

Economische haalbaarheid van duurzaam bouwen

Marienda MOLLEN

promotor :
Prof. dr. Lode VEREECK

SAMENVATTING

Steeds vaker treffen extreme weersomstandigheden met ingrijpende klimatologische en economische gevolgen België. Het broeikas-effect en het bijbehorende Kyoto Protocol verkrijgen hierdoor meer en meer naamsbekendheid. Bovendien dreigen de fossiele brandstoffen, die deze problemen veroorzaken, in de nabije toekomst uitgeput te geraken. Verder wordt de samenleving ook steeds vaker geteisterd door tekorten aan leidingwater. Er heerst overigens ook een grote onzekerheid over de toekomstige beschikbaarheid van bepaalde bouwmaterialen. Vooral metalen zijn tegenwoordig onvoldoende voorradig. Als vierde tekort onderscheidt het onderzoek de bouwgrondschaarste in Vlaanderen.

Bovenstaande factoren oefenen uiteraard een sterke druk uit op de particulier die anno 2007 een nieuwbouwproject start. In het kader van deze problemen is een wijziging van de Vlaamse bouwcultuur immers onvermijdelijk. Conventionele bouwtechnieken zullen in de toekomst bijgevolg steeds meer plaats moeten ruimen voor het concept 'duurzaam bouwen'. Om een doorbraak van duurzame bouwtechnieken te verwezenlijken, is het in eerste instantie van fundamenteel belang dat het rendeert vanuit zowel het standpunt van de particulier als van de maatschappij. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag:

"Is duurzaam bouwen economisch-financieel haalbaar voor de particulier en economisch rendabel voor de maatschappij?"

Allereerst is hiervoor nagegaan welke facetten het concept duurzaam bouwen exact omvat. Dit begrip wordt doorgaans opgesplitst in zes grote peilers, namelijk proces, omgeving, welzijn, energie, water en materialen. Het onderdeel *proces* duidt er vooral op dat het heel belangrijk is voor de particulier om vooraf voldoende tijd uit te trekken om zich goed te informeren. Vervolgens wijst de categorie *omgeving* op de verschillende factoren die meespelen bij de afweging tussen een gesloten, een halfopen of een open bebouwing en tussen een renovatie- of een nieuwbouwproject. Bovendien wordt hierbij ook aangeraden om zich zo dicht mogelijk bij een stads- of dorpskern te vestigen. De peiler *welzijn* adviseert de particulier overigens om het huis zo aanpasbaar en toegankelijk mogelijk te construeren. Het vierde onderdeel, *energie*, vervult een centrale rol in het concept duurzaam bouwen. Hierbij is een compacte bouwvorm, een zuidelijke oriëntatie, een degelijke verwarmingsketel en een doorgedreven isolatie fundamenteel. De categorie *water* streeft voornamelijk voldoende recuperatie van het hemelwater en een gescheiden afvoerstelsel na. Tenslotte omvat duurzaam bouwen ook het aspect *materialen*. Om de juiste materiaalkeuzes te maken stelt dit concept dat de particulier best rekening houdt met de levenscyclusanalyse van de producten. Het begrip duurzaam bouwen bevat dus duidelijk zeer veel aspecten waardoor als het ware een continuüm ontstaat waarbij een specifieke woning meer of minder duurzaam is dan een andere.

Vervolgens is dieper ingegaan op de recente wijzigingen in de regelgeving aangaande duurzaam bouwen. De invoering van de energieprestatieregelgeving staat hierbij centraal. Deze wetgeving legt voor de energieprestaties van een nieuwbouwwoning een E100-peil op en voor het globale isolatieniveau ervan een K45-waarde. Vergeleken met de vroegere wetgeving vormt dit reeds een succesvolle stap in de richting van meer duurzaam bouwen. Verder bevestigt ook de stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten dat de wetgeving anno 2007 de juiste weg inslaat. Deze verplicht de Vlaming om het regenwater op te vangen.

Verschillende instanties moedigen de particulier bovendien aan om meer duurzame bouwtechnieken te implementeren. Het onderzoek toont echter aan dat de financiële steunmaatregelen die momenteel beschikbaar zijn zich niet op de juiste maatregelen toespitsen. Indien Vlaanderen op korte termijn aanzienlijke emissiereducties wil bewerkstelligen, moet voor de woningbouw vooral meer aandacht uitgaan naar isolatie. Technieken zoals zonnepanelen worden momenteel sterk gesubsidieerd maar dienen in het kader van duurzaam bouwen echter veeleer als 'de kers op de taart' beschouwd te worden. Dergelijke maatregelen zijn bovendien vanuit het economisch perspectief doorgaans nog niet rendabel. Een doorgedreven isolatie rendeert daarentegen zowel voor de particulier als de samenleving beduidend. Duurzaam bouwen kan dus effectief een rendement opleveren als de particulier zich hierbij focust op de juiste maatregelen. Toch is het belangrijk dat de verschillende instanties hun beleid inzake financiële tegemoetkomingen herbekijken om de winstgevendheid van duurzame bouwtechnieken voor de particulier te verhogen.

Ondanks het grote potentieel aan rendementen dat schuilgaat achter bepaalde duurzame bouwmaatregelen, is er nog geen sprake van een massale doorbraak van het concept duurzaam bouwen. Anno 2007 staan nog enkele obstakels het grote succes in de weg. Door de recente aandacht rond uitzonderlijke, nieuwe bouwtechnieken (vb. een zonneboiler) gaat duurzaam bouwen tegenwoordig gebukt onder een foutief imago. Hoewel deze nieuwe technologieën in hun kinderschoenen staan, bezitten zij een aanzienlijke progressiemarge. Bijkomend zijn er momenteel nog onvoldoende gespecialiseerde architecten beschikbaar en liggen de bijbehorende investeringskosten te hoog. Het concept duurzaam bouwen wordt anno 2007 gekenmerkt door een aantal groeipijnen die vermoedelijk bij een stijgende vraag automatisch zullen verdwijnen.

Het onderzoek geeft uiteindelijk dus aan dat duurzaam bouwen zeker rendabel kan zijn, mits de juiste maatregelen de voorkeur krijgen. Om de winstgevendheid voor de particulier nog bijkomend te verhogen, moet het huidige systeem van financiële steunmaatregelen herbekeken worden. Tot slot zal de rendabiliteit wellicht stijgen als duurzaam bouwen de eerste groeipijnen overwonnen heeft.

VOORWOORD

"Tempora mutantur et nos mutamur illis."

(De tijden veranderen en wij veranderen mee. (Aurelius Augustinus, Romeins filosoof))

Het onderwerp van deze thesis, duurzaam bouwen, kadert perfect in dit oud Romeins gezegde. Vermits de samenleving tegenwoordig geconfronteerd wordt met tekorten aan noodzakelijke producten zoals o.a. fossiele brandstoffen, leidingwater en bouwmaterialen, dienen huishoudens hun verantwoordelijkheid op te nemen en zich hierop af te stemmen. Om deze problemen de kop in te drukken, dringt een wijziging van de traditionele bouwcultuur zich op.

De realisatie van deze eindverhandeling, die het sluitstuk vormt van mijn opleiding tot Handelingenieur, is natuurlijk niet enkel mijn eigen verdienste. Bij deze wil ik mijn dank betuigen aan al diegenen die, op welke wijze ook, hebben bijgedragen tot het verwezenlijken van deze thesis.

Op de eerste plaats dank ik mijn promotor Prof. dr. Lode Vereeck voor zijn uitstekende begeleiding en deskundig advies. Verder zou ik een woord van dank willen richten tot de medewerkers van Steunpunt Duurzaam Bouwen. Hierbij wil ik in het bijzonder de coördinator Luc Driesen danken voor zijn steun en motivatie en de architect Jeroen Dries voor de hulp bij de uitwerking van de gevalstudie en de constructieve opmerkingen. Mijn dank gaat tevens uit naar het gezin Willems voor hun medewerking aan het onderzoek. Ook juffrouw Liese Evers, studente industrieel ingenieur in de afdeling bouwkunde aan de Xios Hogeschool Limburg, ben ik dankbaar voor haar hulp.

Een welgemeend woord van dank gaat ook uit naar Berthold Simons, directeur van Centrum Duurzaam Bouwen; Griet Verbeeck, doctor ingenieur-architect en Marc Dillen, directeur-generaal van de Vlaamse Confederatie Bouw vanwege hun bereidheid om hun professionele visie over duurzaam bouwen met mij te delen.

Laatst maar niet in het minst dank ik mijn ouders, broers en schoonzussen voor hun geduld, advies en morele steun tijdens het hele proces van deze eindverhandeling.

