevens afkomstig uit de Nationale Milieudatabase en enkele aanvullingen. Aan de basis van deze milieudata staan LCA-gegevens. Onderdeel van de Nationale Milieudatabase is de Bepalingsmethode. Deze Bepalingsmethode is ontwikkeld om een standaardisatie te bereiken bij het berekenen van de milieuprestatie van gebouwen over hun hele levenscyclus. De basis voor deze Bepalingsmethode is de NEN 8006:2004, inclusief het 'Correctieblad mei 2007'.

In GreenCalc is de rekenmethode aangevuld met gegevens uit het TWIN2010-model. Dit zijn dezelfde gegevens als weermee in de Basiswerken Milieuclassificaties Bouwproducten van het NIBE wordt gerekend. Voor de milieubeoordelingsmethode TWIN2010 is uitgegaan van de milieugerichte levenscyclusanalyse (LCA). Er is zoveel mogelijk aangesloten bij de laatste stand van de techniek. Voor de beoordeling van het overgrote deel van de milieueffecten is gebruik gemaakt van de recent door het Centrum voor Milieukunde in Leiden (CML) herziene LCA-methodiek, kortweg CML-2. Daarnaast is er gebruik gemaakt van de Eco-indicator '99 methode, het oorspronkelijke TWIN-model (Haas, 1997) en de methode van Müller-Wenk voor de beoordeling van geluidshinder door wegtransport.

Energiemodule

De energiemodule is gebaseerd op de NEN 2916: 2004 en de NEN 5128:2004, waarmee de energieprestatiecoëfficiënt (EPC) voor woning- en utiliteitsbouw wordt berekend. Met deze modellen kan het normatieve gebouwgebonden energiegebruik berekend worden. Om een compleet beeld te krijgen, worden deze modellen daarnaast aangevuld met een berekening van het niet-gebouwgebonden energiegebruik. Ook is het binnen GreenCalc+ mogelijk om de invloed van alternatieve (bio) brandstoffen inzichtelijk te maken. De energiegebruiken van een gebouw worden op basis van LCA's omgerekend naar milieueffecten.

Watermodule

De GreenCalc+ methodiek voor het bepalen van het waterverbruik van woningen is gebaseerd op de WPN (Water Prestatie Norm) NEN 6922. Deze norm is erop gericht het waterverbruik (gebouwgebonden, kwantitatief) terug te dringen. Uit deze rekenmethode volgt de WPC (WaterPrestatieCoëfficiënt), een verhoudingsgetal van het waterverbruik van een woning en het normverbruik van een woning. In de NEN 6922 wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen drinkwater en "ander" water. Deze methode is hierop aangevuld met maatregelen zoals het gebruik van hemelwater en composttoiletten. Voor utiliteitsgebouwen wordt het watergebruik berekend met behulp van de 'Water Prestatie Normering', die door bureau Opmaat en Boom is ontwikkeld in opdracht van de

gemeente Utrecht. Besparingen op het drinkwaterverbruik kunnen plaatsvinden door waterbesparende toiletten, kranen en douches toe te passen. Ook kan de invloed van het gebruik van regenwater voor de toiletspoeling en de besproeiing van de groenvoorzieningen inzichtelijk gemaakt worden. Het drinkwaterverbruik wordt op basis van LCA's omgerekend naar milieueffecten.²⁰²

Certificaten

De Greencalc+ labelklasse indeling is gebaseerd op de milieu-index gebouw (MIG) van kantoren. Deze labelklasse indeling kan niet zomaar gebruikt worden voor andere gebouwfuncties.

1.12.12 BREEAM-NL

Het gerenommeerde Dutch Green Building Council (DGBC) heeft BREEAM (Building Research Establishments Environmental Assessment Method) in Nederland geïntroduceerd om de duurzaamheid van utiliteitsbouw te bepalen. Breeam is afkomstig uit Groot Brittannië en is daarmee een internationaal label welke de duurzaamheid van gebouwen beoordeelt. Het systeem is bruikbaar voor kantoren, scholen, detailhandel, industriële gebouwen, woningen en vele andere.

Beoordelingsthema's:

BREEAM beoordeelt de totale duurzaamheid van een gebouw op negen thema's:

- Management:
prestatieborging, bouwplaats en omgeving, milieu-impact bouwplaats, gebruikershandleiding, levenscycluskostenanalyse, consultatie, veiligheid, gebouw en terrein als educatiemiddel, onderhoudsgemak
- Gezondheid en comfort:
daglichttoetreding, uitzicht, verlichting, luchtkwaliteit, warmtehuishouding en geluid en bevat daarnaast een verzamelcredit.
- Energie:
CO2 emissiereductie, energieverbruiken, verlichting, duurzame energie, liften, thermische kwaliteit gebouwschil
- Transport
Openbaar vervoer, basisvoorzieningen, fietsenstalling, voetgangersveiligheid
- Water
waterverbruik, watermeter, lekdetectie, sainitair, recycling, irrigatiesystemen
- Materialen
bouwmaterialen, hergebruik gebouwgevel, hergebruik gebouwstructuur, onderbouwde herkomst materialen, robuust ontwerpen
- Afval
afvalmanagement op bouwplaats, secundair materiaal, opslagruimte voor herbruikbaar afval, compost, inrichting
- Landgebruik en Ecologie
hergebruik van land, verontreinigde bodem, planten en dieren op locatie, partnerschappen met lokale natuurorganisatie

- Vervuiling
GWP van koudemiddelen voor klimatisering, voorkomen lekkages van koudemiddelen, ruimteverwarminggerelateerde NOx emissies, minimalisering van vervuiling afstomend regenwater, lichtvervuiling, geluidoverlast²⁰³

Beoordelingsmethode

Een gebouw wordt beoordeeld op:

- Bouwkundige elementen: tussenvloeren, gevels, dak, ramen.
- Installaties: verlichting, verwarming, koeling, ventilatie.
- Afwerking: onder andere vloeren en binnenwanden
- Bij het gebouw horende terrein: de bouwkaavel

Binnen de thema's is een aantal credits beschreven waar punten mee te halen zijn. De Nederlandse creditlijst is toegespitst op de Nederlandse wet- en regelgeving, praktijkrichtlijnen en bouwpraktijk.

BREEAM geeft met de creditlist een standaard voor een duurzaam gebouw en geeft vervolgens aan welke prestatieniveau het onderzochte gebouw heeft. Het systeem maakt gebruik van kwalitatieve weging. Aan elk thema is een wegingsfactor meegegeven die de invloed op de totale score bepaald. Zo hebben de thema's energie, gezondheid en comfort de zwaarste wegingen en water en afval de laagste.²⁰⁴ Daarnaast is een verplichte creditlist waaraan het gebouw altijd moet voldoen.

Certificaten

Als totaalscore krijgt een gebouw een beoordeling voor een bovenwettelijke prestatie. De gebruikte termen voor de certificaten zijn pass, good, very good, excellent of outstanding. Pass geldt voor een nieuw gebouw dat voldoet aan het Bouwbesluit. Alles daarboven komt in aanmerking voor Good of nog beter.

Beoordelingsproces

Voor de uitvoering van het Breeam NL beoordelingssysteem leidt de DGBC experts en assessoren op. Deze twee functies vullen elkaar aan, maar verschillen op wezenlijke punten. Een expert mag organisaties adviseren over het laten certificeren van gebouwen. Een expert is niet gemachtigd om zelf een beoordeling uit te voeren, dit word gedaan door assessoren. Een assessor mag als onafhankelijke derde gebouwen beoordelen op hun duurzaamheid volgend de BREEAM-NL normen. Zijn advies vormt basis voor certificatie door de DGBC.

Overige

Breeam NL blijft zich ontwikkelen. De minimale eisen schuiven steeds verder naar boven op. Het label moet namelijk altijd een score weergeven die significant hoger ligt dan het gemiddelde in de markt. Daarom is het BREEAM certificaat een momentopname en vermeld ieder certificaat met welke versie en jaartal van Breeam nl het gebouw is beoordeeld. Maar als zodanig heeft het certificaat wel een onbeperkte geldigheid.²⁰⁵

1.12.13 LEED

Het Amerikaanse LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), ontwikkeld door de U.S. Green Building Council, is een international erkend duurzaamheids certificaat. Leed

domineert de Amerikaanse markt en speelt een steeds grotere rol in Duitsland.²⁰⁶ Het Leed Green Building Rating System evalueert de milieu prestatie van gebouwen over de levensduur van het gebouw. Het biedt een definitieve standaard voor wat een gebouw tot een groen gebouw ontwerp, constructie en operatie maakt.

Beoordelingsthema's

LEED beoordeelt de totale duurzaamheid van een gebouw op zes thema's:

- Duurzaam bouwterrein
Beoordeling van de lasten die voortvloeien uit de bouw van het gebouw en het beheer op mens, milieu en land.
- Water efficiëntie
Beoordeling van het water gebruik van het gebouw
- Energie en atmosfeer
beoordeling van het energie gebruik van het gebouw, het duurzaam gebruik en management van elektriciteit, koelvloeistoffen en het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen.
- Materialen en bronnen
beoordeling van de gebruikte bouwmaterialen, de herkomst van materialen, het hergebruik van materialen
- Kwaliteit van het binnenklimaat
Evaluatie van bouwmaterialen en substanties, frisse lucht, veiligheid van bouwmaterialen, ventilatie systeem.
- Innovatie en ontwerp proces
beoordeling van de innovatie in het project, de mate waarin de certificatie thema's zijn ingesloten in het ontwerp proces, het gebruik van een getrainde LEED specialist.²⁰⁷

Beoordelingsmethode

Het Leed certificatie proces is gebaseerd op een check list systeem die de hierboven beschreven 6 thema's aanschrijft. Het systeem maakt gebruik van kwalitatieve weging. Aan elk thema is een wegingsfactor meegegeven die de invloed op de totale score bepaald. Alle leed rating systemen hebben 100 basis punten. Daarnaast bieden de thema's innovatie in ontwerp en regionale prioriteit de mogelijkheid tot het behalen van 10 bonus punten. Leed 2009 gebruikt de U.S. environmental Protection Agency haar TRACI milieu impact categorieën als basis voor de weging van de criteria. TRACI is ontwikkeld om te assisteren bij de impact evaluatie voor life-cycle beoordeling, industriële ecologie, proces ontwerp en vervuiling preventie. Daarnaast neemt leed ook de weging ontwikkeld door de National Institute of Standards and Technology (NIST) in beschouwing. Deze vergelijk impact categorieën met elkaar en wijst een weging toe aan iedere categorie. Gezamenlijk bieden de 2 aanpakken een solide basis voor het bepalen van de punten waardering voor iedere credit in Leed 2009.

Beoordelingsproces

LEED biedt verschillende certificatie procedures voor verschillende bouwtypes. De criteria van de thema's hangen af van het bouwtype en de versie van het certificaat. Gezien duurzaamheid ontwikkelt, veranderen de beoordelingscriteria mee met de versie van LEED.

Certificaten

De certificaten die behaald kunnen worden zijn 'Certified', 'Silver', 'Gold' en 'Platinum'.²⁰⁸

- Certified 40-49 punten
- silver 50-59 punten
- Gold 60-79 punten
- Platinum 80+

1.12.14 RET Screen

De RETScreen Software is ontwikkeld in Canada. Een Nederlandse versie is beschikbaar en gratis te downloaden. Deze software maakt het mogelijk om haalbaarheidsstudies voor duurzame energie technologieën en energiebesparingsmaatregelen (ook op gebouwniveau) uit te voeren.

Beoordelingsthema's

- energieproductie
- besparingen
- kosten over de levensduur
- emissiereductie
- financiële haalbaarheid
- risico's van verschillende typen energiezuinige en duurzame energietechnologieën (DET's).

De software bevat ook databases met gegevens over productie, kosten en klimaat.

Beoordelingsproces

Met de software van RETScreen kan een standaard analyse worden uitgevoerd in 5 stappen:²⁰⁹

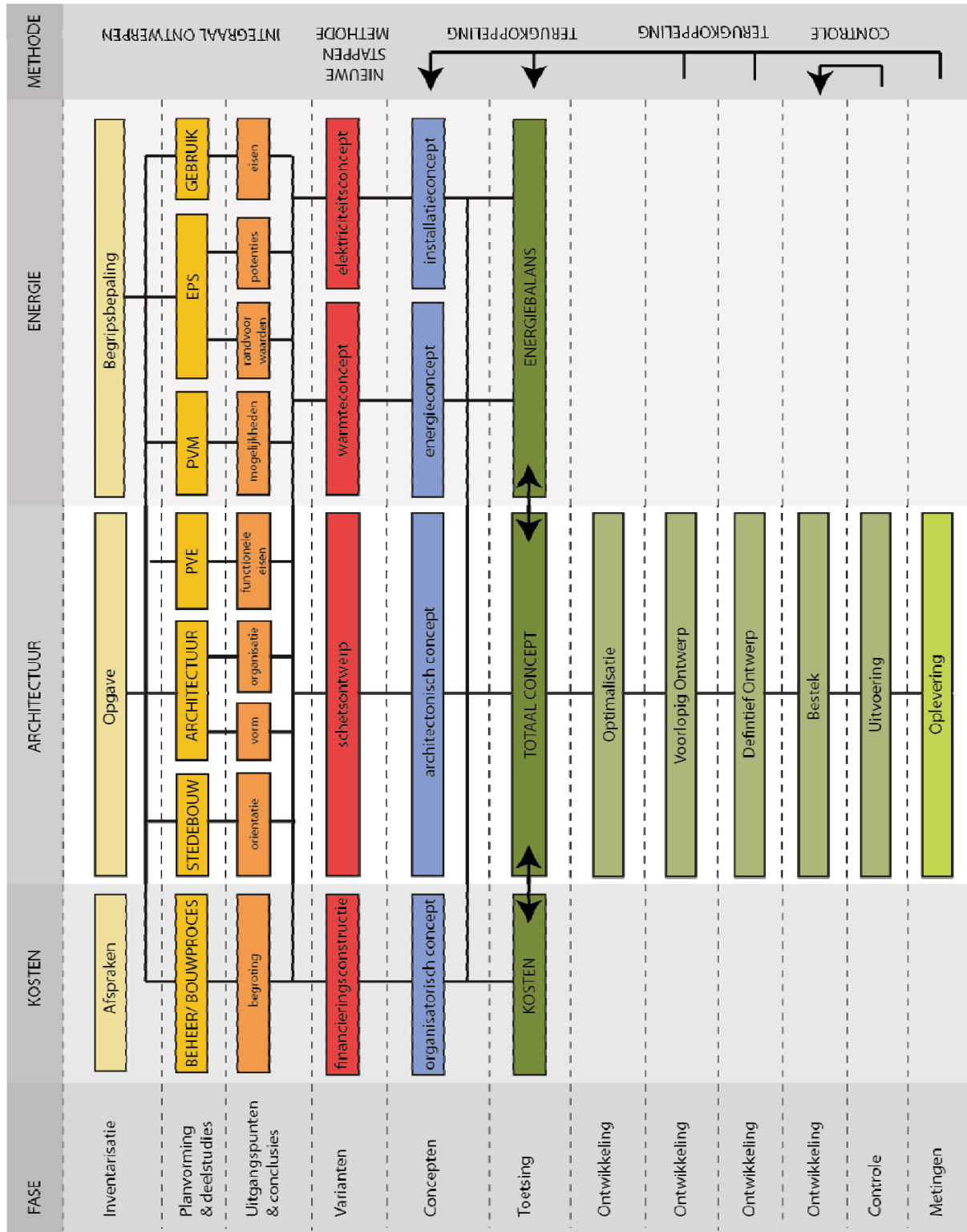
- Start: Instelling en locatieomstandigheden
- Energiemodel
- Kosten analyse
- Emissie analyse
- Financiële analyse
- Risico analyse

De software van RETScreen bevat geïntegreerde product, project, hydrologische en klimaat databases (de laatstgenoemde met 4.700 locaties van grondstations, plus NASA satellietgegevens die de hele oppervlakte van de wereld afdekken), maar ook koppelingen naar wereldwijde kaarten met energiebronnen.²¹⁰

Overige informatie

RETScreen heeft in Nederland weinig bekendheid, en wordt meer gebruikt voor haalbaarheidsstudies naar energietechnieken dan voor totale gebouw analyses. De koppeling tussen de modules is onbekend.²¹¹

BIJLAGE C: ONTWERPMETHODIEK



BIJLAGE D: CODE ENERGIEBEREKENINGEN

```
=====
% MAIN script: NEN_berekeningen_MAIN

% Dit is een script voor de energieberekeningberekening van het UNEC ontwerp

% ALGEMEEN VOOR ENERGIEBEREKENING - ENERGIEPOSTEN:
% VERWARMING
% VENTILATIE
% VERLICHTING
% POMPEN
% KOELING
% BEVOCHTINGING
%
% EERSTE STAPPEN:
% - indeling in energiesectoren
=====

%-----
% 0] Initialization
%-----
clear
close all hidden
clc

%script name
info.scriptName = 'NEN_berekeningen_MAIN';

%-----

%-----
% 1a] Generate sectors

%+++++
% De P5 Variant
%+++++
sector = generate_sectors_p5;
% sector = generate_sectors_p5_RO;
%+++++

sector_number = size(sector,2);
%-----

%-----
% 1c] Input: Environment Temperature and Insolation
% - depends on location and orientation
% - Assumed to be equal for sectors
%-----
% read all environment data
[data_temperature, data_solar] = read_environment_data;
%
for sectorCnt = 1:sector_number;
    [sector(sectorCnt).Te, sector(sectorCnt).q_zon] = set_environment_data(sector(sectorCnt),
    data_temperature, data_solar);
end %for sectorCnt
%-----

%-----
% 2] Perform Calculations for all sectors
%-----

for sectorCnt = 1:sector_number;
    for monthCnt = 1:12;

        % i. VENTILATIE
        sector(sectorCnt).data_ventilatie(monthCnt) = calc_ventilatie(sector(sectorCnt),monthCnt );

        % ii. VERLICHTING
        sector(sectorCnt).data_verlichting(monthCnt) = calc_verlichting(sector(sectorCnt),monthCnt);

        % iii. VERWARMING
        sector(sectorCnt).data_verwarming(monthCnt) = calc_verwarming(sector(sectorCnt), monthCnt);

        % iv. KOELING
        sector(sectorCnt).data_koeling(monthCnt) = calc_koeling(sector(sectorCnt), monthCnt);

        % iiib VERWARMING deel II
        sector(sectorCnt).data_verwarming_final(monthCnt) =
        calc_verwarming_final(sector(sectorCnt), monthCnt);
```



```

% v.     BEVOCHTIGING
sector(sectorCnt).data_bevochtiging(monthCnt) = calc_bevochtiging(sector(sectorCnt),monthCnt );

% vi.    TAPWATER
sector(sectorCnt).data_tapwater(monthCnt) = calc_tapwater(sector(sectorCnt),monthCnt );

% vii.   POMPEN
sector(sectorCnt).data_pompen(monthCnt) = calc_pompen(sector(sectorCnt),monthCnt);

% viii.  APPARATUUR
sector(sectorCnt).data_apparaatuur(monthCnt) = calc_apparaatuur(sector(sectorCnt),monthCnt);

% Set    VERWARMING data maand
totaal_verwarming_maand(monthCnt) =
sector(sectorCnt).data_verwarming_final(monthCnt).Qverw_sec_maand;

% Set    KOELING data maand
totaal_koeling_maand(monthCnt) = sector(sectorCnt).data_koeling(monthCnt).Q_beh_koel_sec_maand;

% Set    Verlichting data maand
totaal_verlichting_maand(monthCnt) =
sector(sectorCnt).data_verlichting(monthCnt).Q_vl_II_sec_maand;

end %for monthCnt

%-----
% Totale Energie per post per maand in MJ
%-----
% i.     VENTILATIE
sector(sectorCnt).totaal_ventilatie_maand(1:12) =
sector(sectorCnt).data_ventilatie(1:12).Q_vent_sec_maand;

% ii.    VERLICHTING
sector(sectorCnt).totaal_verlichting_maand(1:12) = totaal_verlichting_maand;

% iii.   VERWARMING
sector(sectorCnt).totaal_verwarming_maand(1:12) = totaal_verwarming_maand;

% iv.    KOELING
sector(sectorCnt).totaal_koeling_maand(1:12) = totaal_koeling_maand;

% v.     BEVOCHTIGING
sector(sectorCnt).totaal_bevochtiging(1:12) =
sector(sectorCnt).data_bevochtiging(1:12).Qprim_bev_sec_maand;

% vi.    TAPWATER
sector(sectorCnt).totaal_tapwater(1:12) =
sector(sectorCnt).data_tapwater(1:12).Qprim_tap_sec_maand;

% vii    POMPEN
sector(sectorCnt).totaal_pompen(1:12) =
sector(sectorCnt).data_pompen(1:12).Q_pompen_sec_maand;

% viii   APPARATUUR
sector(sectorCnt).totaal_apparaatuur(1:12) =
sector(sectorCnt).data_apparaatuur(1:12).Q_apparaatuur_sec_maand;

%-----

%-----
% Totale benodigde Energie per sector per maand in MJ (Som van alle posten)
%-----
sector(sectorCnt).Energie_post_maand = [ sector(sectorCnt).totaal_ventilatie_maand;
sector(sectorCnt).totaal_verlichting_maand; ...
sector(sectorCnt).totaal_verwarming_maand; ...
sector(sectorCnt).totaal_koeling_maand; ...
sector(sectorCnt).totaal_bevochtiging; ...
sector(sectorCnt).totaal_tapwater; ...
sector(sectorCnt).totaal_pompen; ...
sector(sectorCnt).totaal_apparaatuur];

sector(sectorCnt).totaalEnergie_maand =
sector(sectorCnt).totaal_ventilatie_maand ...
+ sector(sectorCnt).totaal_verlichting_maand ...
+ sector(sectorCnt).totaal_verwarming_maand ...
+ sector(sectorCnt).totaal_koeling_maand ...
+ sector(sectorCnt).totaal_bevochtiging ...
+ sector(sectorCnt).totaal_tapwater ...
+ sector(sectorCnt).totaal_pompen ...
+ sector(sectorCnt).totaal_apparaatuur;

%-----
% Totale benodigde energie per sector in MJ (Som van alle posten)
%-----

```

```

sector(sectorCnt).totaalEnergie_jaar = sum(sector(sectorCnt).totaalEnergie_maand);
%-----

%-----
% Totale benodigde specifieke energie per sector in MJ/m2 (Som van alle posten)
%-----
sector(sectorCnt).totaalEnergie_jaar_specifiek = sum(sector(sectorCnt).totaalEnergie_maand) /
sector(sectorCnt).Ag_sec;
%-----

%-----
% Totale benodigde specifieke energie per sector in MJ/m2 per maand (Som van alle posten)
%-----
sector(sectorCnt).totaalEnergie_post_maand_specifiek = sector(sectorCnt).Energie_post_maand ./
sector(sectorCnt).Ag_sec;
%-----

%-----
% Totale Energie per post per jaar in MJ
%-----
sector(sectorCnt).Energie_post_jaar = sum(sector(sectorCnt).Energie_post_maand,2)';

%-----
% Totale specifieke energie per post in MJ/m2
%-----
sector(sectorCnt).Energie_post_jaar_specifiek = sector(sectorCnt).Energie_post_jaar /
sector(sectorCnt).Ag_sec;

end %for sectorCnt
%-----

%-----
% 3] Calculation Energy of whole building (Adding data of all sectors)
%-----

for sectorCnt = 1:sector_number
%-----
% Totale benodigde energie per sector in MJ (Som van alle posten)
%-----
totaalEnergie_jaar(sectorCnt) = sector(sectorCnt).totaalEnergie_jaar;

%-----
% Totale Energie per post per jaar in MJ
%-----
totaalEnergie_post_jaar(sectorCnt,:) = sector(sectorCnt).Energie_post_jaar;

%-----
% Totale Energie per post per maand in MJ
%-----
totaalEnergie_post_maand(sectorCnt,:,1:12) = sector(sectorCnt).Energie_post_maand;

%-----
% Totale oppervlakte
%-----
totaalOppervlakte(sectorCnt) = sector(sectorCnt).Ag_sec;

end % for sectorCnt

%-----
% Totale benodigde specifieke energie per sector in MJ/m2 (Som van alle posten)
%-----
gebouw.totaalEnergie_jaar_specifiek = gebouw.totaalEnergie_jaar / gebouw.totaalOppervlakte;
%-----
% Totale specifieke energie per post in MJ/m2
%-----
gebouw.totaalEnergie_post_jaar_specifiek = gebouw.totaalEnergie_post_jaar / gebouw.totaalOppervlakte;

%-----
% Opwekkings functie
%-----
opwekking_totaal = opwekking_function(gebouw, info);

=====
disp(sprintf('Script has ended: %s',info.scriptName))
% END: script
=====

```

```

%=====
% SUB script: invoer klimaatgegevens
%=====

function [data_Te_maand, data_Rad_maand] = set_environment_data(input, data_temperature, data_solar)
%=====

%-----
% Set outside temperature (orientation independent)
%-----

data_Te      = squeeze(data_temperature(1,1:12,1:24));
data_Te_maand = mean(data_Te,2)';

%-----
% Set the solar radiation for the sector with a given orientation
%-----

% used order of files:
% {'zuid_MITreport.txt', 'zuidoost_MITreport.txt', 'oost_MITreport.txt', ...
% 'noordoost_MITreport.txt', 'noord_MITreport.txt', 'noordwest_MITreport.txt', ...
% 'west_MITreport.txt', 'zuidwest_MITreport.txt'};

switch input.orientation

    case 'zuid'
        data_Rad = squeeze(data_solar(1,1:12,1:24));

    case 'zuidoost'
        data_Rad = squeeze(data_solar(2,1:12,1:24));

    case 'oost'
        data_Rad = squeeze(data_solar(3,1:12,1:24));

    case 'noordoost'
        data_Rad = squeeze(data_solar(4,1:12,1:24));

    case 'noord'
        data_Rad = squeeze(data_solar(5,1:12,1:24));

    case 'noordwest'
        data_Rad = squeeze(data_solar(6,1:12,1:24));

    case 'west'
        data_Rad = squeeze(data_solar(7,1:12,1:24));

    case 'zuidwest'
        data_Rad = squeeze(data_solar(8,1:12,1:24));

end % switch

% Solar radiation in MJ per maand per m^2
% data_Rad_maand = 0.0036 .* input.maand_dagen .* sum(data_Rad,2)';

data_Rad_maand = 0.0036 .* sum(data_Rad,2)';
end
%=====

```

```

%=====
% SUB script: invoer energiesectoren met bijbehorende inputvariabelen
%=====

function sector = generate_sectors
%=====

%+++++
% 1] SECTOR 1: kantoordeel
%+++++
input.naam      = 'sector 1';
input.orientation = 'zuidoost';
input.maand_dagen = [31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31];

%=====
% 2] ONTWERPAPHANKELIJKE PARAMETERS
%=====

%=====
% vloeroppervlaktes
%=====
input.Ag_sec      = 20500;          % (m2)
input.Ag_i        = input.Ag_sec;  % gebruiksoppervlakte van het gedeelte van
gebruiksfunctie 1,2,3 gelegen in de energiesector in m2

input.Ag_tot_verw_zone = input.Ag_sec; % pompen - gebruiksoppervlakte van
verwarmde zones van gebouw in m2 volgens 13.2
input.Ag_koel_sec     = input.Ag_sec; % pompen - som van de opp van de sectoren die
worden gekoeld
input.Ag_bev_sec      = input.Ag_sec; % bevochtiging - gebruiksoppervlakte van het
gedeelte van de energiesector dat van bevochtigde lucht wordt voorzien in m2
input.Ag_koel         = input.Ag_sec; % koelen - gebruiksoppervlakte vh gedeelte vh
fysieke gebouw dat wordt gekoel in m2
input.A_daglicht_vert = 0;          % verlichting - oppervlakte van de bijdrage
van de verticale projecties van de daglichtopeningen in m2, volgens 8.3.2.3 (bv daklicht, hellende
ramen)
input.A_overlap       = 0;          % verlichting - oppervlakte van het deel
dat zowel in A_daglicht_hor als A_daglicht_vert valt in m2

%=====
% geveloppervlaktes
%=====
input.A_gevel_raam    = 2430;      % geprojecteerde oppervlakte van het
ondoorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_gevel_dicht   = 270;      % geprojecteerde oppervlakte van het
ondoorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_gevel_dicht_ii = 1448;    % naar onverwarmde zone, zoals
parkeerkelder
input.A_dak           = 10150;    % geprojecteerde oppervlakte van het
ondoorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_keldergevel   = 0;
input.A_keldervloer   = 10150;

input.Ar              = 2683;      % verwarmen - glasoppervlak inc kozijn
input.Ac              = input.A_gevel_dicht; % geprojecteerde oppervlakte van de niet
transparante constructie onderdelen in m2 volgens 5.2.7

%=====
% overige dimensies
%=====
input.l_daglicht_hor  = 630;      % verlichting - gevallengte van de daglichtsector
behorende bij daglichtopening in m2, volgens 8.3.2.5

% Doorlaat - verlichting
% -----
input.bo_d            = 5;        % bovenkant van de doorlaat in m volgens hfd 7 van NEN
2057
input.o_d             = 0;        % onderkant van de doorlaat in m bepaald volgens hfd 7
van NEN 2057
input.gebouwhoogte    = 6;        % gebouwhoogte in m

input.overstek_luifel = 1;        % verwarmen - overstek van de luifel in m
input.h1              = 0;        % verwarmen - verticale afstand tussen bovenkant van het
glasgedeelte van het raam en onderkant van de luifel
input.h2              = 5;        % verwarmen - de hoogte van het glasgedeelte van het raam

%=====
% warmtedoorgangscoefficienten U
%=====
input.U_gevel_raam    = 0.7;      % warmtedoorgangscoefficient van dat element i van
de uitwendige scheidingsconstructie, berekend volgens hfd 7 in W/(m2K)
input.U_gevel_dicht   = 0.2;      % warmtedoorgangscoefficient van dat element i van
de uitwendige scheidingsconstructie, berekend volgens hfd 7 in W/(m2K)
input.U_gevel_dicht_ii = 0.2;      % naar onverwarmde ruimte zoals parkeerkelder

```

```

input.U_dak          = 0.24;      % warmtedoorgangscoefficient van dat element i van de
uitwendige scheidingsconstructie, berekend volgens hfd 7 in W/(m2K)
input.U_kelder      = 0.24;

input.Uc            = input.U_gevel_raam;      % koelen - installatieboek tabel 7: HR++
glas. glaswarmtedoorgangscoefficient van constructie onderdelen in W/(m2K) volgens 7.3 van NEN 1068

%=====
% VERWARMEN
%=====
input.n_deurenmettochtsluis = 2;      % aantal deuren met tochtsluis in sector
input.n_deurenzondertochtsluis = 2;    % aantal deuren zonder tochtsluis in sector
input.Aze             = 3750;        % oppervlakte vd zonnecollectoren

% beschaduwingsfactor van luifel/overstek voor berekening Q_zon_t
% -----
input.glastype        = 'zonwering_buiten';  % 'blank_dubbel' - 'blank_ enkel' - '
warmtereflecterend_dubbel' (gekoppeld aan ZTA)

% thermische massa benuttingsfactor
% -----
input.plafondtype     = 'gesloten';        % 'gesloten' of 'open';
input.massa_vloerconstructie = 401;      % kg/m2??? minder dan 100, tussen 100 en 400
of groter dan 400?

% specifieke warmteverlies door transmissie (H_t)
% =====

% L_d: directe koppelingscoefficient tussen de verwarmde binnenruimte en de buitenlucht (H13.2)
% -----
input.toeslag_for     = 0.1;
% -----

%=====
% 3] CONSTANTES ALGEMEEN
%=====
% -----
% rendement elektriciteitsvoorziening
% -----
input.rend_el         = 0.39;            % volgens 14.2: rendement elektriciteitsvoorziening =
39% zijnde de getalswaarde die behoort bij het rendement van elektriciteitsopwekking voor het
% landelijke openbare opwekkingspark , rekening houdend
met netverliezen
input.rend_el_marg    = 0.5;            % bij toepassing van gebouwgebonden warmtekracht
is de energetische waarde vd hoeveelheid geleverde elektriciteit 50% zijnde het marginale rendement
op bovenwaarde voor
% -----
% gescheiden elektriciteitsopwekking met nieuwe
centrales, rekening houden met netverliezen

%=====
% I ] DE CONSTANTES VAN DE VENTILATIE BEREKENING
%=====
% -----
% PRINCIPE:
% Het product van de maximale draaitijd in een jaar, het effectieve vermogen waarin een weging voor
de regeling is opgenomen en de opgelegde gebruiksuren.
% Het effectieve vermogen wordt bepaald a.d.h.v. de lucht volumestroom u_v_m tenzij aan de hand van
het werkelijk opgestelde vermogen van ventilatoren
% wordt aangetoond dat een lagere waarde voor het effectieve vermogen van toepassing is.

% -----
% tijdf fractie dat ventilatie in bedrijf is
% -----

% -----
% tijdf fractie dat ventilatie in bedrijf is
% -----
input.fv_tot         = 0.30;            % volgens 7.4
input.ventilatie     = 'toevoer_mechanisch'; % 'afvoer_mechanisch' - 'toevoer_mechanisch' (Evt in combi
met mechanische afvoer, zonder koeling vd inblaaslucht - 'overige'
if strcmp(input.ventilatie, 'afvoer_mechanisch'); % alleen mechanische afzuiging
input.c_sys = 1.2;
elseif strcmp(input.ventilatie, 'toevoer_mechanisch'); % mechanische toevoer, evt in combi met
mechanische afvoer, zonder koeling van de inblaaslucht
input.c_sys = 2.0;
elseif strcmp(input.ventilatie, 'overige'); % andere gevallen
input.c_sys = 3.0; % c_sys in (Ws)/dm3
end %if

input.fv_tot         = 0.30;            % volgens 7.4
input.c_sys          = 1.2;            % getalswaarde van constante afhankelijk van
klimatiseringssysteem in (W*s)/dm3, zie 7.3.2.3

% -----
% specifieke lucht volumestroom
% -----
% **** uit verwarmingsberekening!!!
input.u_v_m          = 1;            % getalswaarde van specifieke lucht volumestroom door mechanische
ventilatie in dm3/(s*m2) zie 6.5.3.4