INHOUDSTAFEL

Voorwoord	
Samenvatting	
Lijst met figuren	
Lijst met grafieken	
Lijst met tabellen	
Lijst met afkortingen	
Lijst met eenheden en voorvoegsels	
Lijst met scheikundige symbolen	
HOOFDSTUK 1: INLEIDING	18
<hr/>	
1.1 Probleemstelling	18
1.2 Onderzoeksvragen	19
1.3 Methodologie	20
HOOFDSTUK 2: MACRO-ECONOMISCH KADER	22
<hr/>	
2.1 Energieproblematiek	22
<i>2.1.1 Broeikaseffect</i>	22
2.1.1.1 Werking	22
2.1.1.2 Klimatologische gevolgen	24
2.1.1.3 Economische gevolgen	25
<i>2.1.2 Kyoto Protocol</i>	26
2.1.2.1 Inhoud	26
2.1.2.2 Post Kyoto	26
<i>2.1.3 Fossiele Brandstofreserves</i>	27
<i>2.1.4 Energieprijzen</i>	28
2.2 Schaarre materialen en gigantische afvalberg	28
2.3 Tekort aan beschikbaar zoetwater	29
2.4 Bouwgrondschaarste	30
2.5 Samenvatting	32
HOOFDSTUK 3: HET BEGRIP DUURZAAM BOUWEN	33
<hr/>	
3.1 Proces	33
3.2 Omgeving	34
3.3 Welzijn	35
3.4 Energie	36

3.4.1	<i>Compactheid</i>	36
3.4.2	<i>Oriëntatie</i>	36
3.4.3	<i>Isolatie</i>	37
3.4.3.1	Parameters aangaande de isolatiekwaliteit	37
A.	<u>λ-waarde</u>	37
B.	<u>R-waarde</u>	38
C.	<u>U-waarde</u>	38
D.	<u>K-peil</u>	38
3.4.3.2	Aandachtspunten bij plaatsing	38
A.	<u>Voldoende dikte</u>	38
B.	<u>Luchtdicht</u>	38
C.	<u>Winddicht</u>	39
D.	<u>Koudebrug</u>	39
3.4.3.3	Keuze van het isolatiemateriaal	39
A.	<u>Vloerisolatie</u>	39
B.	<u>Muurisolatie</u>	40
C.	<u>Dakisolatie</u>	40
D.	<u>Raamprofielen en beglazing</u>	40
3.4.4	<i>Ventilatie</i>	42
3.4.4.1	Systeem A: natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer	43
3.4.4.2	Systeem B: mechanische toevoer en natuurlijke afvoer	43
3.4.4.3	Systeem C: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer	44
3.4.4.4	Systeem D: mechanische toevoer en mechanische afvoer	44
3.4.5	<i>Verwarmingsinstallaties</i>	44
3.4.6	<i>Hernieuwbare energie</i>	46
3.4.6.1	Zonne-energie	46
A.	<u>Zonneboiler</u>	46
B.	<u>Fotovoltaïsche zonnepanelen</u>	46
3.4.6.2	Warmtepomp	47
3.4.7	<i>Gedrag van de inwoners</i>	47
3.5	Water	47
3.5.1	<i>Hemelwater</i>	48
3.5.1.1	Infiltratie	48
3.5.1.2	Buffering	49
3.5.2	<i>Afvalwater</i>	49
3.5.3	<i>Sanitair warm water</i>	50
3.5.4	<i>Gedrag van de inwoners</i>	50
3.6	Materialen	50
3.7	Samenvatting	51

4.1 Energieprestatieregelgeving	53
4.1.1 <i>EPB-eisen</i>	53
4.1.1.1 Thermische isolatie-eisen	54
4.1.1.2 Energieprestatie-eisen	54
4.1.1.3 Binnenklimaat-eisen	55
4.1.2 <i>Energieprestatiecertificaat</i>	56
4.1.3 <i>Controles en boetes</i>	56
4.2 Liberalisering van de energiemarkt	58
4.3 Gemeentelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten	58
4.4 Financiële steunmaatregelen	59
4.4.1 <i>Belastingvermindering</i>	59
4.4.1.1 Installatie van een zonneboiler	60
4.4.1.2 Plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen	60
4.4.1.3 Installatie van een geothermische warmtepomp	60
4.4.1.4 Plaatsing van hoogrendementsbeglazing of superisolerende beglazing	61
4.4.1.5 Aanbrengen van dakisolatie	61
4.4.1.6 Installatie van thermostatische kranen op radiatoren of een kamerthermostaat met tijdschakeling	61
4.4.2 <i>Groenestroomcertificaten</i>	61
4.4.3 <i>Terugdraaiende kilowattuurmeter</i>	63
4.4.4 <i>Premies van netbeheerders</i>	63
4.4.5 <i>Gewestelijke subsidies</i>	64
4.4.6 <i>Provinciale subsidies</i>	64
4.4.7 <i>Steun van de gemeente</i>	65
4.4.8 <i>Samenvatting</i>	65

5.1 Eigenschappen	67
5.1.1 <i>Optiek van de ganse economische gemeenschap</i>	67
5.1.2 <i>Omrekening in geldeenheden</i>	67
5.1.3 <i>Bepaling van een kosten-batensaldo</i>	67
5.2 Methodologische grondslagen	68
5.2.1 <i>Pareto-criterium en Kaldor-Hicks criterium</i>	68
5.2.2 <i>Meetbare effecten en het concept betalingsbereidheid</i>	68
5.2.3 <i>Onmeetbare effecten en 'intangibles'</i>	70
5.3 Praktische uitvoering	70

5.3.1	<i>Projectdefinitie en bepaling van de relevante populatie</i>	70
5.3.2	<i>Identificatie van de projecteffecten</i>	71
5.3.2.1	Directe effecten	71
5.3.2.2	Indirecte effecten	71
5.3.2.3	Externe effecten	72
5.3.3	<i>Raming van de kosten en de baten</i>	72
5.3.4	<i>Verdiscontering van de kosten en de baten</i>	72
5.3.5	<i>Vergelijking van de verdisconteerde kosten en baten</i>	73
5.3.5.1	Terugverdientijd	73
5.3.5.2	Netto Contante Waarde (NCW)	74
5.3.5.3	Verdisconteerde Terugverdientijd	74
5.3.5.4	Interne Opbrengstvoet (IOV)	74

HOOFDSTUK 6: GEVALSTUDIE **75**

6.1	Duurzaamheid van de voorbeeldwoning	75
6.1.1	<i>Proces</i>	75
6.1.2	<i>Omgeving</i>	76
6.1.3	<i>Welzijn</i>	76
6.1.4	<i>Energie</i>	77
6.1.5	<i>Materialen</i>	78
6.1.6	<i>Water</i>	78
6.2	Vergelijking van de voorbeeldwoning en de conventionele woning	78
6.2.1	<i>Ruwbouw</i>	81
6.2.2	<i>Rioleringswerken</i>	83
6.2.3	<i>Dak- en timmerwerken</i>	84
6.2.4	<i>Buitenschrijnwerk</i>	89
6.2.5	<i>Pleisterwerken</i>	90
6.2.6	<i>Verwarming</i>	91
6.2.7	<i>Samenvatting van de kosten</i>	91
6.3	Vergelijking van het E-peil en het energieverbruik	92
6.3.1	<i>Berekening van het E-peil</i>	92
6.3.2	<i>Vergelijking van het energieverbruik</i>	93
6.4	Economische analyse	94
6.4.1	<i>Assumpties</i>	94
6.4.1.1	Gebruiksduur	94
6.4.1.2	Discontovoet	95
6.4.1.3	Aardgastarief	96
6.4.2	<i>Analyse van E62-woning met als referentie E85-project</i>	97

6.4.2.1	Financiële analyse zonder financiële steunmaatregelen	97
6.4.2.2	Financiële analyse met financiële steunmaatregelen	98
6.4.2.3	Kosten-batenanalyse	100
6.4.3	<i>Analyse van E72-woning met als referentie E85-project</i>	102
6.4.3.1	Financiële analyse	102
6.4.3.2	Kosten-batenanalyse	103
6.4.4	<i>Analyse van E62-woning met als referentie E94-project</i>	105
6.4.4.1	Financiële analyse zonder financiële steunmaatregelen	105
6.4.4.2	Financiële analyse met financiële steunmaatregelen	106
6.4.4.3	Kosten-batenanalyse	107
6.4.5	<i>Analyse van E72-woning met als referentie E94-project</i>	108
6.4.5.1	Financiële analyse	108
6.4.5.2	Kosten-batenanalyse	109
6.4.6	<i>Zonneboiler</i>	111
6.4.6.1	Financiële analyse zonder financiële steunmaatregelen	111
6.4.6.2	Financiële analyse met financiële steunmaatregelen	112
6.4.6.3	Kosten-batenanalyse	112
6.4.7	<i>Isolatie</i>	113
6.4.7.1	Financiële analyse	113
6.4.7.2	Kosten-batenanalyse	114
6.4.8	<i>Samenvatting</i>	115

HOOFDSTUK 7: HUIDIGE KNELPUNTEN EN TOEKOMSTVISIE	118
---	------------

HOOFDSTUK 8: BESLUIT	122
-----------------------------	------------

Bibliografie

Bijlagen

LIJST MET FIGUREN

Figuur 1:	Het broeikaseffect
Figuur 2:	Samenhang tussen ingrepen, daardoor optredende effecten en uiteindelijke milieuproblemen
Figuur 3:	Verschillende aspecten van duurzaam bouwen
Figuur 4:	Berekeningsmethode van het E-peil
Figuur 5:	De vraagcurve en het consumentensurplus
Figuur 6:	De aanbodcurve en het producentensurplus
Figuur 7:	Aansluiting van het metselwerk op volle grond a) met een koudebrug en b) zonder een koudebrug door de Perinsul-blok
Figuur 8:	Dakopbouw