```

```

% u_v_m          = u_v_min;          % natuurlijke toevoer en mechanische afvoer, volgens 6.5.3.5
% tabel 9:       % andere gevallen (ook balans): klasse waarbinnen u_v_m_max valt
% volgens 6.5.3.6
%-----
%=====
% II ]   DE CONSTANTES VAN DE VERLICHTING BEREKENING - optie i: forfaitair
%=====
% PRINCIPE: 2 opties:
% - forfaitaire berekening (8.2): waarde voor specifieke elektriciteitsverbruik voor verlichting per
m2 gebruiksooppervlak
% - berekening van vermogens van de geïnstalleerde lampen en voorschakelapparaten, de branduren en
regelingen (8.3)
%-----
% specifieke elektriciteitsverbruik voor verlichting
%-----
input.e_vl          = 8.5;          % in kWh/m2, volgens tabel 24 (kantoorfunctie)
%-----
% schakel en regelsysteem in sector
%-----
input.regeling = 'veegpuls_daglicht';          % 'veegpuls_daglicht' - 'daglicht' -
'veegpuls' - 'vertrek' - 'vertrek_gevelzone' - 'centraal'

if strcmp(input.regeling , 'veegpuls_daglicht');          % veegpulsschakeling in combinatie met
daglichtschakeling of regeling
    input.f_regel_kunstlicht_sec = 0.7;
elseif strcmp(input.regeling , 'daglicht');          % daglichtschakeling of -regeling
    input.f_regel_kunstlicht_sec = 0.8;
elseif strcmp(input.regeling , 'veegpuls');          % veegpulsschakeling
    input.f_regel_kunstlicht_sec = 0.75;
elseif strcmp(input.regeling , 'vertrek');          % vertrekschakeling
    input.f_regel_kunstlicht_sec = 0.9;
elseif strcmp(input.regeling , 'vertrek_gevelzone');          % vertrekschakeling met mogelijkheid om
gevelzone afzonderlijk aan of uit te schakelen
    input.f_regel_kunstlicht_sec = 0.9;
elseif strcmp(input.regeling , 'centraal');          % centraal aan/uit
    input.f_regel_kunstlicht_sec = 1.0;
end %if

% =====
% II ]   DE CONSTANTES VAN DE VERLICHTING BEREKENING - optie ii: geïnstalleerd vermogen
% =====
% PRINCIPE:
% 1) neem verdeling in energiesectoren volgens 13.3
% 2) verdeel de energiesectoren in verlichtingssectoren volgens 8.3.2
% a) bepaal oppervlakte van de daglichtsector per energiesector volgens 8.3.2.2 en van de
kunstlichtsector per energiesector volgens 8.3.2.4
% 3) bepaal het primaire energiegebruik voor verlichting volgens 8.3.3
% -----
% DAGLICHTSECTOR
% -----
%- Oppervlakte van bijdrage van verticale projectie op horizontaal vlak ( o.a. daklichten)
%- Oppervlakte van bijdrage van horizontale projectie op verticaal vlak (ramen/gevels)
%- Smeer de oppervlakten van de bijdragen onder aftrek van die
%oppervlakte die bij beide bijdragen wordt meegerekend (de overlap)
% -----
% breedte daglichtsector
% -----
input.a_hulpvariabele_daglicht = 1.0;          % hulpvariabele bij in horizontale zin doorlopende pui(en)
% input.a_hulpvariabele_daglicht= 0.71;          % hulpvariabele indien bij penanten e.d. onderbroken puien
en ramen in de zijkant van de doorlaat van de naastliggende daglichtopening
% in horzinatle zin niet verder is verwijderd dan 0.4 x de
breedte van de beschouwde doorlaat, met een maximum van 1m
input.LTA          = 0.6;          % lichtdoorlatendheid van de daglichtopening
volgens tabel 25; (enkel glas, dubbel blank glas, drievoudig blank glas)
%input.LTA          = 0.1;          % zonwerend glas
% -----
% PRIMAIR ENERGIEGEBRUIK VOOR VERLICHTING
% -----
input.q_i_vl          = 10 * 10^-3;          % geïnstalleerd vermogen verlichting in kW/m2
% tussen 15 en 30 W/m2, maar energiezuinig 8.5 W/m3 (volgens lesbrief energie en warmteproblemen A.
Schuur
%input.P_armatuur          = input.Q.armatuur * Ag_sec;          % ???geïnstalleerde vermogen van
lamp(en) inclusief voorschakelappara(a)t(en) in kW
% -----
% factor voor schakel-/regelsysteem
% -----
input.factor_zonneuren = [0.06, 0.07, 0.08, 0.08, 0.10, 0.11, 0.11, 0.10, 0.09, 0.08, 0.07,
0.06];
input.factor_zonneuren = [0.40, 0.30, 0.20, 0.15, 0.10, 0.05, 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30,
0.40];

```

```

if strcmp(input.regeling , 'veegpuls_daglicht'); % veegpulschakeling in combinatie met
daglichtschakeling of regeling
input.f_regel_daglicht = 0.55;
input.f_regel_kunstlicht = 0.7;
elseif strcmp(input.regeling , 'daglicht'); % daglichtschakeling of -regeling
input.f_regel_daglicht = 0.6;
input.f_regel_kunstlicht = 0.8;
elseif strcmp(input.regeling , 'veegpuls'); % veegpulschakeling
input.f_regel_daglicht = 0.75;
input.f_regel_kunstlicht = 0.75;
elseif strcmp(input.regeling , 'vertrek'); % vertrekschakeling
input.f_regel_daglicht = 0.9;
input.f_regel_kunstlicht = 0.9;
elseif strcmp(input.regeling , 'vertrek_gevelzone'); % vertrekschakeling met mogelijkheid om
gevelzone afzonderlijk aan of uit te schakelen
input.f_regel_daglicht = 0.75;
input.f_regel_kunstlicht = 0.9;
elseif strcmp(input.regeling , 'centraal'); % centraal aan/uit
input.f_regel_daglicht = 1.0;
input.f_regel_kunstlicht = 1.0;
end %if
%input.f_regel_daglicht % factor voor regelsysteem in daglichtsector volgens tabel 26
%input.f_regel_kunstlicht % factor regelsysteem in kunstlichtsector volgens tabel 26

% input.f_vl_Avond = 0.8; % fractie vh maximale energiegebruik voor verlichting id
avond nachtperiode indien gezondheidszorgfunctie en bijeenkomstfunctie meer dan 80% vd
gebruiksoppervlakte van energiesector
input.f_vl_avond = 0.5; % overige gevallen, zie p 94
% -----
% branduren
% -----
input.t_dag = 2200; % gewogen aantal branduren per jaar in de dagperiode in h,
volgens tabel 27
input.t_avond = 300; % aantal branduren per jaar in avondperiode in h volgens tabel
27
% -----
% aanwezigheidsdetectie
% -----
input.aanwezigheidsdetectie = 'ja'; % 'ja' of 'nee'
if strcmp(input.aanwezigheidsdetectie , 'ja') % aan-/afwezigheidsdetectie in meer dan 70%
van de gebruiksoppervlakte vd sector
input.f_aanw = 0.8;
elseif strcmp(input.aanwezigheidsdetectie , 'nee') % (geen) aan-/afwezigheidsdetectie in
minder dan 70% van de gebruiksoppervlakte vd sector
input.f_aanw = 1.0;
end %if

%=====
% III ] DE CONSTANTES VAN DE POMPEN BEREKENING
%=====
% PRINCIPE
% - schematiseer het gebouw volgens 9.2
% - berekenen het energiegebruik voor pompen volgens 9.3
% een reductiefactor voro de waardering van toepassing van pompregeleingen
% mag worden gehanteerd
input.f_regel_verw = 0.5; % weegfactor voor type regeling in verwarmingssysteem volgens
9.4
% f_regel_verw = 0.5; % indien >50% vh opgestelde asvermogen aan pompmotoren in
warmwatercircuits is voorzien van een automatisch werkende toerenregeling of automatisch werkende
aan/uit-regeling
% f_regel_verw = 0; % indiengaan pompen in warmwatercircuits aanwezig zijn
% f_regel_verw = 1; % andere gevallen
input.f_regel_koel = 0.5; % weegfactor voor type regelin in koelsysteem volgens 9;4
% f_regel_koel = 0.5; % indien >50% vh opgestelde asvermogen aan pompmotoren in
gekoeldwatercircuits is voorzien van een automatisch werkende toerenregeling
% f_regel_koel = 0; % indien geen pompen in gekoeld watercircuits aanwezig zijn
% f_Regel_koel = 1; % in alle andere gevallen

%=====
% IV ] CONSTANTES VAN DE BEVOCHTING BEREKENING
%=====
% PRINCIPE
% - neem de energiesectoren volgens 5.2.1
% - bepaald de hoeveelheid te bevochtigen lucht per energiesector volgens 11.4
% - bereken het energiegebruik voor bechochting van het gebouw volgens 11.2

input.rend_opw_verw = 0.75; % warmte opwekkingsrendmenet van het toestel waarmee het
toestel dat bevochtigt wordt gevoed, volgens 6.8.2.1 tabel 20

%input.u_v_m_e = 1; % specifieke lucht volumestroom van te verwarmen, rechtstreeks
van buiten komende verse lucht door mechanisch toegevoerde ventilatielucht tijdens gebruikstijd in
dm3/(sm2) volgens 6.5.3.3
input.Xh = 5.0; % aantal toe te voeren gram-uren vocht per dm3 droge lucht
bepaald als de laagste waarde van de aan tabel 33 te ontlenen waarden behorende bij de in de
energiesector voorkomende gebruiksfuncties in gh/dm3

```

```

%=====
% V ] CONSTANTES VAN DE TAPWATER BEREKENING
%=====
% PRINCIPE
% - neem de verdeling van het gebouw in energiesectoren volgens 13.2.2
% - bepaal de som van de netto-warmtebehoefte van de energiesectoren volgens 12.3
% - bepaal het systeemrendement volgens 12.4
% - bepaald de energiebijdrage van een eventueel aanwezig zonne-energiesysteem volgens 12.5
% - bepaald het opwekkingsrendement volgens 12.6
% - bepaald het primaire energiegebruik voor de bereiding van warmtapwater volgens 12.2

input.c_beh_tap          = 5;          % functieafhankelijk: de netto warmtebehoefte vh id
energiesector gelegen gedeelte van gebruiksfunctie 1,2... waarin zich tappunten voor warmtapwater
bevinden in MJ/m2, volgens tabel 34a
% input.c_beh_tap        = 15;        % bijeenkomstfunctie voor alcoholgebruik
input.Ag_tap             = 325;       % gebruiksoppervlakte vh id energiesector gelegen gedeelte
van de gebruiksfunctie 1,2 ...waarin zich tappunten voor warmtapwater bevinden in m2

input.rend_leid_tap_circ_tap = 0.8;    % de leiding- en circulatieverliezen binnen het gebouw
volgens 12.4.2
% input.rend_leid_tap_circ_tap = 1.0; % indien alle tappunten binnen een straal van 3 m van het
opwekkingstoestel of zogenoemde afleverset bevinden.
% input.rend_leid_tap_circ_tap = 0.8; % indien een of meer tappunten zich op een afstand van >3m
vh opwekkingstoestel of de afleverset bevinden
% input.rend_leid_tap_circ_tap = 0.6; % indien een circulatieleiding wordt toegepast of indien
het distributiesysteem onbekend is
input.rend_conv_tap       = 1;        % conversieverlies bij zogenoemde afleverset ve systeem
met warmtelevering op afstand of een systeem van externe warmtelevering
% input.rend_conv_tap      = 0.8;     % afleverset aanwezig
% input.rend_conv_tap      = 1.0;     % geen afleverset aanwezig
input.rend_distr_tap      = 0.8;     % distributierendement volgens 12.4.3
% input.rend_distr_tap     = 1.0;     % voor individuele en collectieve installaties binnen het
gebouw en voor externe warmtelevering
% input.rend_distr_tap     = 0.8;     % voor installaties met gebouwgebonden warmtelevering op
afstand

%=====
% VI ] DE CONSTANTES VAN DE VERWARMEN BEREKENING
%=====
% PRINCIPE
% - berekent per maand de som van de maangemiddelde warmteverliezen door transmissie en ventilatie
% - breng daarom de warmte winst van interne warmte en zonnewarmte, gewoegen voor de mate van
benutting in mindering
% - stel vervolgens uit de warmtebehoefte de behoefte aan primair
energiegebruik voor ruimteverwarming vast door het rendement voor warmte
opwekking en de energiezuinigheid van het klimatiseringssysteem in rekening te brengen

% =====
% ALGEMEEN
% =====

% temperatuurkarakteristieken per maand
% -----
input.Ti          = [19,19,19,19,22,22,22,22,22,19,19,19];    % tabel 2
% input.Te         = Zones(12,24);    % tabel 3, per maand

% gewogen tijdfractie dat ventilatie in energiesector in bedrijf is
% -----
input.f_v_i       = 0.30;    % tijdfractie dat de ventilatie in bedrijf is voor
gebruiksfunctie 1.2E. volgens tabel 8, afh van gebruiksfunctie
% -----

% systeemtype warmteterugwinning en bijbehorend rendement
% -----
input.systeemtype_WTW = 'warmtewisselaars'; % 'geen' - 'platen_buizen' - 'twee_elementen_sys' -
'koude_laden_luchtbehandeling' - 'warme_buisapparaten' - 'warmtewisselaars' zie tabel 5
% =====
% end ALGEMEEN
% =====

% =====
% 1] Energiegebruik voor hulpenergiegebruik per jaar
% =====
input.n_warmte_opwekkingstoest = 1;    % aantal warmte opwekkingstoestellen bestemd voor
warmtelevering aan de verwarmde zones dat is voorzien van een waakvlam
input.waakvlam          = 2500;    % gemiddelde energiegebruik per waakvlam in MJ volgens NEN
5128
% =====
% 2] Energiegebruik voor elektrische hulpenergiegebruik van WTW toestellen per jaar
% =====
input.Qhulp_WTW_el      = 0;    % elektrische hulpenergiegebruik van
warmteteruwintoestellen in MJ volgens 6.8.4.2
% =====
% indien afgeweken wordt van tabel 5 moet Qhulp_WTW_el worden berekend volgens 6.8.4.2

% =====
% 3] Energiegebruik voor thermische hulpenergiegebruik van WTW toestellen per jaar

```



```

% =====
input.Qhulp_WTW_th      = 0;          % thermische hulpenergiegebruik van
warmteterugwinstoestellen in MJ volgens 6.8.4.3
% indien een rendement voor WTW wordt gerbuik volgens tabel 5.
% indien afgeweken wordt van tabel 5 moet Qhulp_WTW_th worden berekend volgens 6.8.4.3
% -----

% =====
% 4] Energiegebruik voor verwarming per jaar
% =====

% =====
% WARMTEVERLIES
% =====

% -----
% Bepaling u_v_m_e (mechanisch) en u_v_n (natuurlijk)
% -----
% PRINCIPE:
% - er geldt een minimum eis voor gemiddelde volumestroom rechtstreek van buiten komende verse lucht.
% natuurlijk ventileren: minimum eis: 6.5.3.2
% mechanisch ventileren (of combi): luchtvolumestroom die hoort bij de klasse volgens tabel 9
6.5.4.4

input.u_v_min          = 1.3;        % NOG AANPASSEN VOLGENS FORMULE tabel 10, kantoorfunctie dm3/sm2
input.q_v              = 35;         % m3/h per persoon
input.A_pers           = 15;         % l persoon per 15m2

input.percentage_retourlucht = 65;   % zie pag 54
% TOELICHTING: met f_regel_v wordt terugregeling van de hogeveelheid rechtstreeks van
% buiten komende verse lucht gewaardeerd als dit plaatsvindt gedurende
% gewone bedrijfsvoering en bedrijfstijden.

input.ventilatiwijze = 'mechanischcombi'; % 'natuurlijk' - 'mechanischcombi' %

% -----
% specifieke warmteverlies door transmissie (H_t) en door ventilatie (H_v)
% -----
input.rho              = 0.0012;    % dichtheid lucht in kg/dm3
input.c                = 1000;      % soortelijke warmte lucht in J/(kg/K) volgens 6.5.2

% =====
% WARMTEWINST
% =====
input.a_intern_verw    = 0.8;        % een hulpvariabele waarvan de waarde bedraagt:
input.a_intern_koel    = 1.0;

% -----
% zonnearmwinst door transparante constructie onderdelen in de gevel (Q_zon_t)
% -----
input.zonweringtype = 'vaste_zonwering'; % 'vaste_zonwering' - 'buiten_hand' - 'buiten_auto' -
'anders' tabel 14

if    strcmp(input.zonweringtype , 'buiten_hand')
    input.f_zon = ones(1,12).*0.5;
elseif strcmp(input.zonweringtype , 'buiten_auto')
    input.f_zon = [ones(1,4).*0.5, ones(1,5).*0.35, ones(1,3).*0.5];
elseif strcmp(input.zonweringtype , 'anders')
    input.f_zon = ones(1,12) .* 1.0;
elseif strcmp(input.zonweringtype , 'vaste_zonwering')
    input.f_zon = ones(1,12) .* 0.7;
end %if

input.ZTA              = 0.67; % tabel 7 installatieboek

%if    strcmp(input.glastype , 'blank_dubbel')
    input.ZTA = 0.7;
%elseif strcmp(input.glastype , 'blank_enkel')
    input.ZTA = 0.8;
%elseif strcmp(input.glastype , 'warmtereflecteren_dubbel')
    input.ZTA = 0.6;
%end %if

input.kozijnfactor     = 0.75;      % gegeven

% -----
% reductiefactor voor verlichting
% -----
input.f_i_vl           = 1.0;        % reductiefactor waarvan de waarde bedraagt:
% input.f_i_vl         = 0.3;        % indien het energiegebruik voor verlichting is bepaald
volgens 8.2 (forfaitair)
% input.f_i_vl         = 0.5;        % indien ten minste 70% vd verlichtingsarmaturen
gewogen naar het opgenomen vermogen worden afgezogen.
% input.f_i_vl         = 1.0;        % in overige gevallen

% -----
% reductiefactor voor ventilatie

```

```

% -----
input.f_i_v      = 0.8 ;    % reductiefactor waarvan de waarde bedraagt:
% f_i_v          = 0;      % indien natuurlijke toevoer met natuurlijk afvoer of
mechanische afvoer
% f_i_v          = 0.6;    % mechanische toevoer en mechanische afvoer zonder
recirculatie en/of WTW
% f_i_v          = 0.8;    % mechanische toevoer
% en mechanische afvoer met recirculatie en/of WTW
% f_i_v          = 0.3;    % alleen mechanische toevoer (+ natuurlijke afvoer),
vermogen van ventilatoren bepaald volgens 7.3.2 (forfaitair)
% f_i_v          = 0.5;    % alleen mechanische toevoer (+ natuurlijke afvoer),
inzet van werkelijk vermogen van ventilatoren

% -----
% interne warmteproductie door personen en apparaten
% -----
input.bezettingsgraadklasse = 4;    % klasse 1 tm 5: zie bijlage C.5
input.q_i_app      = 3;
% specifieke interne warmteproductie in energiesector door het gemiddelde vermogen van apparatuur in
W/m2 volgens tabel 12 (
input.q_app       = 3 * 10^-3;    % kW/m2

% -----
% BENUTTINGSFACTOR: hulpvariabele
% -----
% effectieve thermische capaciteit
% BENUTTINGSFACTOR: specifieke effectieve thermische capaciteit D per m2
% gebruiksoppervlakte vd energiesector
% -----

input.c1_v        = 0.81;    % constante tabel 15
input.c2_v        = 0.013;   % constante tabel 15

% =====
% WARMTEBEHOEFTE
% =====
% -----
% warmtebehoefte per maand op ruimteniveau
% -----
% input.Qbeh_verw_maand_ruimte = 0;    %
% indien de winst-verlieshouding > 2.5 (volgens 6.6.5.2 of Ti < Te, andere gevallen zie formule

% =====
% OPWEKKINGSRENDEMENT VOOR VERWARMING PER ENERGIESECTOR p 69
% =====
% -----
% nominale vermogens
% -----
input.Popw_verw_pref = 1;    % totale nominale vermogen van de preferente warmte
opwekkingstoestellen in kW 6.8.2.3
input.Popw_verw_npref = 1;   % totale nominale vermogen van de niet preferente warmte
opwekkingstoestellen in kW 6.8.2.3
% -----
% bepaling rendement opwekking verwarmen KLOOPT DIT WEL???
% -----
% input.f_pref = 1;    % jaargemiddelde fractie vd totale warmtelevering werlde door het
preferent geschakelde warmte opwekkingstoestel wordt geleverd volgens 6.8.2.2 tabel 18
% input.rend_opw_verw_npref = 1;    % opwekkingsrendement van de overige warmte opwekkingstoestellen
volgens 6.8.3
% input.rend_opw_verw_pref = 1;    % opwekkingsrendement vd preferent geschakelden warmte
opwekkingstoestellen volgens 6.8.3
input.rend_opw_verw = 6.1 * input.rend_el;    % retourlucht (tabel 19)

% =====
% SYSTEEMRENDEMENT VOOR VERWARMING EN KOELING PER ENERGIESECTOR
% =====
% PRINCIPE:
% het systeemrendement is een maat voor de energieverstopping die optreedt door:
% 1] het tegelijk verwarmen en koelen in een energiesector
% 2] de optredende energieverliezen door warmte en koudetransport binnen het gebouw
% 3] warmte en koudeverliezen van distributie en circulatieleidingen buitend het gebouw.

% -----
% vernietigingsfactor
% -----
input.f_vernietig = 0.04;    % factor voor vernietiging van energie t.g.v. gelijktijdig
koelen en verwarmen volgens tabel 17
input.a_koel      = 0.06;    % factor voor leidingverliezen, kanaalverliezen en
regeling vh distributiesysteem voor koeling volgens tabel 17
input.a_verw      = 0.13;    % factor voor leidingverliezen, kanaalverliezen en
regeling vh distributiesysteem voor verwarming volgens tabel 17

% -----
% systeemverliezen buiten het gebouw
% -----
input.installatie_warmtelevering = 'individueel_collectief'; % 'individueel_collectief' of
'gebouwwgebonden_op_afstand'

```

```

%=====
% VII ] DE CONSTANTES VAN DE KOELEN BEREKENING
%=====
% PRINCIPE
% - verdeling in energiesectoren volgens 13.3 en zonder daarvan de energiesectoren zonder koeling af
% - bepaal per sector met koeling de warmtewinst volgens 10.4 en de benuttewarmteverliezen volgens
10.5
% - bepaal het energiebruik voor koeling voor het hele gebouw volgens 10.2

input.Te_v_koel      = [ 16, 16, 16, 16, 16, 17, 18.5, 17.9, 16, 16, 16, 16]; %
toevoertemperatuur van de ventilatielucht voor de berkening van de koelbehoefte in de beschouwde
maand in celcius, volgens tabel 28 en 37
input.rho            = 0.0012;      % dichtheid van lucht in kg/dm3
input.c              = 1000;       % soortelijke warmte van lucht in J/(kgK)

input.u_v_n_koel     = 2;          % specifieke lucht volumestroom van rechtstreeks van buiten
komende verse lucht door natuurlijke ventilatie in een periode met koelbehoefte in dm/(sm2) volgens
tabel 29
% u_v_n_koel        = 0;          % ventilatievoorziening = geen
% u_v_n_koel        = 0.5;       % ventilatievoorziening = ventilatieroosters
% u_v_n_koel        = 2;          % ventilatievoorziening = te openen ramen

input.c1_k           = 1.83;      % constante volgens tabel 30 (afh van functie)
input.c2_k           = 0.012;     % constante volgens tabel 30 (afh van functie)

%+++++
sector(1)            = input;
%END: sector 1
%+++++

%+++++
%Begin Sector 2 blauwe deel (oost)
input                = sector(1);

%+++++
% 1] SECTOR 2
%+++++
input.naam           = 'sector 2';
input.orientation    = 'oost';

% =====
% vloeroppervlaktes
%=====
input.Ag_sec         = 10330;      % (m2)
input.Ag_i           = input.Ag_sec; % gebruiksoppervlakte van het gedeelte van
gebruiksfunctie 1,2,Ë gelegen in de energiesector in m2

input.Ag_tot_verw_zone = input.Ag_sec; % pompen - gebruiksoppervlakte van
verwarmde zones van gebouw in m2 volgens 13.2
input.Ag_koel_sec     = input.Ag_sec; % pompen - som van de opp van de sectoren die
worden gekoeld
input.Ag_bev_sec      = input.Ag_sec; % bevochtiging - gebruiksoppervlakte van het
gedeelte van de energiesector dat van bevochtigde lucht wordt vorozien in m2
input.Ag_koel         = input.Ag_sec; % koelen - gebruiksoppervlakte vh gedeelte vh
fysieke gebouw dat wordt gekoel in m2
input.A_daglicht_vert = 0;        % verlichting - oppervlakte van de
bijdrage van de verticale projecties van de daglichtopeningen in m2, volgens 8.3.2.3 (bv daklicht,
hellende ramen)
input.A_overlap       = 0;        % verlichting - oppervlakte van het deel
dat zowel in A_daglicht_hor als A_daglicht_vert valt in m2
%=====
% geveloppervlaktes
%=====
input.A_gevel_raam    = 4050;      % geprojecteerde oppervlakte van het
ondoorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_gevel_dicht   = 450;      % geprojecteerde oppervlakte van het
ondoorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_gevel_dicht_ii = 0;       % naar onverwarmde zone, zoals parkeerkerlder
input.A_dak           = 2480;     % geprojecteerde oppervlakte van het ondoorschijnend
vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald volgens 8.3.2 in m2
input.A_keldergevel   = 0;
input.A_keldervloer   = 2500;

input.Ar              = input.A_gevel_raam; % verwarmen - glasoppervlak inc kozijn
input.Ac              = input.A_gevel_dicht; % geprojecteerde oppervlakte van de niet
transparante constructie onderdelen in m2 volgens 5.2.7

%=====
% overige dimensies
%=====
input.l_daglicht_hor  = 250;      % verlichting - gevellengte van de daglichtsector
behorende bij daglichtopening in m2, volgens 8.3.2.5

```

```

% Doorlaat - verlichting
% -----
input.bo_d      = 4;      % bovenkant van de doorlaat in m volgens hfd 7 van NEN
2057
input.o_d      = 0;      % onderkant van de doorlaat in m bepaald volgens hfd 7
van NEN 2057
%input.gebouwhoogte      = 6;      % gebouwhoogte in m

input.overstek_luifel      = 1;      % verwarmen - overstek van de luifel in m
input.h1      = 0;      % verwarmen - verticale afstand tussen bovenkant van het
glasgedeelte van het raam en onderkant van de luifel
input.h2      = 4;      % verwarmen - de hoogte van het glasgedeelte van het raam

input.ventilatie      = 'overige';
input.Ag_tap      = 75;      % gebruiksoppervlakte vh id energiesector gelegen gedeelte
van de gebruiksfunctie 1,2 ...waarin zich tappunten voor warmtapwater bevinden in m2

% -----
%   Bepaling u_v_m_e (mechanisch) en u_v_n (natuurlijk)
% -----
% PRINCIPE:
% - er geldt een minimum eis voor gemiddelde volumestroom rechtstreek van buitem komende verse lucht.
% natuurlijk ventileren: minimum eis: 6.5.3.2
% mechanisch ventileren (of combi): luchtvolumestroom die hoort bij de klasse volgens tabel 9
6.5.4.4
%
% input.u_v_min      = 1.3;      % NOG AANPASSEN VOLGENS FORMULE tabel 10, kantoorfunctie
dm3/sm2
% input.q_v      = 35;      % m3/h per persoon
input.A_pers      = 7.5;      % l persoon per 15m2

% -----
%   interne warmteproductie door personen en apparaten
% -----
input.bezettingsgraadklasse      = 3;      % klasse 1 tm 5: zie bijlage C.5

%input.q_i_app      = 3;      % W/m2: kantoren en bijeenkomst met alcohol
input.q_i_app      = 1;      % bijeenkomst zonder alcohol
%input.q_app      = 3 * 10^-3;      % kW/m2 kantoren en bijeenkomst met alcohol
input.q_app      = 1 * 10^-3;      % bijeenkomst zonder alcohol

input.c1_v      = 0.56;
input.c2_v      = 0.15;

input.c1_k      = 1.33;
input.c2_k      = 0.037;

sector(2)      = input;
%END: sector 2
%+++++
%+++++
%Begin Sector 3 (groene deel, noord)
input      = sector(2);
%+++++
% 1] SECTOR 3
%+++++
input.naam      = 'sector 3';
input.orientation = 'noord';

% =====
% vloeroppervlaktes
% =====
input.Ag_sec      = 11000;      % (m2)
input.Ag_i      = input.Ag_sec;      % gebruiksoppervlakte van het gedeelte van
gebruiksfunctie 1,2,É gelegen in de energiesector in m2

input.Ag_tot_verw_zone      = input.Ag_sec;      % pompen - gebruiksoppervlakte van
verwarmde zones van gebouw in m2 volgens 13.2
input.Ag_koel_sec      = input.Ag_sec;      % pompen - som van de opp van de sectoren die
worden gekoeld
input.Ag_bev_sec      = input.Ag_sec;      % bevochtiging - gebruiksoppervlakte van het
gedeelte van de energiesector dat van bevochtigde lucht wordt vorozien in m2
input.Ag_koel      = input.Ag_sec;      % koelen - gebruiksoppervlakte vh gedeelte vh
fysieke gebouw dat wordt gekoel in m2
input.A_daglicht_vert      = 0;      % verlichting - oppervlakte van de
bijdrage van de verticale projecties van de daglichtopeningen in m2, volgens 8.3.2.3 (bv daklicht,
hellende ramen)
input.A_overlap      = 0;      % verlichting - oppervlakte van het deel
dat zowel in A_daglicht_hor als A_daglicht_vert valt in m2
% =====
% geveloppervlaktes
% =====
input.A_gevel_raam      = 918;      % geprojecteerde oppervlakte van het ondoorschijnend
vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald volgens 8.3.2 in m2

```

```

input.A_gevel_dicht          = 102;          % geprojecteerde oppervlakte van het ondoorschijnend
vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald volgens 8.3.2 in m2
input.A_gevel_dicht_ii      = 0;            % naar onverwarmde zone, zoals parkeerkelder
input.A_dak                  = 2640;        % geprojecteerde oppervlakte van het
doorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_keldergevel         = 0;
input.A_keldervloer         = 2200;

input.Ar                     = 1020;        % verwarmen - glasoppervlak inc kozijn
input.Ac                     = 102;        % geprojecteerde oppervlakte van de niet transparante
constructie onderdelen in m2 volgens 5.2.7

%=====
% overige dimensies
%=====
input.l_daglicht_hor        = 315;        % verlichting - gevellengte van de daglichtsector
behorende bij daglichtopening in m2, volgens 8.3.2.5

input.Ag_tap                 = 200;        % gebruiksoppervlakte vh id energiesector gelegen gedeelte
van de gebruiksfunctie 1,2 ..waarin zich tappunten voor warmtapwater bevinden in m2

sector(3)                    = input;
    %END: sector 3
% %
% %+++++

%+++++
%Begin Sector 4: rode deel (entree)
input                        = sector(2);
%+++++
% 1] SECTOR 4
%+++++
input.naam                    = 'sector 4';
input.orientation            = 'zuidwest';
% =====
% vloeroppervlaktes
%=====
input.Ag_sec                  = 10800;      % (m2)
input.Ag_i                    = input.Ag_sec; % gebruiksoppervlakte van het gedeelte van
gebruiksfunctie 1,2,3 gelegen in de energiesector in m2

input.Ag_tot_verw_zone        = input.Ag_sec; % pompen - gebruiksoppervlakte van
verwarmde zones van gebouw in m2 volgens 13.2
input.Ag_koel_sec            = input.Ag_sec; % pompen - som van de opp van de sectoren die
worden gekoeld
input.Ag_bev_sec              = input.Ag_sec; % bevochtiging - gebruiksoppervlakte van het
gedeelte van de energiesector dat van bevochtigde lucht wordt voorzien in m2
input.Ag_koel                 = input.Ag_sec; % koelen - gebruiksoppervlakte vh gedeelte vh
fysieke gebouw dat wordt gekoel in m2
input.A_daglicht_vert         = 0;          % verlichting - oppervlakte van de
bijdrage van de verticale projecties van de daglichtopeningen in m2, volgens 8.3.2.3 (bv daklicht,
hellende ramen)
input.A_overlap               = 0;          % verlichting - oppervlakte van het deel
dat zowel in A_daglicht_hor als A_daglicht_vert valt in m2
%=====
% geveloppervlaktes
%=====
input.A_gevel_raam            = 1369.8;    % geprojecteerde oppervlakte van het
doorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_gevel_dicht          = 153.3;     % geprojecteerde oppervlakte van het
doorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_gevel_dicht_ii      = 0;          % naar onverwarmde zone, zoals parkeerkelder
input.A_dak                  = 2180;     % geprojecteerde oppervlakte van het
doorschijnend vlak of het raam of de deur i van de uitwendige scheidingsconstructie bepaald
volgens 8.3.2 in m2
input.A_keldergevel         = 632;
input.A_keldervloer         = 3580;
input.Ar                     = 1533;     % verwarmen - glasoppervlak inc kozijn
input.Ac                     = 153.3;    % geprojecteerde oppervlakte van de niet
transparante constructie onderdelen in m2 volgens 5.2.7
%=====
% overige dimensies
%=====
input.l_daglicht_hor        = 423;        % verlichting - gevellengte van de daglichtsector
behorende bij daglichtopening in m2, volgens 8.3.2.5

input.overstek_luifel        = 0;          % verwarmen - overstek van de luifel in m

input.Ag_tap                 = 75;        % gebruiksoppervlakte vh id energiesector gelegen gedeelte
van de gebruiksfunctie 1,2 ..waarin zich tappunten voor warmtapwater bevinden in m2

sector(4)                    = input;
    %END: sector 4
end
%=====