LIJST MET GRAFIEKEN

Grafiek 1:	Uitstoot van CO ₂ , in miljoen ton per jaar, door gebruik van fossiele brandstoffen gedurende de periode 1830-2005 in België
Grafiek 2:	Verandering van de jaargemiddelde temperatuur in Ukkel gedurende de periode 1830-2004
Grafiek 3:	Evolutie van de bouwgrondprijs in Vlaanderen in euro per m ² per arrondissement
Grafiek 4:	Verdeling naar aard van bebouwing
Grafiek 5:	Evolutie van de renovatie- en nieuwbouwactiviteit in Vlaanderen, in aantal verleende bouwvergunningen
Grafiek 6:	NCW-profiel van de laag-energiewoning met als referentie een E85-project a) inclusief zonneboiler (E62) en b) exclusief zonneboiler (E72)
Grafiek 7:	NCW-profiel van de laag-energiewoning met als referentie een E94-project a) inclusief zonneboiler (E62) en b) exclusief zonneboiler (E72)

LIJST MET TABELLEN

Tabel 1:	Bevolkingsvooruitzichten 2000-2050
Tabel 2:	Evolutie van het aantal inwoners en het aantal huishoudens in Vlaanderen
Tabel 3:	Jaarlijkse gemiddelde energieprijzen
Tabel 4:	Gemiddelde waterbeschikbaarheid, in m ³ per jaar en per inwoner
Tabel 5:	Verkopen van bouwgronden in België
Tabel 6:	Isolatiematerialen
Tabel 7:	U-, Zta- en Lta-waarden van beglazing
Tabel 8:	U-waarden schrijnwerk in W/m ² K

Tabel 9:	Verschillende types silicium
Tabel 10:	Afvalwaterbehandeling
Tabel 11:	U-waardes van constructiedelen
Tabel 12:	Overzicht van mogelijke boetes betreffende de EPB-aangifte
Tabel 13:	Gegevens van de verhandelde groenestroomcertificaten per inleveringsronde
Tabel 14:	Financiële steunmaatregelen bij een nieuwbouwproject (aanslagjaar 2008)
Tabel 15:	Vergelijking van de kostprijs voor tegels en parket
Tabel 16:	Gemiddelde minimum- en maximumrichtprijzen voor sanitaire toestellen
Tabel 17:	Vergelijking van de materiaalkosten voor binnenschrijnwerk
Tabel 18:	Vergelijking van de ruwbouw
Tabel 19:	Vergelijking van de rioleringswerken
Tabel 20:	Vergelijking van de dak- en timmerwerken
Tabel 21:	Vergelijking van het buitenschrijnwerk
Tabel 22:	Vergelijking van de pleisterwerken
Tabel 23:	Vergelijking van de verwarming
Tabel 24:	Meerkosten voor de laag-energiewoning
Tabel 25:	Vergelijking van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik
Tabel 26:	Herinvestering in installaties anno 2027
Tabel 27:	Beschouwde discontovoeten
Tabel 28:	Componenten van het doorsnee aardgastarief voor een gemiddeld Vlaams gezin in €c/kWh in 2007, gewogen ten aanzien van het marktaandeel van de leveranciers en de grootte van het netgebied
Tabel 29:	Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse exclusief steunmaatregelen van de E62-woning t.o.v. een E85-project
Tabel 30:	Financiële steunmaatregelen
Tabel 31:	Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse inclusief steunmaatregelen van de E62-woning t.o.v. een E85-referentie
Tabel 32:	Componenten van aardgas na verbranding en de bijbehorende milieukosten
Tabel 33:	Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E62-woning t.o.v. een E85-referentie
Tabel 34:	Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse van de E72-woning t.o.v. een E85-referentie
Tabel 35:	Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E72-woning t.o.v. een E85-referentie
Tabel 36:	Prijscorrectie voor de E94-referentiewoning
Tabel 37:	Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse exclusief steunmaatregelen van de E62-woning t.o.v. een E94-project
Tabel 38:	Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse inclusief steunmaatregelen van de E62-woning t.o.v. een E94-project

- Tabel 39: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E62-woning t.o.v. een E94-project
- Tabel 40: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse van de E72-woning t.o.v. een E94-project
- Tabel 41: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E72-woning t.o.v. een E94-project
- Tabel 42: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse exclusief steunmaatregelen van de zonneboiler
- Tabel 43: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse inclusief steunmaatregelen van de zonneboiler
- Tabel 44: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de zonneboiler
- Tabel 45: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse van de E85-woning t.o.v. een E94-project
- Tabel 46: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E85-woning t.o.v. een E94-project
- Tabel 47: Samenvatting van de resultaten van de economische analyse van de voorbeeldwoning, met en zonder zonneboiler
- Tabel 48: Samenvatting van de resultaten van de economische analyse van de zonneboiler en de extra isolatie

LIJST MET AFKORTINGEN

AMINAL	Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer (van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap)
ANRE	Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap) nu omgevormd tot Vlaams Energieagentschap (VEA)
A _T	Warmteverliesoppervlakte
BBL	Bond Beter Leefmilieu
CeDuBo	Centrum Duurzaam Bouwen
CIFFUL	Centre interdisciplinaire de Formation de Formateurs de l'Université de Liège
COP	Coefficient of Performance (winstfactor)
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
CREG	Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas
EEA	European Environment Agency
EPA	U.S. Environment Protection Agency
EPB	Energieprestatie- en Binnenklimaateisen
FOD Financiën	Federale Overheidsdienst Financiën
FSC	Forest Stewardship Council
GHA	Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen
GSC	Groenestroomcertificaat
GvO	Garantie van Oorsprong
GWP	Global Warming Potential
IOV	Interne Opbrengstvoet
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change
KMI	Koninklijk Meteorologisch Instituut
L _{ta}	Lichttransmissiepercentage
MINA	Milieu- en Natuurraad van Vlaanderen
MIRA	Milieu- en natuurrapport Vlaanderen
NBB	Nationale Bank van België
NCW	Netto Contante Waarde
ODE-Vlaanderen	Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen
OLO	Obligation Linéaire / Lineaire Obligatie
OVAM	Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij
PBE	Provinciale Brabantse Energiemaatschappij
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification
REG	Rationeel Energiegebruik
RWG	Rationeel Watergebruik

RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
UNEP	United Nations Environment Programme
V	Beschermd volume
VCB	Vlaamse Confederatie Bouw
VIBE	Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen en Wonen
viWTA	Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek
VIZO	Vlaams Instituut voor Zelfstandig Ondernemen
VMM	Vlaamse Milieumaatschappij
VMW	Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening
VREG	Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits- en Gasmarkt
Wadi	Water Drainage en Infiltratie
W.I.B. 1992	Wetboek van de inkomstenbelastingen 1992
WMO	World Meteorological Organization
Zta	Zonnetransmissiepercentage

LIJST MET EENHEDEN EN VOORVOEGSELS

°C	graden Celsius
a	are (= 100 m ²)
J	Joule (= N*m)
K	Kelvin
kWh	kilowattuur (1 kWh = 3 600 000 J = 3,6 MJ)
l	liter
lm	lopende meter
m	meter
m ²	vierkante meter
m ³	kubieke meter
N	Newton
ppb	deeltjes per miljard (parts per billion)
ppm	deeltjes per miljoen (parts per million)
s	seconde
W	Watt (= J/s)
m (10 ⁻³)	milli
c (10 ⁻²)	centi
k (10 ³)	kilo
M (10 ⁶)	mega

LIJST MET SCHEIKUNDIGE SYMBOLEN

CG	Cellenglas
CO	Koolstofmonoxide
CO ₂	Koolstofdioxide
CH ₄	Methaan
EPS	Geëxpandeerd polystyreenschuim
HCN	Cyaanwaterstof / Blauwzuurgas
HFK	Gehalogeneerd fluorkoolwaterstof
MW	Minerale wol
NaCl	Natriumchloride / keukenzout
NO _x	Stikstofoxiden
N ₂ O	Distikstofoxide / lachgas
PAK	Polycyclisch aromatisch koolwaterstof
PE	Polyethyleen
PFK	Perfluorkoolwaterstof
PIR	Polyisocyanuraat
PM	Vaste deeltjes
PPC	Polypropeencopolymeer
PUR	Polyurethaan
PVC	Polyvinylchloride
SF ₆	Zwavelhexafluoride
SO ₂	Zwavedioxide
VOC	Vluchtige organische componenten
XPS	Geëxtrudeerd polystyreenschuim

HOOFDSTUK 1: INLEIDING

1.1 Probleemstelling

Steeds vaker heeft België te kampen met extreme weersomstandigheden met drastische klimatologische en economische gevolgen. Het broeikaseffect en het gerelateerde Kyoto-protocol zijn niet meer uit de nieuwsberichten weg te slaan. Bovendien dreigen de fossiele brandstoffen, die aan de bron van deze problemen liggen, in de nabije toekomst ook uitgeput te geraken. Hierdoor verhoogt de druk op de energieprijzen. (Aernouts et al., 2005) De toename van het aantal gezinnen oefent overigens in Vlaanderen nog een bijkomende negatieve invloed uit op deze energieproblematiek (Couder et al., 2005). Grote vervuilers, zoals de industrie en de transportsector, nemen reeds verschillende initiatieven om de uitstoot te reduceren. Om de broeikasgasemissies nog sterker terug te dringen, moeten ook de Vlaamse huishoudens een aanzienlijke inspanning leveren. (Broeckx et al., 2006)

Ook op vlak van materialen teisteren tekorten de samenleving meer en meer. Vooral metalen zoals lood en zink zijn naar schatting nog slechts 1 tot 2 decennia ter beschikking. Zelfs materialen zoals hout en klei groeien momenteel trager aan dan dat ze gewonnen worden. (Alberts en van den Dobbelen, 2001) Bovendien blijkt dat de uitputting van deze materialen op wereldschaal hoofdzakelijk toe te schrijven is aan de bouwsector (Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen en Wonen (VIBE), 2005).