```

```

%=====
% SUB script: ventilatieberekening
%=====

function data = calc_ventilatie(input,monthCnt)

% PRINCIPE
% Het product van de maximale draaitijd in een jaar, het effectieve
% vermogen waarin een weging voor de regeling is opgenomen en de opgelegde
% gebruiksuren.
% Het effectieve vermogen wordt bepaald a.d.h.v. de lucht volumestroom u_v_m
% tenzij aan de hand van het werkelijk opgestelde vermogen van ventilatoren
% wordt aangetoond dat een lagere waarde voor het effectieve vermogen van
% toepassing is.

% -----
% Bepaling u_v_m_e (mechanisch) en u_v_n (natuurlijk)
% -----
% PRINCIPE:
% - er geldt een minimum eis voor gemiddelde volumestroom rechtstreek van buiten komende verse lucht.
% natuurlijk ventileren: minimum eis: 6.5.3.2
% mechanisch ventileren (of combi): lucht volumestroom die hoort bij de klasse volgens tabel 9
6.5.4.4

% *****
% lastig onderdeel, controle nodig!
% *****
% **** bepaling q_v_m_werk
%data.q_v_m_werk = (input.n_gem * input.v * 10^3)/3600 ; % dm3/s

data.q_v_spec = input.q_v / input.A_pers;
data.q_v_m_werk = data.q_v_spec * input.Ag_sec / 3.6;

data.u_v_m_max = data.q_v_m_werk ./ input.Ag_sec;

if input.percentage_retourlucht >= 0 & input.percentage_retourlucht < 20
    data.f_regel_v = 1.0;
elseif input.percentage_retourlucht >= 20 & input.percentage_retourlucht < 40
    data.f_regel_v = 0.8;
elseif input.percentage_retourlucht >= 40 & input.percentage_retourlucht < 60
    data.f_regel_v = 0.6;
elseif input.percentage_retourlucht >= 60
    data.f_regel_v = 0.4;
end %if
% TOELICHTING: met f_regel_v wordt terugregeling van de hogeveelheid rechtstreeks van
% buiten komende verse lucht gewaardeerd als dit plaatsvindt gedurende
% gewone bedrijfsvoering en bedrijfstijden.

% -----
% Bepaling u_v_m a.d.h.v. u_v_m_max (TABEL 19)
% -----

if data.u_v_m_max >= 0 & data.u_v_m_max < 0.2
    data.u_v_m = 0;
elseif data.u_v_m_max >= 0.2 & data.u_v_m_max < 0.4
    data.u_v_m = 0.3;
elseif data.u_v_m_max >= 0.4 & data.u_v_m_max < 0.6
    data.u_v_m = 0.5;
elseif data.u_v_m_max >= 0.6 & data.u_v_m_max < 0.8
    data.u_v_m = 0.7;
elseif data.u_v_m_max >= 0.8 & data.u_v_m_max < 1.2
    data.u_v_m = 1.0;
elseif data.u_v_m_max >= 1.2 & data.u_v_m_max < 1.6
    data.u_v_m = 1.4;
elseif data.u_v_m_max >= 1.6 & data.u_v_m_max < 2.0
    data.u_v_m = 1.8;
elseif data.u_v_m_max >= 2.0 & data.u_v_m_max < 2.4
    data.u_v_m = 2.2;
elseif data.u_v_m_max >= 2.4 & data.u_v_m_max < 2.8
    data.u_v_m = 2.6;
elseif data.u_v_m_max >= 2.8 & data.u_v_m_max < 3.2
    data.u_v_m = 3.0;
elseif data.u_v_m_max >= 3.2 & data.u_v_m_max < 3.6
    data.u_v_m = 3.4;
elseif data.u_v_m_max >= 3.6 & data.u_v_m_max < 4.0
    data.u_v_m = 3.8;
elseif data.u_v_m_max >= 4.0 & data.u_v_m_max < 4.5
    data.u_v_m = 4.2;
elseif data.u_v_m_max >= 4.5 & data.u_v_m_max < 5.1
    data.u_v_m = 4.8;
elseif data.u_v_m_max >= 5.1 & data.u_v_m_max < 5.7
    data.u_v_m = 5.4;
elseif data.u_v_m_max >= 5.7 & data.u_v_m_max < 6.4
    data.u_v_m = 6.0;
elseif data.u_v_m_max >= 6.4 & data.u_v_m_max < 7.2
    data.u_v_m = 6.8;

```

```

elseif data.u_v_m_max >= 7.2 & data.u_v_m_max <8.0
    data.u_v_m = 7.6;
elseif data.u_v_m_max >= 8.0 & data.u_v_m_max <8.8
    data.u_v_m = 8.4;
elseif data.u_v_m_max >= 8.8 & data.u_v_m_max <9.6
    data.u_v_m = 9.2;
elseif data.u_v_m_max >= 9.6
    data.u_v_m = 10;
end

if strcmp(input.ventilatiewijze , 'natuurlijk')
    data.u_v_m_e = 0; % bepaling u_v_n
    data.u_v_n = input.u_v_min;
elseif strcmp(input.ventilatiewijze , 'mechanischcombi')
    if data.u_v_m < input.u_v_min & input.u_v_min <= (data.f_regel_v * data.u_v_m)
        data.u_v_n = input.u_v_min - data.u_v_m;
        data.u_v_m_e = data.f_regel_v * data.u_v_m;
    elseif data.u_v_m < input.u_v_min & input.u_v_min >= (data.f_regel_v * data.u_v_m) &
data.u_v_m >= input.u_v_min
        data.u_v_n = input.u_v_min - data.u_v_m;
        data.u_v_m_e = input.u_v_min;
    elseif data.u_v_m < input.u_v_min & input.u_v_min >= (data.f_regel_v * data.u_v_m) &
data.u_v_m < input.u_v_min
        data.u_v_n = input.u_v_min - data.u_v_m;
        data.u_v_m_e = data.u_v_m;
    elseif data.u_v_m >= input.u_v_min & input.u_v_min <= (data.f_regel_v * data.u_v_m);
        data.u_v_n = 0;
        data.u_v_m_e = data.f_regel_v * data.u_v_m;
    elseif data.u_v_m >= input.u_v_min & input.u_v_min >= (data.f_regel_v * data.u_v_m) &
data.u_v_m >= input.u_v_min;
        data.u_v_n = 0;
        data.u_v_m_e = input.u_v_min ;
    elseif data.u_v_m >= input.u_v_min & input.u_v_min >= (data.f_regel_v * data.u_v_m) &
data.u_v_m < input.u_v_min
        data.u_v_n = 0;
        data.u_v_m_e = data.u_v_m ;
    end %if
end %if

% =====
% Forfaitaire effectieve vermogen van de ventilatoren
% =====

data.Peфф_for_sec = (input.c_sys * data.u_v_m_e * input.Ag_sec) / 1000; % getalswaarde
forfaitaire vermogen van de energiesector in kW
data.Peфф_for_tot = sum(data.Peфф_for_sec); %+ Peфф_for_sec 2 + Peфф_for_sec_3; % forfaitaire
effectieve vermogen van de ventilatoren in het hele gebouw in kW

%-----
% effectief vermogen = totale forfaitaire vermogen
%-----
data.Peфф = data.Peфф_for_tot; % getalswaarde van de rekenwaarde voor het effectieve
vermogen, bepaald volgens 7.3.3.1 of fortot = forfaitaire vermogen volgens 7.3.2.2 (kW)

% =====
% Energiegebruik voor ventilatie per energiesector in MJ
% 1) per jaar
% 2) per maand
% =====
data.Q_vent_sec_jaar = (3.6 * 8760 * data.Peфф * input.fv_tot); % energiegebruik voor
ventilatie per energiesector
data.Q_vent_sec_maand = (3.6 * 8760 * data.Peфф * input.fv_tot)/12; % energiegebruik voor
ventilatie per energiesector

% =====
% Energiegebruik voor ventilatie per energiesector in MJ met rendement van
% energiecentrale
% =====
%data.Qprim_vent_jaar = (3.6 * 8760 * data.Peфф * input.fv_tot)/input.rend_el; %
energiegebruik voor ventilatie per energiesector

end
%=====

```

```

%=====
% SUB script: verlichtingberekening
%=====
function data = calc_verlichting(input,monthCnt )
%=====
%
% =====
% 6] I verlichtingsberekening: forfaitair
% =====
%
% =====
% specifieke elektriciteitsverbruik voor verlichting
% =====
data.e_vl_sec = (sum(input.e_vl * input.Ag_sec))/(sum(input.Ag_sec)); % getalswaarde van het
specifieke elektriciteitsverbruik voor verlichting van energiesector 1,2,... in kWh/m2, volgens 8.2.3
%
% =====
% Energiegebruik voor verlichting per energiesector
% =====
%data.Qprim_vl_sec = (3,6 * data.e_vl_sec * input.Ag_sec *
input.f_regel_kunstlicht_sec)/input.rend_el; % energiegebruik voor verlichting van energiesector
1,2,... in MJ
%
% =====
% Energiegebruik voor verlichting totaal
% =====
% data.Qprim_vl_tot_I = sum(data.Qprim_vl_sec); % totale primaire energiegebruik voor verlichting in
MJ

% =====
% 6] II verlichtingsberekening: geïnstalleerd vermogen
% =====
%
% 1) neem verdeling in energiesectoren volgens 13.3
% 2) verdeel de energiesectoren in verlichtingssectoren volgens 8.3.2
% a) bepaal oppervlakte van de daglichtsector per energiesector volgens 8.3.2.2 en van de
kunstlichtsector per energiesector volgens 8.3.2.4
% 3) bepaal het primaire energiegebruik voor verlichting volgens 8.3.3
%
% -----
% DAGLICHTSECTOR
% -----
%- Oppervlakte van bijdrage van verticale projectie op horizontaal vlak ( o.a. daklichten)
%- Oppervlakte van bijdrage van horizontale projectie op verticaal vlak (ramen/gevels)
%- Sommeer de oppervlakten van de bijdragen onder aftrek van die
%
% hoogte van de doorlaat
data.hd = input.bo_d - input.o_d;
data.getalswaarde = data.hd * input.a_hulpvariabele_daglicht * input.LTA;
%
if data.getalswaarde <= 0.50
data.b_daglicht_hor = 0;
elseif data.getalswaarde > 0.50 & data.getalswaarde <= 0.85
data.b_daglicht_hor = 2;
elseif data.getalswaarde > 0.85
data.b_daglicht_hor = 6;
end % if
%
% oppervlakte van de bijdrage van horizontale projecties van de daglichtopeningen in m2, volgens
8.3.2.4 (bv openingen gevel)
data.A_daglicht_hor_sec = input.l_daglicht_hor * data.b_daglicht_hor;
data.A_daglicht_hor = sum(data.A_daglicht_hor_sec);
data.A_daglicht = input.A_daglicht_vert + data.A_daglicht_hor - input.A_overlap; % opp
van de bijdrage van de verticale projecties van daglichtopeningen in m2, volgens 8.3.2.3.
%
% -----
% KUNSTLICHTSECTOR
% -----
data.A_kunstlicht = input.Ag_sec - data.A_daglicht; % kunstlichtsector in m2
%
% -----
% PRIMAIR ENERGIEGEBRUIK VOOR VERLICHTING
% -----
%
data.P_vl = input.g_i_vl * input.Ag_sec; % geïnstalleerde vermogen van lamp(en)
inclusief voorschakelappara(a)t(en) in kW
%
% totaal geïnstalleerde vermogen voor verlichting in kW volgen 8.3.4
%data.P_vl = sum(data.P_armatuur);
% elektrisch energiegebruik in daglichtsectoren van de energiesector in de dagperiode in kWh,
volgens 8.3.3
data.E_vl_daglicht = data.P_vl * input.f_regel_daglicht * (data.A_daglicht/input.Ag_sec) *
input.t_dag * input.f_aanw;

```



```

% elektrisch energiegebruik in kunstlichtsectoren van de energiesector in dagperiode in kWh volgens
8.3.3.4
data.E_vl_kunstlicht = data.P_vl * input.f_regel_kunstlicht * (data.A_kunstlicht/input.Ag_sec) *
input.t_dag * input.f_aanw ;
% elektrisch energiegebruik in avondperiode in energiesector in kWh volgens 8.3.3.5
data.E_vl_avond = data.P_vl * input.f_vl_avond * input.t_avond;
% elektrisch energiegebruik voor verlichting in energiesector in kWh
%data.E_vl = sum(data.E_vl_daglicht) + sum(data.E_vl_kunstlicht) + data.E_vl_avond;

% Energiegebruik voor verlichting van energiesector) in MJ

data.Q_daglicht = (input.factor_zonneuren(monthCnt) * data.E_vl_daglicht * 3.6) /12;
data.Q_kunstlicht = (3.6 * (data.E_vl_kunstlicht + data.E_vl_avond))/12;

data.Q_vl_II_sec_maand = (data.Q_daglicht + data.Q_kunstlicht);

%data.Qprim_vl_II_sec_maand = (data.Q_vl_II_sec_maand)/input.rend_el;

%data.Qprim_vl_II_sec_jaar = (3.6 * data.E_vl)/input.rend_el;

% % primaire
% data.Qprim_vl_tot_II = sum(data.Qprim_vl_II_sec);
% Energiegebruik voor verlichting van energiesector)
%data.Q_vl_II_sec_maand = (3.6 * data.E_vl) / 12;

% primaire energiegebruik voor verlichting van energiesector)
%data.Qprim_vl_II_sec_jaar = (3.6 * data.E_vl)/input.rend_el;

end
%=====

```

```

%=====
% SUB script: verwarmingberekening
%=====

function data = calc_verwarming(input , monthCnt)

% ++++++
% ENERGIEGEBRUIK VAN VERWARMEN
% ++++++
% -----
% energiegebruik voor verwarming per energiesector
% -----

% PRINCIPE
% - berekent per maand de som van de maangemiddelde warmteverliezen door transmissie en ventilatie
% - breng daarom de warmtewinst van interne warmte en zonnewarmte, gewoogen voor de mate van
benutting in mindering
% - stel vervolgens uit de warmtebehoefte de behoefte aan primair
% energiegebruik voor ruimteverwarming vast door het rendement voor warmte
% opwekking en de energiezuinigheid van het klimatiseringssysteem in rekening te brengen

% =====
% ALGEMEEN
% =====
% gewoogen tijdfractione dat ventilatie in energiesector in bedrijf is
% -----
data.f_v_sec = (input.f_v_i * input.Ag_i) ./ input.Ag_sec ; % gebruiksooppervlakte
gewoogen tijdfractione dat de ventilatie in de energiesector in bedrijf is volgens 6.5.2.3
% -----

% systeemtype warmteterugwinning en bijbehorend rendement
% -----
if strcmp(input.systeemtype_WTW , 'geen') % geen WTW
    data.rend_WTW = 0;
elseif strcmp(input.systeemtype_WTW , 'platen_buizen') % platen- of
    buizenwarmtewisselaar
    data.rend_WTW = 0.65;
elseif strcmp(input.systeemtype_WTW , 'twee_elementen_sys') % twee elementen systeem
    data.rend_WTW = 0.6;
elseif strcmp(input.systeemtype_WTW , 'koude_laden_luchtbehandeling') % koude laden met
    luchtbehandelingkasten
    data.rend_WTW = 0.4;
elseif strcmp(input.systeemtype_WTW , 'warme_buisapparaten') % warme buisapparaten (heat
    pipes)
    data.rend_WTW = 0.6;
elseif strcmp(input.systeemtype_WTW , 'warmtewisselaars') % langzaam roterende of
    intermitterende warmtewisselaars
    data.rend_WTW = 0.7;
end %if

% =====
% end ALGEMEEN
% =====

% =====
% 1) Energiegebruik voor hulpenergiegebruik per maand
% =====
data.Qhulp_opw = input.waakvlam *
input.n_warmte_opwekkingstoest/12; % hulpenergiegebruik van de warmte
opwekkingstoestellen in MJ volgens 6.8.4.1

% =====
% WARMTEVERLIES
% =====

% -----
% specifieke luchtvolumestroom a.g.v. infiltratie u_v_inf
% -----
%data.u_v_inf_deurenzondertoichtsluis = 20 * input.n_deurenzondertoichtsluis ./ input.Ag_sec;
%data.u_v_inf_deurenmettoichtsluis = 5 * input.n_deurenmettoichtsluis ./ input.Ag_sec;
%data.u_v_inf_deuren = data.u_v_inf_deurenzondertoichtsluis +
data.u_v_inf_deurenmettoichtsluis; % bijdrage vd deuren aan de specifieke luchtvolumestroom
pet m2 % gebruiksooppervlakte a.g.v. infiltratie
in dm3/(sm2)

% if input.gebouwhoogte >= 20
%     data.f_v_inf_gebouwhoogte = 1.8;
% elseif input.gebouwhoogte <= 10
%     data.f_v_inf_gebouwhoogte = 0.7;
% elseif input.gebouwhoogte > 10 & gebouwhoogte < 20
%     data.f_v_inf_gebouwhoogte = 1.0;
% end %if

data.u_v_inf = 0.20; %(input.u_v_inf_naden + input.u_v_inf_kieren +
input.u_v_inf_ventilatieoosters + data.u_v_inf_deuren) * data.f_v_inf_gebouwhoogte;
if data.u_v_inf < 0.15 % indien u_v_inf < 0.15, dan u_v_inf = 0.15.
    data.u_v_inf = 0.15;

```

```

end %if

% -----
% specifieke lucht volumestroom van te verwarmen lucht (u_v_verw)
% -----
data.u_v_verw = data.u_v_inf * data.f_v_sec * ((1-data.rend_WTW) *
input.data_ventilatie(monthCnt).u_v_m_e + input.data_ventilatie(monthCnt).u_v_n); % specifieke
lucht volumestroom van te verwarmen rechtstreeks van buiten komende verse lucht in dm3/(sm2)volgens

%(input.data_verwarming(monthCnt).Qi + input.data_verwarming(monthCnt).Q_zon_t + data.Q_zon_nt)
% -----
% specifieke warmteverlies door ventilatie (H_v)
% -----
data.H_v = input.rho * input.c * data.u_v_verw * input.Ag_sec; % specifieke warmteverlies
door ventilatie vd energie sector in W/K

% =====
% specifieke warmteverlies door transmissie (H_t)
% =====

% -----
% L_d: directe koppelingscoefficient tussen de verwarmde binnenruimte en de buitenlucht (H13.2)
% -----
data.L_d_gevel_raam = (input.A_gevel_raam * (input.U_gevel_raam + input.toeslag_for)); % de
directe koppelingscoefficient tussen de verwarmde binnenruimte en de buitenlucht, bepaald volgens
hoofdstuk 8, in W/K;
data.L_d_gevel_dicht = (input.A_gevel_dicht * (input.U_gevel_dicht + input.toeslag_for)); % de
directe koppelingscoefficient tussen de verwarmde binnenruimte en de buitenlucht, bepaald volgens
hoofdstuk 8, in W/K;
data.L_d_gevel_dicht_ii = (input.A_gevel_dicht * (input.U_gevel_dicht + input.toeslag_for)); % de
directe koppelingscoefficient tussen de verwarmde binnenruimte en de buitenlucht, bepaald volgens
hoofdstuk 8, in W/K;
data.L_d_dak = (input.A_dak * (input.U_dak + input.toeslag_for)); % de
directe koppelingscoefficient tussen de verwarmde binnenruimte en de buitenlucht, bepaald volgens
hoofdstuk 8, in W/K;

% TOTAAL
data.L_d_tot = data.L_d_gevel_raam + data.L_d_gevel_dicht + data.L_d_dak; %+
data.L_d_gevel_dicht_ii
% -----
% L_s: stationaire warmteverliescoefficient via de grond (13.3)
% -----
% KELDER VLOER EN GEVEL

data.weegfactor_a = 1/(1 + input.U_kelder);

data.L_s_keldergevel = data.weegfactor_a * (input.A_keldergevel * (input.U_kelder +
input.toeslag_for));
data.L_s_keldervloer = data.weegfactor_a * (input.A_keldervloer * (input.U_kelder +
input.toeslag_for));
% TOTAAL
data.L_s = data.L_s_keldergevel + data.L_s_keldervloer; % de stationaire
warmteverliescoefficient via de grond, bepaald volgens hoofdstuk 9, in W/K;

% -----
% bepaling vd warmteverliescoefficient door transmissie
% -----
data.H_t = data.L_d_tot + data.L_s; % de warmteverliescoefficient door transmissie volgens 5.1
van NEN 1068
% =====

% -----
% warmteverlies door ventilatie(Q_v) per sector per maand
% -----
data.Q_v = data.H_v .* (input.Ti(monthCnt) - input.Te(monthCnt)) * 2.63; % warmteverlies
door ventilatie in MJ volgens 6.5
% -----
% warmteverlies door transmissie (Q_t) per sector per maand
% -----
data.Q_t = data.H_t .* (input.Ti(monthCnt) - input.Te(monthCnt)) * 2.63; % warmteverlies
door transmissie in MJ volgens 6.4

% =====
% WARMTEWINST
% =====

% -----
% zonnearmwinst door zonnecollectoren voor ruimteverwarming (Q_zon_ze)
% -----
% ***** OPBRENGST LOSKOPPELEN VAN ENERGIEVRAAG!!!!
% data.Q_zon_ze = input.rend_collector * input.q_zon_hor * input.Aze; % zonnearmwinst
door zonne energiesystemen in MJ volgens 6.6.4.3

% -----
% beschaduwingsfactor van luifel/overstek voor berekening Q_zon_t
% -----

```

```

data.r                = 1 - (input.overstek_luifel-input.hl)/input.h2;          %
beschaduwingsreductiefactor volgens bijlage H

% -----
% zonnearmtewinst door transparante constructie onderdelen in de gevel (Q_zon_t)
% -----
data.Q_zon_t         = input.q_zon(monthCnt) .* data.r .* input.f_zon(monthCnt) .* input.ZTA .*
input.Ar .* input.kozijnfactor; % zonnearmtewinst door transparante constructie onderdelen
deeluitmakend van d uitwendige scheidingsconstructie vd
% -----
% zonnearmtewinst
% -----
% ***** OPBRENGST LOSKOPPELEN VAN ENERGIEVRAAG!!!!
data.Q_zon           = data.Q_zon_t; %+ data.Q_zon_ze;          % zonnearmtewinst in MJ volgens
6.6.4

% -----
% interne warmteproductie door ventilatoren
% -----
data.Qi_vent         = input.f_i_v * input.data_ventilatie(monthCnt).Q_vent_sec_maand; %
interne warmteproductie in energiesector door ventilatoren in MJ volgens 6.6.3.3

% -----
% interne warmteproductie door verlichting
% -----
data.Qi_vl           = input.f_i_vl * input.data_verlichting(monthCnt).Q_vl_II_sec_maand; %
interne warmteproductie in energiesector door verlichting in MJ volgens 6.6.3.2

% -----
% interne warmteproductie door personen en apparaten
% -----
% specifieke interne warmteproductie in d energiesector door personen in % W/m2 volgens tabel 11
if input.bezettingsgraadklasse == 1;
    data.q_i_pers = 15;
elseif input.bezettingsgraadklasse == 2;
    data.q_i_pers = 10;
elseif input.bezettingsgraadklasse == 3;
    data.q_i_pers = 5;
elseif input.bezettingsgraadklasse == 4;
    data.q_i_pers = 3;
elseif input.bezettingsgraadklasse == 5;
    data.q_i_pers = 1;
end %if

% -----
% interne warmteproductie
% -----
data.Qi              = ((data.q_i_pers * data.f_v_sec + input.q_i_app) * input.Ag_sec * 2.63 + data.Qi_vl +
data.Qi_vent) * input.a_intern_verw; % interne warmteproductie in MJ volgens 6.6.3

% -----
% BENUTTINGSFACTOR: specifieke effectieve thermische capaciteit D per m2
% gebruiksoppervlakte vd energiesector
% -----
if strcmp(input.plafondtype , 'gesloten') & input.massa_vloerconstructie < 100;
    data.D = 55; % specifieke effectieve thermische capaciteit volgens tabel 16a
elseif strcmp(input.plafondtype , 'gesloten') & (input.massa_vloerconstructie >= 100 &
input.massa_vloerconstructie <= 400 )
    data.D = 110;
elseif strcmp(input.plafondtype , 'gesloten') & input.massa_vloerconstructie > 400
    data.D = 180;
elseif strcmp(input.plafondtype , 'open') & input.massa_vloerconstructie < 100;
    data.D = 55;
elseif strcmp(input.plafondtype , 'open') & (input.massa_vloerconstructie >= 100 &
input.massa_vloerconstructie <= 400 )
    data.D = 180;
elseif strcmp(input.plafondtype , 'open') & input.massa_vloerconstructie > 400
    data.D = 360;
end %if

% -----
% BENUTTINGSFACTOR: effectieve thermische capaciteit a.d.h.v. vloermassa
% -----
data.C               = data.D * input.Ag_sec;          % effectieve thermische capaciteit van
energiesector in kJ/K volgens 6.6.6

% -----
% BENUTTINGSFACTOR: winst-verlies verhouding
% -----
data.gamma           = (data.Qi + data.Q_zon) ./ (data.Q_t + data.Q_v);

% -----
% BENUTTINGSFACTOR: tijdconstante
% -----
data.teta            = data.C ./ (3.6 .* (data.H_t + data.H_v)); % tijdonstante in h volgens
6.6.5.3

% -----
% BENUTTINGSFACTOR: hulpvariabele

```

```

% -----
data.a_benutting      = input.c1_v + input.c2_v .* data.teta;      % hulpvariabele
benuttingsfactor

% -----
% BENUTTINGSFACTOR: warmtewinst (rend_b_verw)
% -----
if data.gamma ~= 1 | data.gamma > 0
    data.rend_b_verw = (1-data.gamma.^data.a_benutting) ./ (1-data.gamma.^(data.a_benutting+1));
elseif data.gamma == 1
    data.rend_b_verw = data.a_benutting ./ (data.a_benutting+1);
end %if
% -----

% -----
% warmtewinst
% -----
data.Qwinst           = (data.Qi + data.Q_zon) .* data.rend_b_verw; % rend_b_verw is een
benuttingsfactor die wordt bepaald door de thermische massa

% =====
% WARMTEBEHOEFTE
% =====
% -----
% warmtebehoefte per maand op ruimteniveau
% -----
if data.gamma >= 2.5 | (input.Ti(monthCnt) - input.Te(monthCnt)) <= 0
    data.Qbeh_verw_maand_ruimte = 0;
else %if data.gamma <= 2.5 | (input.Ti(monthCnt) - input.Te(monthCnt)) < 0
    data.Qbeh_verw_maand_ruimte = data.Q_t + data.Q_v - data.Qwinst;
end %if

end
% =====

```

```

=====
function data = calc_koeling(input , monthCnt)
% Ventilatieberekening
=====
% ++++++
% ENERGIEGEBRUIK VAN KOELEN
% ++++++

% PRINCIPE
% - verdeling in energiesectoren volgens 13.3 en zonder daarvan de energiesectoren zonder koeling af
% - bepaal per sector met koeling de warmte winst volgens 10.4 en de benuttewarmte verliezen volgens
10.5
% - bepaal het energiegebruik voor koeling voor he hele gebouw volgens 10.2

data.Q_zon_nt      = 0.045 * input.q_zon(monthCnt) * input.Uc * input.Ac; % binnenkomende
zonnearmte per niet-transparante constructie onderdelen uitmakend vd gevel in MJ volgens 10.4.2
% data.Q_zon_nt_tot = sum(data.Q_zon_nt); % Totaal binnenkomende
zonnearmte door niet-transparante constructie onderdelen deel uitmaken vd gevel in MJ

data.Q_winst_i     = input.data_verwarming(monthCnt).Qi +
input.data_verwarming(monthCnt).Q_zon_t + data.Q_zon_nt; % warmte winst in maanden jan - dec
in MJ volgens 10.4

data.u_v_koel      = input.data_verwarming(monthCnt).f_v_sec * (input.u_v_n_koel +
input.data_ventilatie(monthCnt).u_v_m); % specifieke lucht volumestroom van rechtstreeks van
buiten komende verse lucht in de energiesector in een periode met koelbehoefte in dm3/(sm2) volgnes
10.5.3.2
data.H_v_koel      = input.rho * input.c * data.u_v_koel * input.Ag_sec; %
toevoertemperatuur vd ventilatielucht voor de berekening vd koelbehoefte in de beschouwede maand in
celcius volgens tabel 28 en 37

data.Q_t           = input.data_verwarming(monthCnt).H_t .* (input.Ti(monthCnt) -
input.Te(monthCnt)) .* 2.63; % warmteverlies per maand door transmissie voor de
koelbehoefteberekening in MJ volgens 10.5.2

data.Q_v           = data.H_v_koel .* (input.Ti(monthCnt) - input.Te_v_koel(monthCnt)) .* 2.63; %
warmteverlies per maand door ventilatie voor de koelbehoefteberekening in MJ volgens 10.5.3

% verander verlies/winst rekening als Q_t < 0: wordt dan van verlies ook winst
if data.Q_t < 0
    data.lambda     = (data.Q_v) ./ (- data.Q_t + input.data_verwarming(monthCnt).Qi +
input.data_verwarming(monthCnt).Q_zon_t + data.Q_zon_nt);
else
    data.lambda     = (data.Q_t + data.Q_v) ./ (input.data_verwarming(monthCnt).Qi +
input.data_verwarming(monthCnt).Q_zon_t + data.Q_zon_nt); % verlies-winstverhouding in maanden jan -
dec volgens 10.6.1; constante volgens tabel 30 (afh van functie)
end % if

%-----
% BENUTTINGFACTOR: KOELEN
%-----
data.c_t           = input.data_verwarming(monthCnt).C ./ (3.6 .*
input.data_verwarming(monthCnt).H_t + data.H_v_koel); % tijdconstante in h volgens 10.6.2

data.a             = input.c1_k+ input.c2_k .* data.c_t;

    if data.lambda ~= 1 & data.lambda > 0
        data.rend_b_koel = (1 - data.lambda.^(data.a))./(1 - data.lambda.^(data.a+1)); %
voor lambda is niet 1. benuttingsfactor voor warmteverliezen per maand volgens 10.6.1
    elseif data.lambda == 1
        data.rend_b_koel = data.a ./ (data.a + 1);
    % elseif data.lambda <= 0
    % data.rend_b_koel = 0;
    end %if

% rend_b_koel = a/(a+1); % voor lambda =1
% verander verlies als Q_t < 0: wordt dan van verlies ook winst
if data.Q_t < 0
    data.Q_verlies_i = data.rend_b_koel .* (data.Q_v); % warmteverlies in maanden
jan - dec in MJ volgend 10.5
else
    data.Q_verlies_i = data.rend_b_koel .* (data.Q_t + data.Q_v); % warmteverlies in
maanden jan - dec in MJ volgend 10.5
end % if

    if data.lambda > 2.5 | input.Te(monthCnt) - input.Te_v_koel(monthCnt) <= 0;
        data.Q_koel_i = 0; % indien lambda <=2,5 % koelbehoefte in maanden jan
- dec in MJ
    elseif data.lambda <= 2.5
        data.Q_koel_i = (data.Q_winst_i) - data.Q_verlies_i;
    end % if % indien lambda > 2.5

%+++++

data.Q_beh_koel_ruimte = 1.1 .* data.Q_koel_i; % gem. uur per maand koudebehoefte in
energiesector op ruimteniveau in MJ volgens 10.3.4

```

```

data.Qbeh_verw_ruimte =
sum(input.data_verwarming(monthCnt).Qbeh_verw_maand_ruimte); %
OPTELLEN VERWARMINGBEHOEFTE PER MAAND!!!warmtebehoefte op ruimteniveau per jaar in MJ
data.f_beh_verw = input.data_verwarming(monthCnt).Qbeh_verw_maand_ruimte ./
(input.data_verwarming(monthCnt).Qbeh_verw_maand_ruimte + data.Q_beh_koel_ruimte); % fractie vd
warmtebehoefte t.o.v. de totale behoefte van verwarming en koeling volgens 6.7.4.2

if data.f_beh_verw < 0.1;
    data.f_beh_verw = 0.1;
elseif isnan(data.f_beh_verw)
    data.f_beh_verw = 0.5;
end %if

data.f_beh_koel = (1 - data.f_beh_verw);
% systeemrendment voor koeling volgens 6.7
% systeemrendement
data.rend_afgifte_verw_circ_int_koel = 1.0 ./ (1.0 + input.a_koel +
input.f_vernietig./data.f_beh_koel); % bijdrage aan de systeemverliezen voor koeling binnen het
gebouw volgens 6.7.3
data.rend_sys_koel = data.rend_afgifte_verw_circ_int_koel * 1.0;

%+++++
% WEEGFACTOR VOOR KOELEN (pag 35)
% opwekkingsrendement

data.rend_opw_koel = 5 * input.rend_el; % voor warmtepomp in zomerbedrijf (in combinatie met
koude opslag)

%koelbehoefte
if data.Q_beh_koel_ruimte >= 0 & data.f_beh_koel ~= 0
    data.Q_beh_koel = data.Q_beh_koel_ruimte / data.rend_sys_koel;
else% if data.Q_beh_koel_ruimte < 0
    data.Q_beh_koel = 0;
end % if % indien lambda > 2.5

% totaal koelbehoefte per maand
data.Q_beh_koel_sec_maand = data.Q_beh_koel; %./ data.rend_opw_koel;

%primaire energievraag voor koelen
%data.Qprim_koel_sec_maand = data.Q_beh_koel ./data.rend_opw_koel; % primaire energiegebruik
voor koeling per energiesector

end
%=====