Verder heerst er tevens een grote onzekerheid over de toekomst van leidingwater. Voor de productie hiervan is wereldwijd immers slechts 0,3% van de totale hoeveelheid water beschikbaar. (Belgacqua, 2005) Ook Vlaanderen wordt steeds vaker geconfronteerd met dit probleem door het dalend verloop van de grondwaterlagen en de verminderde kwaliteit van zowel het grond- als het oppervlaktewater (D'hont et al., 2006). Vermits de Vlaamse huishoudens bovendien verantwoordelijk zijn voor 60% van dit leidingwaterverbruik, moeten vooral zij nagaan hoe er zuiniger mee om te springen (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2004).

Ook inzake ruimte bestaat er tenslotte schaarste in Vlaanderen. Het tekort aan beschikbare bouwgronden leidt tot forse prijsstijgingen. Financiële restricties dwingen doorgaans de particulier dus om op zoek te gaan naar kleinere percelen of over te schakelen naar de secundaire markt van bestaande huizen (Vlaamse Confederatie Bouw (VCB), 2005).

In het kader van bovenstaande problemen maakt het concept duurzaam bouwen steeds meer zijn opgang in diverse media. Gezien het beduidende aandeel van de Vlaamse huishoudens in elk van deze kwesties, lijkt immers een wijziging van de traditionele bouwcultuur onvermijdelijk. In deze problemen vervult de maatschappij uiteraard ook een cruciale rol.

1.2 Onderzoeksvragen

Het succes van duurzaam bouwen hangt echter in eerste instantie af van de rendabiliteit ervan voor zowel de eigenaars van een bouwproject als de samenleving. Een particulier investeert immers doorgaans slechts indien hij de garantie heeft dat het op termijn winst oplevert. Ook vanuit de maatschappij is het essentieel om te bekijken of het wel loont om aandacht aan duurzame bouwtechnieken te besteden. Aan de basis van deze thesis ligt dus de volgende centrale onderzoeksvraag:

"Is duurzaam bouwen economisch-financieel haalbaar voor de particulier en economisch rendabel voor de maatschappij?"

Om deze vraag grondig te exploreren, is het noodzakelijk om eerst een aantal andere zaken te verduidelijken. Hieronder volgt een korte toelichting bij de gestelde deelvragen.

De term duurzaam bouwen is momenteel heel populair. Toch weet de doorsnee particulier niet wat dit concept concreet omvat (VCB, 2005). Om te kunnen determineren of duurzaam bouwen al dan niet rendeert, is het uiteraard elementair om in eerste instantie te bepalen uit welke aspecten dit begrip precies bestaat. De **eerste deelvraag** luidt dus: ***Wat houdt de term duurzaam bouwen precies in?***

De wetgeving voert ook steeds meer normen in wat betreft de woningbouw. Deze thesis gaat na welke duurzame bouwtechnieken aan de burger reeds worden opgelegd als gevolg van de huidige wetgeving. De **tweede deelvraag** klinkt als volgt: ***Op welke manier draagt de huidige wetgeving bij tot duurzaam bouwen?***

Vanuit verschillende hoeken wordt de Vlaming anno 2007 aangemoedigd om duurzame technieken te implementeren. De financiële tegemoetkomingen beogen vanzelfsprekend de rendabiliteit van deze duurzame maatregelen voor de particulier te verhogen. In het licht van de centrale onderzoeksvraag is het van fundamenteel belang om nauwkeurig te bepalen welke bouwtechnieken financieel ondersteund worden. De **derde deelvraag** is bijgevolg: ***Welke financiële steunmaatregelen stimuleren de particulier om duurzamer te bouwen?***

De mate waarin het concept duurzaam bouwen positief inspeelt op de verschillende tekorten die aangekaart zijn in de probleemstelling, beïnvloedt uiteraard ook de economische haalbaarheid ervan. Een besparing op vlak van energiekosten, waterverbruik, materiaalkosten of ruimte resulteert immers in een gunstig effect voor zowel de particulier als de maatschappij. Als **vierde deelvraag** onderzoekt deze thesis het volgende: ***Op welke manier kan duurzaam bouwen bijdragen tot een beperking van:***

- a) het huishoudelijk energieverbruik?**
- b) de consumptie van bouwmaterialen?**
- c) het huishoudelijk leidingwaterverbruik?**
- d) de bouwgrondproblematiek?**

Tenslotte bestaan er momenteel nog een aantal factoren die een grote doorbraak van het concept duurzaam bouwen in de weg staan. Bepaalde storingselementen oefenen hierbij bovendien een directe of indirecte invloed uit op de rendabiliteit van duurzame bouwtechnieken. Zodoende brengt deze thesis de huidige obstakels in kaart. De **vijfde deelvraag** luidt dus: **Welke belemmeringen vormen anno 2007 een bedreiging voor het succes van duurzaam bouwen?**

Het onderzoek focust zich bij deze vragen op de bouwtechnische toepassingen en installaties van een woning. Deze thesis maakt echter abstractie van het gebruik van elektrische apparaten en het gedrag van de eigenaars vermits beide factoren te onvoorspelbaar zijn. Verder ligt de nadruk op bouwprojecten in het Vlaams Gewest doordat de financiële steunmaatregelen en de reductiedoelstellingen aangaande het Kyoto Protocol sterk variëren per gewest. Gezien de modale Vlaming bovendien een nieuwbouwwoning boven een renovatieproject verkiest, spitst dit onderzoek zich toe op nieuwbouwhuizen (VCB, 2005).

1.3 Methodologie

Het onderzoek vangt aan met een grondige literatuurstudie. Op basis hiervan gaat **hoofdstuk 2** dieper in op de geformuleerde probleemstelling. In het licht van deelvraag 5 en om het concept duurzaam bouwen beter te kaderen, is het belangrijk om in eerste instantie elk van de vermelde macro-economische problemen beter te doorgronden.

Vervolgens verduidelijkt **hoofdstuk 3** aan de hand van diverse literatuurbronnen welke componenten het begrip duurzaam bouwen precies bevat. Het onderzoek onderscheidt hierbij zes grote onderdelen van deze term (namelijk proces, omgeving, welzijn, energie, water en materialen) waarna elke rubriek afzonderlijk uitgediept wordt. Dit hoofdstuk benadert duurzaam bouwen veeleer vanuit het technisch perspectief.

Gebaseerd op een juridische literatuurstudie, biedt **hoofdstuk 4** een overzicht van de actuele wettelijke bepalingen die een positieve invloed uitoefenen op de duurzaamheid van een bouwproject. Vooral de energieprestatieregeling, van kracht sinds 1 januari 2006, staat hierbij centraal. Deze wet herdefinieert het wettelijke kader aangaande energiezuinigheid van een woning. Verder gaat dit hoofdstuk in op de beschikbare financiële steunmaatregelen voor duurzame bouwtechnieken. Vanuit verschillende instanties wordt nagegaan welke tegemoetkomingen de particulier hiervoor anno 2007 kan aanvragen.

Als aanloop naar het hoogtepunt van deze eindverhandeling, een kosten-batenanalyse van een duurzaam bouwproject, geeft **hoofdstuk 5** een synopsis van de werken van enkele gerenommeerde auteurs betreffende deze analysemethode. Hierbij ligt de nadruk op een aantal belangrijke eigenschappen en methodologische grondslagen.

De gevalstudie in **hoofdstuk 6** ondersteunt de voorgaande theoretische hoofdstukken en laat toe praktijkgericht te werken. Deze studie vergelijkt een bestaande duurzame woning met een fictief omgebouwd minder duurzaam project. Aan de hand van een financiële en een kosten-batenanalyse gaat deze eindverhandeling vervolgens de rendabiliteit van de vereiste extra investering voor het meer duurzame huis na. Daarna wordt nader bekeken welke investeringen vanuit het standpunt van de eigenaars en van de maatschappij vooral interessant zijn en welke niet.

Vermits de berekeningen in de gevalstudie slechts gebaseerd zijn op één bestaande woning, kunnen de resultaten ervan niet zomaar veralgemeend worden. Om de bekomen uitkomsten te toetsen aan de Vlaamse bouwsector, volgt in **hoofdstuk 7** een samenvatting van drie half-structureerde interviews. Aan de hand van de kennis van deskundigen wordt hierbij nagegaan of de resultaten van hoofdstuk 6 de algemene tendensen op de markt al dan niet bevestigen. De keuze van de bevoorrechte getuigen beoogt een analyse vanuit verschillende perspectieven. De geïnterviewden zijn:

- *De heer Berthold Simons, directeur van Centrum Duurzaam Bouwen*
- *Mevrouw Griet Verbeeck, doctor ingenieur-architect*
- *De heer Marc Dillen, directeur van de Vlaamse Confederatie Bouw*

Verder peilen deze interviews naar hun professionele visie over de huidige knelpunten van duurzaam bouwen en over de toekomstperspectieven ervan. Tot slot vat **hoofdstuk 8** de conclusies van dit onderzoek samen.

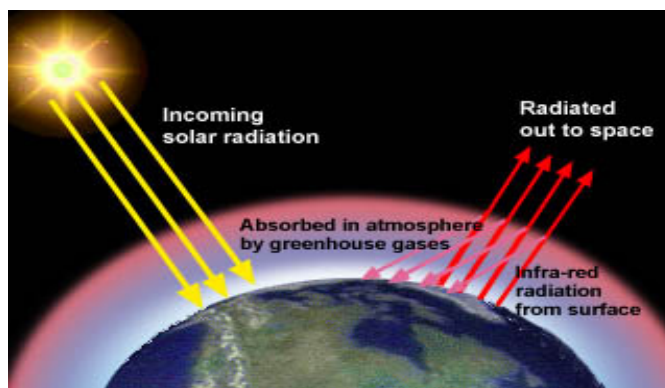
HOOFDSTUK 2: MACRO-ECONOMISCH KADER

2.1 Energieproblematiek

De hittegolf tijdens de zomer van 2003¹ kostte in België aan 1.258 tot 1.297 mensen het leven (Sartor, 2004 in Boeckx et al., 2006). In 2006 scoorde dit land met 940 hittedoden tijdens de maand juli zelfs een vijfde plaats op de wereldwijde rangschikking van grootste natuurrampen (Verenigde Naties, 2007). Verder raamt het Centre for Research on the Epidemiology of Disasters² (CRED, 2007) de kosten van het krachtig stormweer van 18 januari 2007 op 129.655 dollar voor België. Extreme weersomstandigheden met zowel klimatologische als economische consequenties treden dus duidelijk steeds vaker op tengevolge van het beruchte broeikas effect. De volgende aminea's gaan hier dieper op in.

2.1.1 Broeikas effect

2.1.1.1 Werking



Figuur 1: Het broeikas effect (United Nations Environment Programme (UNEP), 2007)

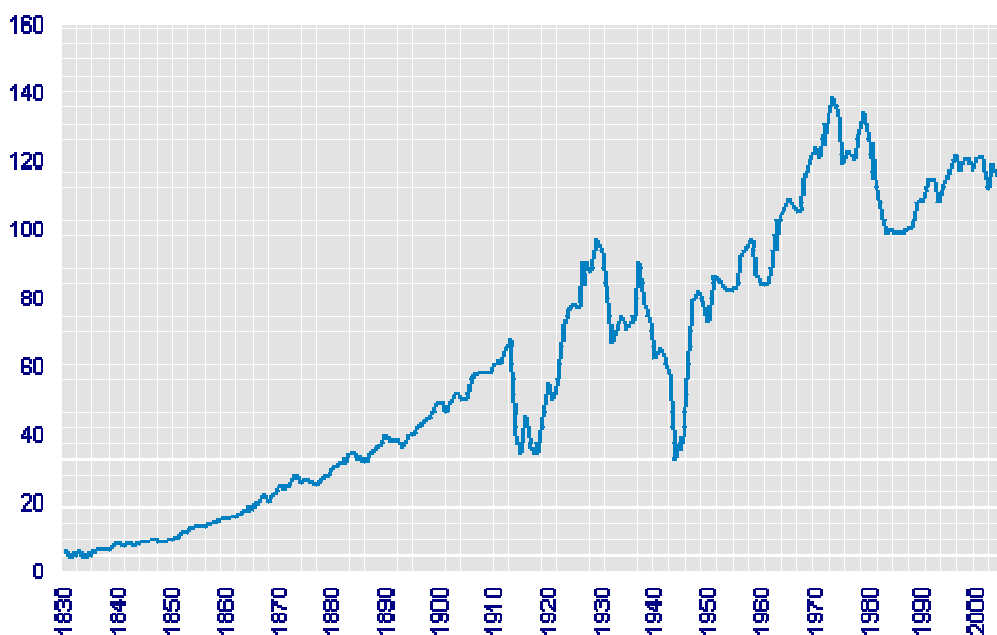
Zoals bovenstaande figuur duidelijk maakt, zijn er in de atmosfeer broeikasgassen aanwezig die invallende zonnestrallen doorlaten maar de teruggekaatste straling van het opgewarmde aardoppervlak gedeeltelijk absorberen. (Buijsman, 2004) Een aantal atmosferische gassen zorgen zo voor het natuurlijke broeikas effect waaraan het leven op aarde zijn bestaan dankt (Harwood et al., 2006). Als dit natuurlijke effect niet zou bestaan, zou de gemiddelde temperatuur op aarde slechts -18°C bedragen (Alexander en Boyle, 2004). Boeckx et al. (2006) geven vervolgens aan dat de mens de laatste 100 jaar grote additionele hoeveelheden broeikasgassen in de atmosfeer geloosd heeft. Deze verhoogde concentratie versterkt momenteel het natuurlijke broeikas effect waardoor de gemiddelde aardtemperatuur verhoogt.

¹ Tijdens de zomer van 2003 teisterde de warmste hittegolf sinds 500 jaar gans Europa (Foley et al., 2005).

² Het Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, of kortweg CRED, is een onderdeel van de universiteit van Louvain-la-Neuve (CRED, 2007).

Buijsman (2004) onderscheidt koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) als de belangrijkste broeikasgassen. Aan de hand van de Global Warming Potential (GWP) is het mogelijk om de emissies van deze verschillende broeikasgassen met elkaar te vergelijken (Couder et al., 2005). De GWP geeft namelijk het relatieve vermogen van een atmosferisch gas voor opwarming van het klimaat weer in verhouding tot CO₂. Om de uitstoot van een bepaald broeikasgas uit te drukken als een CO₂-equivalente emissie, wordt de reële uitstoot van het gas vermenigvuldigd met zijn GWP. Zo staat bijvoorbeeld de reductie van één ton methaanemissie gelijk aan de reductie van 23 ton CO₂-uitstoot. De GWP bedraagt bijgevolg 23 voor methaan. (Boeckx et al., 2006)

Koolstofdioxide komt vooral vrij bij de verbranding van fossiele brandstoffen, bij ontbossing en bij de productie van cement (Boyle, 2003; Ruddiman, 2005 en Socolow, 2005). CO₂ heeft bovendien een lange atmosferische verblijfstijd die varieert van 5 tot 200 jaar (Boeckx et al., 2006). Zelfs als de mens er in slaagt om de koolstofdioxide-emissies te reduceren, vergt het dus veel tijd voor de concentraties ervan in de atmosfeer dalen (Cole et al., 2000). Op wereldschaal nam het gehalte aan CO₂ echter toe van 280 ppm³ voor het industriële tijdperk naar 397 ppm in 2005 (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007a). Grafiek 1 toont aan dat ook in België deze stijgende trend waarneembaar is. In Vlaanderen vormt koolstofdioxide met een aandeel van 85% in de totale broeikasgasemissies overigens het belangrijkste broeikasgas. In 2004 waren de Vlaamse huishoudens verantwoordelijk voor 18% van deze CO₂-uitstoot. (Boeckx et al, 2006)



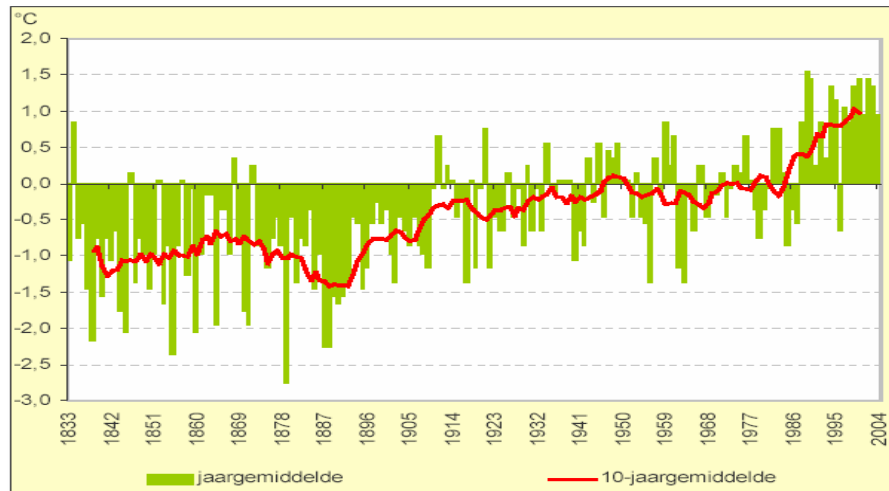
Grafiek 1: Uitstoot van CO₂, in miljoen ton per jaar, door gebruik van fossiele brandstoffen gedurende de periode 1830-2005 in België (Statistics Belgium, 2006)

³ Ppm of parts per million geeft de ratio van het aantal moleculen broeikasgas tot de totale hoeveelheid moleculen droge lucht (IPCC, 2007a).