```

```

%=====
function data = calc_verwarming_final(input , monthCnt)
% Verwarming final berekening
%=====

% =====
% OPWEKKINGSRENDERMENT VOOR VERWARMING PER ENERGIESECTOR
% =====
% -----
% verhouding nominale vermogen (beta verwarmen)
% -----
data.beta_verw          = input.Popw_verw_pref ./ (input.Popw_verw_npref + input.Popw_verw_pref); %
verhouding tussen het nominale vermogen van de preferente                                % opwekkingstoestellen

en het nominale vermogen van alle opwekkingstoestellen voor de energiesector
%data.rend_opw_verw      = 1 / ((1 - input.f_pref)/input.rend_opw_verw_npref )+
(input.f_pref/input.rend_opw_verw_pref)); % rendement van warmte opwekking volgens 6.8

% =====
% SYSTEEMRENDERMENT VOOR VERWARMING EN KOELING PER ENERGIESECTOR
% =====
% PRINCIPE:
% het systeemrendement is een maat voor de energieverspilling die optreedt door:
% 1] het tegelijk verwarmen en koelen in een energiesector
% 2] de optredende energieverliezen door warmte en koudetransport binnen het gebouw
% 3] warmte en koudeverliezen van distributie en circulatieleidingen buitend het gebouw.

% -----
% fractie van de warmt-/koelbehoefte t.o.v. totale behoefte
% -----

% -----
% systeemverliezen binnen het gebouw
% -----
data.rend_afgifte_verw_circ_int_verw = 1.0 ./ (1.0 + input.a_verw +
input.f_vernietig./input.data_koeling(monthCnt).f_beh_verw); % bijdrage aan de systeemverliezen
voor verwarming binnen het gebouw volgens 6.7.3

% -----
% systeemverliezen buiten het gebouw
% -----
if strcmp(input.installatie_warmtelevering , 'individueel_collectief');
data.rend_distr_verw_circ_ext_verw = 1.0;
elseif strcmp(input.installatie_warmtelevering , 'gebouwgebonden_op_afstand');
data.rend_distr_verw_circ_ext_verw = 0.75;
end %if

% -----
% systeemrendement voor verwarming en koeling per energiesector
% -----
data.rend_sys_verw      = data.rend_afgifte_verw_circ_int_verw .*
data.rend_distr_verw_circ_ext_verw; % systeemrendement voor verwarming volgens 6.7

% -----
% warmtebehoefte per maand per energiesector
% -----
data.Qbeh_verw_maand = input.data_verwarming(monthCnt).Qbeh_verw_maand_ruimte ./
data.rend_sys_verw; % warmtebehoefte per maand (jan - dec) in MJ volgens 6.3.2.3

% -----
% energiegebruik voor verwarming per maand
% -----

data.Qverw_sec_maand = data.Qbeh_verw_maand / 1; %./ input.rend_opw_verw; % energiegebruik voor
verwarming per maand in MJ

end
%=====

```



```

%=====
% SUB script: bevochtigingberekening
%=====

function data = calc_bevochtiging(input, monthCnt)
%=====

% ++++++
% ENERGIEGEBRUIK VAN BEVOCHTIGING
% ++++++

% PRINCIPE
% - neem de energiesectoren volgens 5.2.1
% - bepaald de hoeveelheid te bevochtigen lucht per energiesector volgens 11.4
% - bereken het energiegebruik voor bechochtiging van het gebouw volgens 11.2

data.weegfactor_a_bevochtiging = 4 / input.rend_opw_verw; % weegfactor voor
opwekkingsrendement van de benodigde warmte en het rendement van vochtterugwinning van energiesector
in MJs/(gh)volgens 11.3
% weegfactor_a_bevochtiging = 4/rend_opw_verw; % indien voorziening speciaal
geschikt is gemaakt voor het transporteren van vocht ui de afvoerlucht naar de toevoerlucht
% weegfactor_a_bevochtiging = 9.5/rend_opw_verw; % in alle andere gevallen
data.qv_beve = input.Ag_bev_sec * input.data_ventilatie(monthCnt).u_v_m_e ; %
hoeveelheid te bevochtigen toevoerlucht van energiesector in dm3/s volgens 11.4
% aantal toe te voeren gram-uren vocht per dm3 droge
lucht bepaald als de laagste waarde van de aan tabel 33 te ontlene waarden behorende bij de in de
energiesector voorkomende gebruiksfuncties in gh/dm3

data.Qprim_bev_sec_maand = data.weegfactor_a_bevochtiging * data.qv_bev * input.Xh *
input.data_verwarming(monthCnt).f_v_sec/12; % primair energiegebruik van bevochtigingsinstallaties
in MJ per sector

end
%=====

```

```

%=====
% SUB script: tapwater berekening
%=====

function data = calc_tapwater(input,monthCnt )
% Tapwater berekening
%=====

% ++++++
% ENERGIEGEBRUIK VAN WARM TAPWATER
% ++++++

% PRINCIPE
% - neem de verdeling van het gebouw in energiesectoren volgens 13.2.2
% - bepaal de som van de netto-warmtebehoefte van de energiesectoren volgens 12.3
% - bepaal het systeemrendement volgens 12.4
% - bepaald de energiebijdrage van een eventueel aanwezig zonne-energiesysteem volgens 12.5
% - bepaald het opwekkingsrendement volgens 12.6
% - bepaald het primaire energiegebruik voor de bereiding van warmtapwater volgens 12.2

data.Qbeh_tap_sec          = input.c_beh_tap * input.Ag_tap;    % netto warmtebehoefte voor bereiding
van warmtapwater in MJ per sector
data.Qbeh_tap_tot         = sum(data.Qbeh_tap_sec);             % netto warmtebehoefte voor de
bereiding van warmtapwater in MJ voor hele gebouw volgens 12.3

data.rend_sys_tap         = input.rend_leid_tap_circ_tap * input.rend_conv_tap *
input.rend_distr_tap;    % systeemrendement voor warmwaterdistributie volgens 12.4
% data.Qze_tap           = input.benuttingsfactor_zonnecollectoren *
(data.Qbeh_tap_sec/data.rend_sys_tap); % jaarlijkse bijdrage van het zonne energiesysteem in MJ
% data.Qze_tap           = input.geaccumuleerde_zon_intensiteit_zuid * input.Zze_tap *
input.Aze_tap * input.gemiddelde_jaarrendement_zonnecollectoren; % jaarlijkse energiebijdrage van
zonne-energiesysteem in MJ volgens 12.5
data.Qze_tap              = 0;

data.rend_opw_tap         = 1.4; % * input.rend_el;           % opwekkingsrendement vd bereiding van
warmtapwater volgens 12.6 tabel 36 (warmtepomp)
% goed tabel bekijken voor juiste waarde
data.Qprim_tap_sec_maand  = (((data.Qbeh_tap_tot/data.rend_sys_tap) -
data.Qze_tap)/data.rend_opw_tap)/12; % primaire energiegebruik voor de bereiding van warmtapwater in
MJ

%=====
% END script: Warm tapwater
%=====
end
%=====

```

```

%=====
% SUB script: pompen berekening
%=====

%=====
function data = calc_pompen(input, monthCnt)
% Pomp berekening
% Gaat over geheel gebouw; moet dus niet per sector worden berekend.
%=====

data.Q_pompen_sec_jaar      = ( 8 * input.f_regel_verw * input.Ag_tot_verw_zone) + ( 8 *
input.f_regel_koel * input.Ag_koel_sec); % energievraag voor pompen in MJ
data.Q_pompen_sec_maand    = data.Q_pompen_sec_jaar / 12;

data.Qprim_pomp_maand      = data.Q_pompen_sec_maand / input.rend_el; % primaire energievraag
voor pompen

end
%=====

```

```

=====
% SUB script: apparatuur berekening
=====

function data = calc_apparatuur(input, monthCnt)
% Pomp berekening
% Gaat over geheel gebouw; moet dus niet per sector worden berekend.
=====

% elektrisch energieverbruik in daglichtsectoren van de energiesector in de
% dagperiode in kWh, volgens 8.3.3
data.P_app      = input.q_app * input.Ag_sec; % vermogen van apparatuur
data.E_apparatuur_dag      = data.P_app * input.t_dag * input.f_aanw;
data.E_apparatuur_avond    = data.P_app * input.t_avond * input.f_vl_avond;
data.Q_apparatuur_sec_jaar = 3.6 * (data.E_apparatuur_dag + data.E_apparatuur_avond );

data.Q_apparatuur_sec_maand      = data.Q_apparatuur_sec_jaar / 12;

data.Qprim_apparatuur_maand      = data.Q_apparatuur_sec_maand / input.rend_el; % primaire
energievraag voor pompen

end
=====

```

```

%=====
% SUB script: energieopwekking berekening
%=====

function opwekking_totaal = opwekking_function(gebouw, info)
%-----
% 1 ] Input
%-----
data_verwarming      = gebouw.totaalEnergie_post_maand(3,:);
data_koeling         = gebouw.totaalEnergie_post_maand(4,:);

%-----
% 2 ] load data
%-----
fileDir      = 'C:\Users\Femke Corporaal\Documents\Bouwkunde\MSc 3\BT\warmte- en koellast
berekening\berekening';
fileName = 'data_sunRadiation_monthSorted.xls';
[num_data,text_data] = xlsread(fullfile(fileDir,fileName));
%-----

%-----
% 1c] Input: Environment Temperature and Insolation
% - depends on location and orientation
% - Assumed to be equal for sectors
%-----
% read all environment data
[data_temperature, data_solar] = read_environment_data;

% * set maaddagen = aantal dagen in de maand
input.maand_dagen = repmat([31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31],8,1);

% Solar radiation in MJ per maand per m^2
data_Rad_maand      = 0.0036 .* input.maand_dagen .* squeeze(sum(data_solar,3));
% set(gca,'XTickLabel',{'Z','ZO','O','NO','N','NW','W','ZW','Z'});

% buiten temperatuur
T_buiten_lucht      = mean(squeeze(data_temperature(1,:,:),2));

%-----

%-----
% 5 ] Create IndoorTemp matrix
%-----
TI_night = 15;
TI_day   = 22;
TI_evening = 20;

data_tempIndoor      = ones(24,12);

data_tempIndoor(1:8,1:12) = TI_night;
data_tempIndoor(9:16,1:12) = TI_day;
data_tempIndoor(17:24,1:12) = TI_evening;

% ++++++
% KLIMAAT
% ++++++

% TEMPERATUUR (lijngrafiek)
% gemiddeld
Te_gem = [-2, 1.7, 6.7, 11, 17, 22, 25, 24, 20, 13, 9, 2];
% gemiddeld hoog
Te_max_gem = [ 1.7, 4.9, 11, 16, 22, 27, 29, 27, 24, 16, 12, 4.9];
% gemiddeld laag
Te_min_gem = [-5, -2, 2.4, 6.6, 13, 19, 21, 20, 17, 10, 5.9, -1];

% STRALING HORIZONTAAL
% gemiddelde horizontale globale straling per maand in MJ/m2
globale_straling = [ 160.1, 240.1, 345.9, 425.7, 467.6, 552.0, 537.9, 469.2, 378.1, 276.6, 183.9,
138.4];

% STRALING VERTICAAL
% gemiddeld (MJ/m2) per orientatie
verticale_straling = data_Rad_maand;
% orientaties 'Z','ZO','O','NO','N','NW','W','ZW','Z'

% ZONNEUREN (bargrafiek)
% gemiddeld
zonuren = [160, 175, 210, 220, 270, 290, 300, 275, 235, 215, 175, 160];

% WIND (lijngrafiek)
% gemiddeld
v_wind_gem = [6.2, 6, 5.3, 5.7, 5.1, 4.7, 4.5, 5.1, 5.1, 6, 4.9, 6 ]; % m/s
% gemiddeld hoog
v_wind_hoog = [9.2, 9.4, 8.7, 9.2, 8.2, 7.9, 7.4, 8.2, 7.2, 8.1, 7.5, 9];
% gemiddeld laag
v_wind_laag = [3.3, 3, 2, 2.3, 1.9, 1.7, 1.9, 2.4, 2.9, 4, 2.5, 3.2];

```

```

% NEERSLAG (bargrafiek)
% gemiddeld per maand (mm)
neerslag = [81, 78, 90, 100, 98, 94, 98, 87, 84, 74, 94, 67];

% RIVIERTEMPERATUUR
% temperatuur rivier per maand:
T_rivier = [3.3, 2.2, 5, 8.65, 13.9, 18.6, 21.95, 23.05, 21.1, 15.8, 11.7, 6.1] + 273.15;

% ++++++
% VIII      OPWEKKING ELEKTRICITEIT
% ++++++

% =====
% inputvariabelen: var P5 (21-1-2012)
% =====
A_PV_dak      = 4400;      % opp aan pv panelen in m2
A_collector   = 0;        % opp aan zonnecollectoren in M2
A_PV_gevel    = 0;        % opp aan pv panelen in m2
n_turby       = 0;        % aantal windturbines
% n_waterturbine = 9;
n_waterturbine = 13;
orientatie    = 'Z';      % mogen de waarden zijn: 'Z','ZO','O','NO','N', 'NW','W','ZW';
n_bioWKK      = 0;

% =====
% opbrengst PV panelen dak
% =====
r = 0.18;      % rendement PV = 18%
o = 0.95;      % redelijk optimale oriëntatie 95%
opp = 0.9;     % daadwerkelijk oppervlak van PV panelen in panelen: 90%
mmf = 0.9;     % mismatchfactor (verliezen door hoge temperatuur en beschadwing): 90%
v = 0.85;     % factor voor verliezen in kabels en bij de inverter: 85%

PV_dak_opbrengst_MJ_spec = globale_straling .* r .* o .* opp .* mmf .* v;
% zonnestraling in MJ/m2
PV_dak_opbrengst_MJ_tot = PV_dak_opbrengst_MJ_spec .* A_PV_dak; % in MJ

% =====
% opbrengst PV panelen gevel
% =====
r = 0.18;      % rendement PV = 18%
o = 0.95;      % redelijk optimale oriëntatie 95%
opp = 0.9;     % daadwerkelijk oppervlak van PV panelen in panelen: 90%
mmf = 0.9;     % mismatchfactor (verliezen door hoge temperatuur en beschadwing): 90%
v = 0.85;     % factor voor verliezen in kabels en bij de inverter: 85%

PV_gevel_opbrengst_MJ_spec_orien = data_Rad_maand .* r .* o .* opp .* mmf .* v;
% zonnestraling in MJ/m2
PV_gevel_opbrengst_MJ_tot = PV_gevel_opbrengst_MJ_spec_orien .* A_PV_gevel; % in MJ

switch orientatie
case 'Z'
    PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien = PV_gevel_opbrengst_MJ_tot(1,:);
case 'ZO'
    PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien = PV_gevel_opbrengst_MJ_tot(2,:);
case 'O'
    PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien = PV_gevel_opbrengst_MJ_tot(3,:);
case 'NO'
    PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien = PV_gevel_opbrengst_MJ_tot(4,:);
case 'N'
    PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien = PV_gevel_opbrengst_MJ_tot(5,:);
case 'NW'
    PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien = PV_gevel_opbrengst_MJ_tot(6,:);
case 'W'
    PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien = PV_gevel_opbrengst_MJ_tot(7,:);
case 'ZW'
    PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien = PV_gevel_opbrengst_MJ_tot(8,:);
end %switch

% =====
% Opbrengst wind
% =====
% per turby = 5 MWh/jaar

rho_lucht = 1.2; % (kg/m3)
A_turby = n_turby * 50;

vermogen_wind = 0.5 * rho_lucht * v_wind_gem.^ 3 * n_turby; % (W/m2)
opbrengst_wind_kWh_tot = vermogen_wind * 0.763; % 762,5 uren per maand
opbrengst_wind_MJ_tot = opbrengst_wind_kWh_tot * 3.6; % 762,5 uren per maand

opbrengst_wind_MJ_spec = opbrengst_wind_MJ_tot / A_turby;

% =====
% Opbrengst water
% =====
% per turbine = 65 MWh/jaar

```

```

opbrengst_waterturbine = 65000 * 3.6; %(MJ perjaar)
A_turbines = n_waterturbine * 100; % m2

tot_opbrengst_waterenergie_jaar = n_waterturbine * opbrengst_waterturbine; %MJ
tot_opbrengst_waterenergie_maand = tot_opbrengst_waterenergie_jaar/12;

% specifieke opbrengst van waterkracht in MJ/m2
tot_opbrengst_waterenergie_jaar_spec = tot_opbrengst_waterenergie_jaar / A_turbines;

% specifieke opbrengst waterkracht per maand in MJ/m2
tot_opbrengst_waterenergie_maand_spec = tot_opbrengst_waterenergie_jaar_spec/12; % MJ/m2

% ++++++
% VIII OPWEKKING ELEKTRICITEIT
% ++++++
% tot_opbrengt_electriciteit =

% display getallen opwekking
disp('')
disp('Electriciteitsopwekking per maand per bron')
disp('')
disp(sprintf('PV_dak: %g MJ\n',PV_dak_opbrengst_MJ_tot));
disp(sprintf('PV_gevel: %g MJ\n',PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien));
disp(sprintf('wind: %g MJ\n',opbrengst_wind_MJ_tot));
disp(sprintf('water: %g MJ\n',tot_opbrengst_waterenergie_maand));

% ++++++
% VIII OPWEKKING WARMTE
% ++++++

% =====
% opbrengst Zonnecollectoren
% =====

r = 0.50; % rendement collectoren = 30%

Collector_opbrengst_MJ_spec = globale_straling .* r .* opp .* mmf;
% zonnestraling in MJ/m2

Collector_opbrengst_MJ_tot = Collector_opbrengst_MJ_spec * A_collector;

% =====
% opbrengst Biomassa
% =====
personen = 420 * n_biowkk;
tot_opbrengst_biowkk_jaar = personen * 432; % in MJ per jaar
tot_opbrengst_biowkk_maand = tot_opbrengst_biowkk_jaar/12;

% =====
% opbrengst diepe ondergrond
% =====
T_ondergrond_diep = 11 + 273.15 ;

% =====
% opbrengst ondiepe ondergrond
% =====
T_ondergrond_ondiep = [ 3, 3, 3, 5, 10, 15, 19, 21, 20, 17, 12, 8 ] + 273.15 ;

rendement_warmtepomp = 0.5;

Ta_w = 50 + 273.15;
Ta_k = [16, 16, 16, 16, 16, 17, 18.5, 17.9, 16, 16, 16, 16] + 273.15;

COP_k_rivier = abs(Ta_k ./ (Ta_k - T_rivier));
COP_k_ondergrond_diep = abs(Ta_k ./ (Ta_k - T_ondergrond_diep));
COP_k_ondergrond_ondiep = abs(Ta_k ./ (Ta_k - T_ondergrond_ondiep));
COP_k_buitenlucht = abs(Ta_k ./ (Ta_k - T_buiten_lucht));

COP_w_rivier = Ta_w ./ (Ta_w - T_rivier);
COP_w_ondergrond_diep = Ta_w ./ (Ta_w-T_ondergrond_diep);
COP_w_ondergrond_ondiep = Ta_w ./ (Ta_w-T_ondergrond_ondiep);
COP_w_buitenlucht = Ta_w ./ (Ta_w - T_buiten_lucht);

% De reductie in de warmtevraag is de warmtebehoefte / COP_warm.
Energie_behoefte_verwarming = data_verwarming ./ (rendement_warmtepomp .*
COP_w_ondergrond_diep);

% de reductie in de koudevraag is de koudebehoefte / COP_koud
Energie_behoefte_koeling = data_koeling ./ (rendement_warmtepomp .* COP_k_ondergrond_diep);

% Energie reductie (in balans als opwekking)
% Energie_reductie_verwarming = data_verwarming - Energie_behoefte_verwarming;
% Energie_reductie_koeling = data_koeling - Energie_behoefte_koeling;
Energie_opwekking_verwarming = data_verwarming - Energie_behoefte_verwarming;
Energie_opwekking_koeling = data_koeling - Energie_behoefte_koeling;