Boeckx et al. (2006) merken op dat ook het broeikasgas methaan vrijkomt bij de verbranding van fossiele brandstoffen. Verder is CH₄-uitstoot mogelijk bij het vrijzetten van aardgas uit diepe aardlagen, het storten van afval, de veeteelt en rijstvelden. Ook de concentratie van dit gas steeg wereldwijd drastisch, namelijk van 715 ppb⁴ voor de industriële revolutie naar 1.774 ppb in 2005 (IPCC, 2007a). De atmosferische verblijfstijd van methaan bedraagt bovendien gemiddeld 12 jaar. Lachgas, met een GWP van 296, bezit daarentegen een lange atmosferische verblijfstijd van gemiddeld 114 jaar. N₂O is trouwens vooral afkomstig van industriële processen, verbranding van biomassa, veeteelt en kunstmest. (Boeckx et al., 2006) Lachgas kent op wereldschaal een stijging van 270 ppb in de pré-industriële fase naar 319 ppb in 2005 (IPCC, 2007a).

2.1.1.2 Klimatologische gevolgen

Alexander en Boyle (2004) geven aan dat broeikasgassen gedurende de 20^{ste} eeuw reeds een temperatuurstijging van 0,6°C veroorzaakten. Grafiek 2 maakt duidelijk dat in België gedurende de periode 1833-2004 ook een stijgende trend geconstateerd werd. Tegen het einde van de 21^{ste} eeuw verwacht het Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC, 2001 in Leemans, 2003) zelfs een gemiddelde temperatuurstijging van 1,4 à 5,8°C.



Grafiek 2: Verandering van de jaargemiddelde temperatuur⁵ in Ukkel gedurende de periode 1833-2004 (Koninklijk Meteorologisch Instituut (KMI), 2005 in Boeckx et al., 2006)

⁴ Ppb of parts per billion geeft het aantal moleculen broeikasgas weer in verhouding tot een miljard moleculen droge lucht (IPCC, 2007a).

⁵ De jaargemiddelde temperatuur geeft de afwijking tot de gemiddelde temperatuur tijdens de periode 1961-1990 weer. Het tienjarig voortschrijdend gemiddelde wordt berekend door voor ieder jaar het gemiddelde te bepalen van de temperaturen in de vijf voorafgaande jaren, het jaar zelf en de vier nakomende jaren. Zo is de 10-jaargemiddelde temperatuur voor 1999 gebaseerd op de temperaturen van 1994 tot 2003. (Boeckx et al., 2006)

Cyranoski (2005) stelt dat het smelten van de ijskappen één van de duidelijkste bewijzen is van het versterkte broeikaseffect. Deze smelting en de thermische expansie van het zeewater veroorzaken bovendien een stijging van de zeespiegel. Het zeeniveau neemt wereldwijd namelijk toe met gemiddeld 1,8 mm per jaar sinds 1950 en met ongeveer 3 mm per jaar sinds 1990. (Cazenave, 2005) Aan de Belgische kust toonde metingen in Oostende gedurende de periode 1937-2004 een gemiddelde stijging van 1,7 mm per jaar (Boeckx et al., 2006). Tegen het einde van de 21^{ste} eeuw zal de zeespiegel wereldwijd naar schatting zelfs 20 tot 70 cm verhogen (Leemans, 2003). Verder hebben de temperatuurstijgingen ook een toenemende verdamping van water tot gevolg waardoor de intensiteit en de frequentie van de regenbuien toeneemt (IPCC, 2007b).

De stijging van het zeeniveau en de zware regenval zorgen vervolgens voor een verhoogd risico op overstromingen. Deze vormen momenteel zelfs de meest voorkomende natuurramp in Europa. Tijdens de periode 1993-2003 werden er hierdoor in Europa 417.000 personen dakloos en vielen er 1.940 doden. (Boeckx et al., 2006) Bovendien kunnen overstromingen enorme schade veroorzaken aan huizen in overstromingsgebieden (Nixon et al., 2000). Boeckx et al. (2006) merken op dat in Vlaanderen in totaal een oppervlakte van 71.390 ha een actueel risico op overstromingen bevat.

In de zomer kan extra waterverdamping daarentegen aanleiding geven tot grote, langdurige droogtes waardoor de beschikbaarheid van water vermindert. Bovendien zullen door de hoge temperaturen steeds meer warmtegerelateerde ziektes zoals o.a. malaria en gele koorts verspreiden. (Boyle et al., 2003) De komende 50 jaar kunnen op aarde overigens 15 tot 37% van de plant- en diersoorten verdwijnen omdat ze zich niet snel genoeg kunnen aanpassen aan de toenemende temperaturen (Boeckx et al., 2006).

Tenslotte merkt Socolow (2005) op dat deze voorspellingen uiteraard een bepaalde onzekerheid bevatten. Het is immers onmogelijk voor klimatologen om exact te bepalen hoe snel het zeeniveau zal stijgen, welke ecosystemen het gevoeligst zullen reageren op de klimatologische veranderingen en hoe dit de gezondheid van de mens zal beïnvloeden.

2.1.1.3 Economische gevolgen

De heer Stern, de economische adviseur van de Britse regering, verklaart in zijn rapport dat de wereldwijde kostprijs van het broeikaseffect meer dan 5.500 miljard euro bedraagt (De Standaard, 2006). Zo neemt bijvoorbeeld in de tropen het risico op verminderde opbrengsten van de landbouw en de veeteelt toe. Nochtans kan een temperatuurstijging in gematigde streken leiden tot hogere opbrengsten. De visserijsector kan bovendien in bepaalde landen problemen ondervinden omdat vissoorten migreren door klimatologische veranderingen. Al deze effecten beïnvloeden vervolgens de vestiging van bevolkingsgroepen. (Boeckx et al., 2006) Volgens de heer Stern zullen in de toekomst naar schatting 200 miljoen mensen op de vlucht moeten voor grote droogtes of

overstromingen (De Standaard, 2006). Boeckx et al. (2006) verklaren dat op deze manier ook de bouwsector en de dienstensector in bepaalde regio's onder druk komen te staan. Verder zullen de energiekosten van huishoudens toenemen omdat de eigenaars de woning in de zomer extra moeten afkoelen. Lovins (2005) merkt tenslotte op dat het sowieso goedkoper is om het broeikaseffect op te lossen dan om het te negeren. Het Kyoto Protocol speelt hier op in.

2.1.2 *Kyoto Protocol*

Na tien dagen te onderhandelen, ondertekenden leiders van de hele wereld op 11 december 1997 het Kyoto Protocol in de Japanse stad Kyoto (Hirono en Schröder, 2004). Het protocol trad vervolgens in werking na de ratificatie van 55 landen. Tot deze 55 landen moesten bovendien geïndustrialiseerde landen behoren met een gezamenlijke uitstoot in 1990 van minimum 55% van de totale uitstoot van al de geïndustrialiseerde landen tijdens dit jaar. (Boeckx et al., 2006) Op 16 februari 2005, 90 dagen na de ratificatie van Rusland, ging het Kyoto Protocol tenslotte officieel van kracht. In juli 2006 namen reeds 164 landen deel aan dit protocol. (European Environment Agency (EEA), 2006)

2.1.2.1 Inhoud

Het Kyoto Protocol handelt over zes soorten broeikasgassen, namelijk koolstofdioxide (CO₂), methaan (CH₄), lachgas (N₂O), onvolledig gehalogeneerde fluorkoolwaterstoffen (HFK's), perfluorkoolwaterstoffen (PFK's) en zwavelhexafluoride (SF₆) (Philibert, 2004). Het protocol heeft als doel dat geïndustrialiseerde landen hun CO₂-equivalente emissies tegen de periode 2008-2012 terugdringen tot 5,2% onder het niveau van 1990 (Manne en Richels, 1999). De reductiedoelstellingen variëren van land tot land. Het EEA (2002) verklaart dat de Europese Unie zich heeft verbonden tot een totale reductie van 8%. Via het Burden Sharing Agreement werd deze doelstelling achteraf verdeeld over de lidstaten. België verbindt zich meer bepaald tot een emissievermindering van 7,5% en dit opgesplitst per gewest. Het Vlaams Gewest streeft een reductie van 5,2% na. (Boeckx et al., 2006)

2.1.2.2 Post Kyoto

Het Kyoto Protocol kan wellicht slechts een kleine vermindering van het broeikaseffect tweebrengen maar kan absoluut niet leiden tot een stabiel klimaat. Dit protocol vormt slechts de basis voor een lang proces. In de toekomst zullen immers ook ontwikkelingslanden hun uitstoot moeten beperken. (Leemans, 2003) De Europese Unie heeft bovendien als doelstelling dat de temperatuur in de toekomst niet hoger dan 2°C mag stijgen boven het gemiddelde niveau van het pré-industriële tijdperk. Op lange termijn vereist dit waarschijnlijk een emissievermindering van zelfs 70% in verhouding tot het niveau van 1990. (Boeckx et al., 2006)

2.1.3 Fossiele Brandstofreserves

Jefferson (2005) duidt op de groeiende bezorgdheid over de toekomstige brandstofvoorraden. Fossiele brandstoffen zijn immers niet oneindig beschikbaar (Aernouts et al., 2005). Gegeven de huidige energieconsumptie, zijn er nog voorraden aan kolen voor ongeveer 200 jaar. De oliereserves kunnen naar schatting nog slechts 40 jaar energie leveren. De aardgasvoorraden bieden daarentegen momenteel de mogelijkheid om nog 60 jaar energie te verstrekken. Deze cijfers houden echter geen rekening met eventuele nieuwe ontdekkingen van reserves. Bovendien zijn deze getallen gebaseerd op het huidige energieverbruik maar dit zal waarschijnlijk ook een stijging ondervinden in de toekomst. (Boyle, 2003) Musser (2005) bevestigt dat een toenemende wereldbevolking wellicht een verhoging van het broeikas effect zal veroorzaken. Tegen 2050 zal volgens Cohen (2005) de wereldbevolking naar schatting 9,1 miljard inwoners tellen tegenover 6,5 miljard in 2005. Momenteel groeit de bevolking reeds met circa 74 à 76 miljoen personen per jaar. Deze bevolkingstoename vindt echter vooral plaats in minder ontwikkelde landen aangezien de geboortecijfers daar veel hoger liggen. Onderstaande tabel toont duidelijk dat de bevolking in het Vlaams Gewest niet zo sterk zal aangroeien in de toekomst. Vanaf 2030 zal de bevolking naar schatting zelfs dalen.

Tabel 1: Bevolkingsvooruitzichten 2000–2050 (Statistics Belgium, 2006)

	2000	2010	2020	2030	2040	2050
België	10.280.670	10.529.690	10.723.828	10.894.288	10.964.632	10.952.581
Vlaams Gewest	5.960.772	6.079.433	6.141.421	6.175.230	6.147.271	6.070.318

Migraties vanuit het Brussels Gewest en het buitenland liggen vooral aan de basis van de tijdelijke bevolkingsaangroei in het Vlaams Gewest. Deze stijging is slechts in beperkte mate het gevolg van een natuurlijke toename. Tabel 2 toont dat het aantal huishoudens in de periode 1990-2004 verhoudingsgewijs sterker is gestegen. Deze evolutie heeft bovendien een veel grotere energie-impact dan een bevolkingstoename. (Couder et al., 2006)

Tabel 2: Evolutie van het aantal inwoners en het aantal huishoudens in Vlaanderen (Couder et al., 2005)

	Aantal inwoners	Aantal huishoudens	Aantal personen per huishouden
1990	5.739.736	2.198.219	2,61
2004	6.016.024	2.480.108	2,43

2.1.4 Energieprijzen

De meerderheid van de oliereserves en de aardgasvoorraden bevindt zich in het Midden Oosten en in het noorden van Afrika. Ook Rusland beschikt over een hoeveelheid aardgasreserves. De kolenvoorraden lokaliseren zich echter vooral in Australië, China, Zuid-Afrika en de Verenigde Staten. Deze concentratie van schaarse fossiele brandstoffen heeft in het verleden al tot een aantal wereldcrisisen geleid zoals o.a. de Golfoorlog van 1990 tot 1991, de oliecrisis van 1973 en deze van 1979. Aanzienlijke prijsstijgingen kunnen in de toekomst boven vergelijkbare wereldconflicten veroorzaken. (Boyle, 2003) Onderstaande tabel bewijst dat in België deze stijging van de energieprijzen reeds merkbaar is. Door de uitputting van de fossiele brandstofreserves zullen deze prijzen overigens in de toekomst waarschijnlijk nog meer onder druk komen te staan.

Tabel 3: Jaarlijkse gemiddelde energieprijzen (Bewerkte versie uit Statistics Belgium, 2006)

	Stookolie (€/l)	Steenkool (€/kg)	Aardgas (€/kWh)	Elektriciteit (€/kWh)
1980	0,245	0,128	0,017	0,093
2005	0,516	0,327	0,039	0,167

Tenslotte, verklaren Couder et al. (2005) dat huishoudens in 2004 verantwoordelijk waren voor 16,1% van het bruto binnenlands energieverbruik in Vlaanderen. Bovendien is het energieverbruik van deze Vlaamse huishoudens in de periode 1990-2004 zelfs gestegen met 26%. Hieruit blijkt duidelijk dat ook huishoudens een substantieel aandeel bezitten in de energieproblematiek. Het is dan ook wenselijk, zo niet essentieel, om na te gaan welke bijdrage deze sector kan leveren om het energieverbruik te minimaliseren.

2.2 Schaarste aan materialen en gigantische afvalberg

Wereldwijd dreigen bepaalde grondstoffen uitgeput te geraken tengevolge van een stijgende vraag. De verhoogde consumptie is hoofdzakelijk te wijten aan de groei van de wereldbevolking en een toename van het welvaartsniveau. Vooral metalen zijn hierdoor slechts zeer beperkt beschikbaar. Lood zal bijvoorbeeld naar schatting niet meer voorhanden zijn tegen 2030. Volgens prognoses zal zink zelfs al uitgeput geraken tegen 2020. Grondstoffen voor steenachtige materialen zijn daarentegen doorgaans overvloedig ter beschikking. Nochtans zijn bepaalde soorten, zoals zilverzand, ook beperkt voorradig. Zelfs nagroeibare materialen zoals klei en hout hebben te kampen met problemen. Aangezien de betreffende grondstoffen trager aangroeien dan dat ze gewonnen worden, is ook een uitputting van deze materialen mogelijk. Verder benutten consumenten beter materialen die lokaal geproduceerd worden aangezien het transport ook energie vergt. (Alberts en van den Dobbelen, 2001) Het Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen en Wonen (VIBE, 2005) merkt tenslotte op dat de bouwsector wereldwijd verantwoordelijk

is voor 40% van het totaal grondstoffenverbruik. Het is dus cruciaal dat deze sector in de toekomst verstandig omspringt met beperkte grondstoffen en onnodig materiaalgebruik elimineert.

Bovendien vormt de bouwsector ook één van de grootste producenten van afvalstoffen (Institut Wallon en Vito, 2002 in Desmijter, 2003). In Vlaanderen produceert deze sector immers jaarlijks 6,6 tot 8 miljoen ton bouw- en sloopafval. Hiervan is 47% afkomstig van de sloop van gebouwen, 24% van renovatieprojecten en 8% van nieuwbouwwoningen. (Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM), 2007)

2.3 Tekort aan beschikbaar zoetwater

Wereldwijd bestaat 97% van al het water uit zoutwater. Zoetwater vormt daarentegen een erg schaars goed dat bovendien voor het grootste deel zit opgesloten in het ijs van de zuidpool en de noordpool. Slechts 0,3% van de totale hoeveelheid water op aarde is uiteindelijk beschikbaar voor de productie van leidingwater⁶. (Belgaqua, 2005)

In Vlaanderen bevindt kostbaar zoetwater zich hoofdzakelijk in de grondwaterlagen. Deze ondervinden de laatste jaren een licht dalend verloop. (D'hont et al., 2006) De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM, 2000) vermeldt twee redenen die aan de basis liggen van dit probleem. Enerzijds pompen de particulieren, de drinkwaterproducenten en de industriële sector grondwater overmatig op. Anderzijds komt er steeds meer verharde oppervlakte bij, waardoor regenwater voortaan onvoldoende de kans krijgt om te infiltreren in de ondergrond. Dit leidt trouwens ook tot een verhoogd risico op overstromingen (Bond Beter Leefmilieu (BBL), 2006). De daling van de grondwaterspiegel heeft als belangrijk gevolg dat er minder zoetwater ter beschikking staat voor de drinkwaterproductie. Zelfs indien een bepaald gebied op lange termijn voldoende grondwaterreserves bezit, kunnen er volgens Nixon et al. (2000) nog plaatselijk of tijdelijk tekorten optreden. Water wordt immers doorgaans op een ander punt onttrokken dan waar het wordt teruggevoerd. Bovendien kunnen ook seizoensgebonden of jaarlijkse schommelingen de beschikbaarheid van het zoetwater hinderen.

Intensieve landbouw, toenemende verstedelijking en lozingen van afvalwater bedreigen overigens de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater⁷. Bij zware verontreiniging van het oppervlaktewater veroorzaakt het zelfreinigend vermogen van de waterloop in kwestie zelfs een uitputting van de voorraad zuurstof in de betreffende rivier⁸. Vissen en andere organismen kunnen hierdoor sterven. Verder nemen ook de productiekosten van het leidingwater toe door essentiële bijkomende

⁶ Leidingwater is eigenlijk drinkwater dat vervaardigd wordt uit grondwater of oppervlaktewater (Belgaqua, 2005).

⁷ Oppervlaktewater is een benaming voor het water in rivieren, kanalen, beken, meren, spaarbekkens en stuwweren (Belgaqua, 2005).