```

```
% =====  
% Bereken totaal getallen per maand  
% =====  
  
opwekking_totaal = Energie_opwekking_verwarming + Energie_opwekking_koeling +  
Collector_opbrengst_MJ_tot + ones(1,12).*tot_opbrengst_waterenergie_maand + opbrengst_wind_MJ_tot +  
PV_gevel_opbrengst_MJ_tot_orien + PV_dak_opbrengst_MJ_tot + tot_opbrengst_biowkk_maand;  
  
end %function
```


BRONVERMELDING BIJLAGEN

BIJLAGE A

- 105 MVO Nederland; internetbron: <http://www.mvonederland.nl/content/organisaties-en-netwerken/stichting-passief-bouwen>, geraadpleegd op 22-02-11
R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, Amsterdam
Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw, p16
- 106 Greenpeace België; internetbron: <http://www.greenpeace.org/belgium/nl/energiegids/bouwen-en-verbouwen/concept/compact-bouwen/>, geraadpleegd op 22-02-11
- 107 Agentschap NL, *Energievademecum, energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen*, Utrecht 2010, p51
- 108 N. Palyshenkava, *Het passief kantoor, een kantoorgebouw volgens richtlijnen van passief bouwen*, Hogeschool Zeeland, 2009
- 109 Agentschap NL, *energievademecum, energiebewust ontwerpen van nieuwbouwwoningen* Utrecht 2010, p78
- 110 Netonline; internetbron: http://www.netonline.be/wonen/energiestips_isoleren.asp, geraadpleegd op 11-03-2011
- 111 Stichting Kwaliteit Gevelbouw, *Luchtdicht bouwen zorgt voor energiebesparing*, Gevelbouw, april 2009 p52-53
- 112 N. Palyshenkava, *Het passief kantoor, een kantoorgebouw volgens richtlijnen van passief bouwen*, Hogeschool Zeeland, 2009
- 113 Wikipedia; internetbron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Koudebrug>, geraadpleegd op 22-02-11
- 114 Agentschap NL, *EnergieVademecum*, Utrecht 2010, p99
- 115 Agentschap NL, *EnergieVademecum*, Utrecht 2010, p99
- 116 Passief bouwen.nl; internetbron: <http://www.passiefbouwen.nl/templates/psb/global/index.php?lngid=2&sqlmode=2&fid=144&tid=523>, geraadpleegd op 22-02-11
- 117 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010, p 104
- 118 Kronos architectuur; internetbron: <http://www.kronos-architectuur.be/d1.pdf>, geraadpleegd op 23-02-2011
- 119 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010, p 107
- 120 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010 p 145
- 121 Agentschap NL, *energievademecum*, Utrecht 2010, p 154
- 122 Ir. S. Broersma, M. Fremouw, Prof. Dr. Ir. A. van den Dobbelssteen, *Warmtekaarten, Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht*, concept eindrapport versie 2.0, 8-11-2010
- 123 Halmos Adviseurs, DOC, *Op weg naar energieneutraal bouwen*, Novem
- 124 Agentschap NL, *energievademecum*, Utrecht 2010, p 138
- 125 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, Amsterdam
Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw, p16
- 126 Agentschap NL, *energievademecum*, Utrecht 2010 p 128
- 127 Stichting Kwaliteit Gevelbouw, *Luchtdicht bouwen zorgt voor energiebesparing*, Gevelbouw, april 2009 p52-53
- 128 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010, p112
- 129 Agentschap NL, *Innovatie in energie*, december 2009 p11
- 130 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010, p206
- 131 Kronos architectuur; internetbron: <http://www.kronos-architectuur.be/d1.pdf>, geraadpleegd op 10-03-2011
- 132 Provincie Gelderland, *Puntenlijst Duurzaam Bouwen*, Regio Achterhoek, April 2007
Versie 1.0
- 133 Agentschap NL; internetbron: http://www.senternovem.nl/duurzameenergie/DE-technieken/Energiebesparing_en_DEconcepten/Index.asp, geraadpleegd op 13-03-2011
- 134 Wikipedia; internetbron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Daglicht>, geraadpleegd op 13-03-2011
- 135 Paul de Ruiter architecten bv; internetbron: http://www.paulderuiter.nl/sustainabilities/category/5_daglicht.html, geraadpleegd op 14-03-2011
- 136 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010, p109

-
- 135 Henk van Elburg, programma-adviseur Agentschap NL, *energiezuinige verlichting in kantoren*, Agentschap NL
- 136 Henk van Elburg, programma-adviseur Agentschap NL, *energiezuinige verlichting in kantoren*, Agentschap NL
- 137 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, Amsterdam Schutterstoren, Energieneutrale hoogbouw
- 138 *klimaatinstallaties 2009: centrale installaties – lucht – systeemkeuze*
- 139 Hei tech energiesystemen; internetbron: <http://www.hei-tech.nl/index-nl.html>, geraadpleegd op 14-03-2011
- 140 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010, p62
- 141 Agentschap NL; internetbron: http://www.senternovem.nl/duurzameenergie/DE-technieken/Energiebesparing_en_DEconcepten/Index.asp, geraadpleegd op 14-03-2011
- 142 Ir. S. Broersma, M. Fremouw, Prof. Dr. Ir. A. van den Dobbelsteen, *Warmtekaarten, Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht*, concept eindrapport versie 2.0, 8-11-2010, p 21
- 143 Internetbron: http://www.geveke-klimaattechniek.nl/content_klimaattechniek_nl/images/products/warmtepomp_animatie.gif, geraadpleegd op 14-03-2011
- 144 M. Hegger, M. Fuchs, T Stark, M. Zeumer, *Energy Manual, Sustainable Architecture, edition Detail*, Basel 2008, p122-123
- 145 Agentschap NL, *Energie Vademecum*, Utrecht 2010, p 51
- 146 Ir. S. Broersma, M. Fremouw, Prof. Dr. Ir. A. van den Dobbelsteen, *Warmtekaarten, Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht*, concept eindrapport versie 2.0, 8-11-2010
- 147 Hegger Fuchgs Stark Zeumer, *Energy Manual, Sustainable Architecture*, 2008 basel Boston berlin, p 121- 122+ p129
- 148 Ir. S. Broersma, M. Fremouw, Prof. Dr. Ir. A. van den Dobbelsteen, *Warmtekaarten, Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht*, concept eindrapport versie 2.0, 8-11-2010 p16
- 149 Wikipedia; internetbron: www.wikipedia.nl, geraadpleegd op 14-03-2011
- 150 Stichting Platgorn Geothermie; Introduction Geothermal Energy- Renewable, Resilient or Sustainable; 2007
- 151 Platform geothermie; internetbron: www.geothermie.nl, geraadpleegd op 15-03-2011
- 152 Platgorn geothermie; internetbron: <http://geothermie.nl/geothermie/waarom-geothermie/duurzaamheid-en-co2/>, geraadpleegd op 23-03-2011
- 153 Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport, Eindrapport versie 4.6*, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009
- 154 Agentschap nl, *energievademecum*, Utrecht 2010, p 219
- 155 Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport, Eindrapport versie 4.6*, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009
- 156 Turby; internetbron: <http://www.turby.nl/01/03%20Content%20B.htm>, geraadpleegd op 11-04-2011
- 157 Turby; internetbron: <http://www.turby.nl/05/03%20Content%20B.htm>, geraadpleegd op 11-04-2011
- 158 Prof. Dr. Ir. A. A. J. F. van den Dobbelsteen, Ir. S. Broersma, B. van der Grinten, Dipl. Ing. S. Stremke, *Energiepotenties Groningen, Basisrapport, Eindrapport versie 4.6*, Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid juni 2009
- 159 Kema; internetbron: <http://www.kema.com/nl/services/consulting/renewable/blue-energy.aspx>, geraadpleegd op 21-02-2011
- 160 Internetbron: <http://www.duurzame-energiebronnen.nl/water-energie.php>, geraadpleegd op 23-03-2011
- 161 Wikipedia; internetbron: http://nl.wikipedia.org/wiki/Hydraulische_turbine, geraadpleegd op 23-03-11
- 162 Internetbron: <http://www.duurzame-energiebronnen.nl/golfslagen-getijdenenergie.php>, geraadpleegd op 23-03-2011
- 163 Internetbron: <http://www.duurzame-energiebronnen.nl/blauwe-energie.php>, geraadpleegd op 23-03-2011
- 163 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010 p 109
- 164 Agentschap NL, *Innovatie in energie*, december 2009 p11, p55

-
- 165 Agentschap NL, *Energievademecum*, Utrecht 2010, p196
- 166 M. Hegger, M. Fuchs, T Stark, M. Zeumer, *Energy Manual, Sustainable Architecture, edition Detail*, Basel 2008, p125
- 167 Geo energy systems; internetbron: www.groenholland.com, geraadpleegd op 14-03-2011
- 168 Ir. S. Broersma, M. Fremouw, Prof. Dr. Ir. A. van den Dobbelsesteen, *Warmtekaarten, Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht*, concept eindrapport versie 2.0, 8-11-2010, p19 en 20
- 169 Agentschap NL; internetbron: http://www.senternovem.nl/energieneutraalbouwen/digigids/phase_change_material_zpcm.asp, geraadpleegd op 14-03-2011
- 170 Agentschap NL, *Innovatie in energie*, december 2009 p11, p56
- 171 Zonnepanelen informatiepunt; internetbron: <http://www.zonnepanelen-info.nl/zonne-energie/opslag/>, geraadpleegd op 14-03-2011
- 172 Agentschap NL; internetbron: <http://www.twanetwerk.nl/default.aspx?DocumentId=13125>, geraadpleegd 7-05-2011
- 173 Techbusiness; internetbron: <http://www.techbusiness.nl/162/688/clean-tech-energie/smart-grid.html>, geraadpleegd op 10-08-2011
- 174 NODE; internetbron: <http://www.energieplatform.nl/energieopties/elektriciteitsvoorziening/>, geraadpleegd op 6-04-2011
- 175 M. Hegger, M. Fuchs, T Stark, M. Zeumer, *Energy Manual, Sustainable Architecture, edition Detail*, Basel 2008, p145
- Agentschap NL; internetbron: http://www.senternovem.nl/EET/projecten/Materialen_voor_Energieopslag_met_Hog_e_Energiedichtheid.asp, geraadpleegd op 6-04-2011
- 177 Agentschap NL; internetbron: <http://www.twanetwerk.nl/default.aspx?DocumentId=13125>, geraadpleegd op 07-04-2011
- 178 Wikipedia; internetbron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Condensator>, geraadpleegd op 6-04-2011
- 179 Agentschap NL; internetbron: <http://www.twanetwerk.nl/default.aspx?DocumentId=11714>, geraadpleegd op 06-04-2011
- 180 Agentschap NL; internetbron: <http://www.twanetwerk.nl/default.aspx?DocumentId=11714>, geraadpleegd op 06-04-2011
- 181 Hydro elektrisch; internetbron: http://www.idea.gravic.nl/al_hy_nl.htm, geraadpleegd op 07-04-2011
- 182 E. Lysen, S. van Egmond en S. Hagedoorn, *Opslag van elektriciteit: status en toekomstperspectief voor Nederland*, augustus 2006 Utrecht, p9
- 183 Duurzame energie; internetbron: <http://www.wattmooi.nl/energieprogramma/duurzame-energie/ondergrondse+pomp+accumulatie+centrale+?partner=8>, geraadpleegd op 8-04-2011
- 184 Wikipedia; internetbron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Energieopslagtechniek>, geraadpleegd op 7-5-2011
- 185 Wikipedia; internetbron: <http://www.iftechnology.nl/wm.cgi?id=81;ws=1>, geraadpleegd op 7-05-2011
- 186 Wikipedia; internetbron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Vliegwiel>, geraadpleegd op 7-05-2011
- 187 Wikipedia; internetbron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Energieopslagtechniek>, eraadpleegd op 7-5- 2011
- 188 Wikipedia; internetbron: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Energieopslagtechniek>, geraadpleegd op 7-5-2011
- 189 Bildaroo; internetbron: <http://buildaroo.com/nl/news/article/utility-solar-plant-uses-molten-salt-for-heat-storage/>, geraadpleegd op 7-05-2011
- 190 E. Lysen, S. van Egmond en S. Hagedoorn, *Opslag van elektriciteit: status en toekomstperspectief voor Nederland*, augustus 2006 Utrecht, p9

BIJLAGE B

- 191 Agentschap NL, Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq.
Energie neutrale utiliteitsgebouwen, Eindrapport versie 0.1, April 2010, Bijlagen
- 192 Epos; internetbron: <http://www.eposadvies.nl/faq.htm>, geraadpleegd op 10-02-2011
- 193 Agentschap NL, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en
Milieubeheer, Infoblad - Energie neutraal Bouwen, hoe doe je dat?, versiedatum:
04-10-2010
R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, Amsterdam
Schutterstoren, Energie neutrale hoogbouw, ?
- 194 Agentschap NL, Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq.
Energie neutrale utiliteitsgebouwen, Eindrapport versie 0.1, April 2010, Bijlagen
- 195 Agentschap NL, Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq.
Energie neutrale utiliteitsgebouwen, Eindrapport versie 0.1, April 2010, p 12
- 196 Wikipedia; internetbron: www.wikipedia.nl – EPC, geraadpleegd op 10-03-2011
- 197 Agentschap NL, Uitgerekend nul, Taal, rekenmethode en waarde, Rekenmethoden,
versie: concept2 Februari 2010
- 198 NEN; internetbron: <http://www.nen.nl/web/Bouwen/NEN-7120-de-nieuwe-energieprestatienorm.htm>, geraadpleegd op 14-03-2011
- 199 Agentschap NL, Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq.
Energie neutrale utiliteitsgebouwen, Eindrapport versie 0.1, April 2010, Bijlagen
- 200 Ir. H. Versteeg en ir. J. van der Weerd, Verschillen in rekenmethodes
duurzaamheid, beoordelingsmethodieken op een rij, Bouwwereld #10 (jaar?)
Ir. A. C. van der Linden, Bouwfysica, Utrecht/Zutphen 2006
- 201 ir. H. Versteeg en ir. J. van der Weerd, Verschillende rekenmethodes
duurzaamheid, Bouwwereld #10 Bouwfysica (jaar?)
- 202 Greencalc; internetbron: http://www.greencalc.com/Wat_is_GreenCalc.html,
geraadpleegd op 14-02-2011
- 203 Dutch Green Building Council, Breeam-NL 2010, Keurmerk voor duurzame
vastgoedobjecten, beoordelingsrichtlijn nieuwbouw, versie 1,0, oktober 2009
DGBC; internetbron: www.dgbc.nl, geraadpleegd op 14-03-2011
- 204 R. Bosch, R. van Kalmthout, A. van Timmeren, Leon Burdorf, Amsterdam
Schutterstoren, Energie neutrale hoogbouw, p27
- 205 Ir. S. van Uffelen, Internationaal label beoordeelt duurzaamheid gebouwen, De
DGBC en Breeam-NL, LTTV magazine 6/2009 p26-28
- 206 U.S. green building council:
<http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1988>, geraadpleegd op 10-03-
2011
- 207 Internetbron:
http://alphae.de/english/services/lead_green_building_certification/index.html?gclid=CNXfy8_ow6cCFdsU3goduEuSEw, geraadpleegd op 10-03-2011
- 208 USGBC, Leed 2009 for new Construction and major renovations, febr 2011
- 209 Retscreen international; internetbron: <http://www.retscreen.net/popup.php?id=825&tcopy=&alt=Software+&+Gegevens&titre=>, geraadpleegd op 11-03-2011
- 210 IBTH; internetbron: <http://www.ibth.nl/meer-over-retscreen-i-67.html>,
geraadpleegd op 11-03-2011
- 211 Agentschap NL, Uitgerekend Nul, Taal, Rekenmethode en waarde voor CO2 cq.
Energie neutrale utiliteitsgebouwen, Eindrapport versie 0.1, April 2010, Bijlagen