⁸ Bacteriën in het oppervlaktewater breken met behulp van zuurstof organische stoffen af tot water en koolstofdioxide (Belgaqua, 2005).

zuiveringen van het grond- en oppervlaktewater. Door deze additionele kosten en het dalend verbruik, stijgt bovendien de prijs van drinkwater. (Belgaqua, 2005) Ondanks het dalend gemiddeld leidingwaterverbruik per aansluiting, kenmerkt nochtans een steeds hoger piekverbruik de Vlaamse consument. Steeds meer gezinnen gebruiken namelijk regenwater als alternatief. Na droge periodes bestaat echter de mogelijkheid dat de regenwaterreserve uitgeput is en de particulier terug beroep moet doen op de openbare drinkwatervoorzieningen. (Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW), 2005)

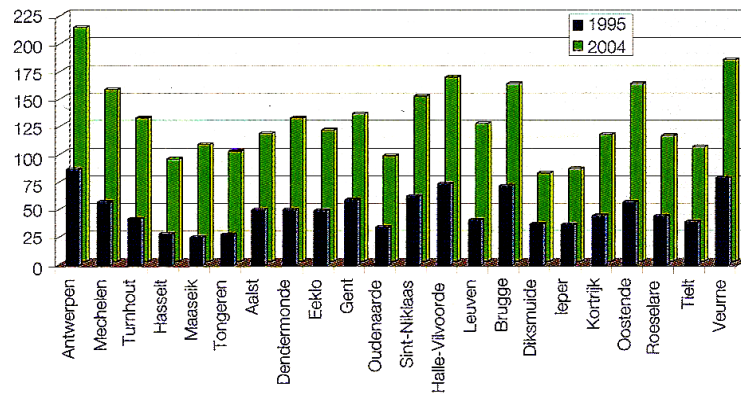
Vlaanderen kan dus duidelijk in de toekomst geconfronteerd worden met dalende drinkwaterreserves door tekorten aan kwaliteitsgrondwater en betrouwbaar oppervlaktewater. Tabel 4 bevestigt dat deze problematiek toeneemt tegen 2025. Verder beklemtoont deze tabel dat Vlaanderen veel minder water ter beschikking heeft per inwoner in verhouding tot het gemiddelde niveau van Europa. Aangezien de Vlaamse huishoudens bovendien verantwoordelijk zijn voor 60% van de totale leidingwaterconsumptie (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2004) en in 2004 zelfs 35% van de vervuilde oppervlaktewateren veroorzaakten (Couder et al., 2005), is het nuttig om na te gaan op welke wijzen de Vlaamse particulier zijn woning kan verbeteren om zuiniger om te springen met drinkwater en het huishoudelijk afvalwater zorgvuldiger te lozen.

Tabel 4: Gemiddelde waterbeschikbaarheid, in m³ per jaar en per inwoner (Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), 2004)

	Vlaanderen en Brussel	Europa
2000	1.480	3.930
2010	1.442	3.890
2025	1.417	3.920

2.4 Bouwgrondschaarste

In 1990 benutte de bevolking 9% van de totale oppervlakte van Vlaanderen voor de woonfunctie. In 2004 werd hiervoor reeds 11,7% van het Vlaams grondgebied voorbehouden. (Couder et al., 2005) De Vlaamse Confederatie Bouw (VCB, 2005) verduidelijkt dat de beschikbare voorraad aan bouwgronden bijgevolg stelselmatig vermindert. Het Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek (viWTA, 2004) meent dat het toenemend aantal gezinnen hier een belangrijke oorzaak van is. De schaarste aan bouwgronden heeft er trouwens vervolgens voor gezorgd dat de bouwgrondprijzen fors de hoogte in gaan. Onderstaande grafiek bewijst hoe sterk deze prijzen per regio zijn toegenomen gedurende de periode 1995-2004.



Grafiek 3: Evolutie van de bouwgrondprijs in Vlaanderen in euro per m² per arrondissement⁹ (VCB, 2005)

De sterke prijsstijgingen zorgen er voor dat veel geschikte bouwgronden niet langer binnen het budget van heel wat gezinnen passen. Financiële beperkingen dwingen de particulier dus om op zoek te gaan naar kleinere percelen. (VCB, 2005) In Vlaanderen bedraagt de gemiddelde oppervlakte van een bouwgrond nog slechts 9,3 are in 2004 tegenover 12,5 are in 1990 (Couder et al. 2005). Ook heel wat mensen schakelen door de hoge prijzen over naar de secundaire markt van bestaande woningen waardoor het aantal bouwgrondverkoop in België sterk achteruitgaat zoals blijkt uit tabel 5 (VCB, 2005). Couder et al. (2005) stellen tenslotte dat de bouwgrondmarkt in Vlaanderen een stimulans voor het aantal rijwoningen en appartementen inhoudt. Deze overschakeling naar rijwoningen en appartementen heeft dus tevens een positieve invloed op het energieverbruik!

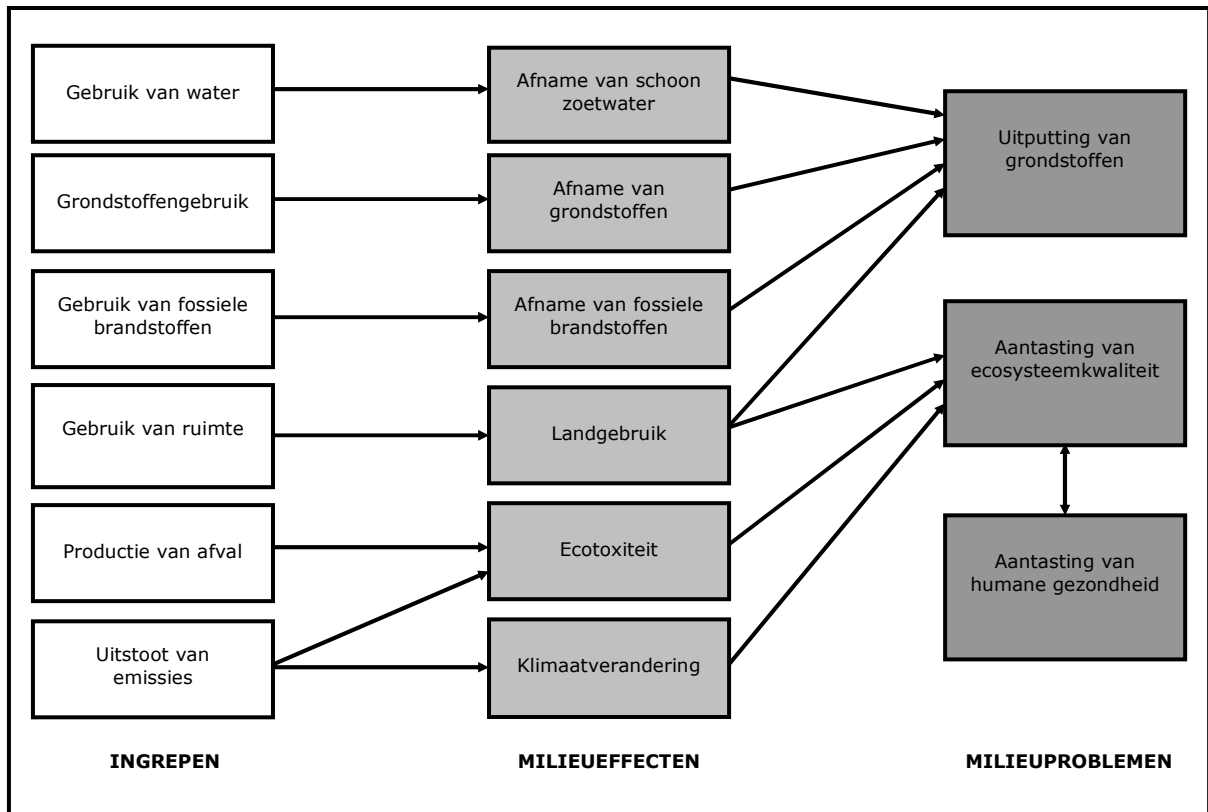
Tabel 5: Verkoop van bouwgronden in België (Bewerkte versie uit Statistics Belgium, 2006)

	1975	1983	1993	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Aantal	48.880	20.464	37.675	27.175	24.012	21.558	21.242	21.971	22.343
Gemiddelde verkoopprijs (€/m²)	8,80	16,07	25,57	38,50	44,07	51,79	56,70	62,70	70,54

⁹ Deze grafiek maakt gebruik van de Q-75 bouwgrondprijs. Deze prijs geeft de 75^{ste} prijs weer in een rangschikking van 100 verkopen. Concreet betekent dit dat 74% van de bouwgronden goedkoper wordt verkocht en 25% duurder. (VCB, 2005)

2.5 Samenvatting

Onderstaande figuur biedt tot slot een overzicht van de verschillende behandelde knelpunten waarmee de Vlaamse bouwsector geconfronteerd wordt. Het schema geeft ook duidelijk weer welke gevolgen bepaalde acties hebben op het milieu en welke kettingreacties deze kunnen teweegbrengen.



Figuur 2: Samenhang tussen ingrepen, daardoor optredende effecten en uiteindelijke milieuproblemen (Bewerkte versie uit Alberts en van den Dobbelsesteen, 2001)

HOOFDSTUK 3: HET BEGRIIP DUURZAAM BOUWEN

De modale Vlaming kan zich geen exacte voorstelling maken van het begrip 'duurzaam¹⁰ bouwen'. De Vlaamse Confederatie Bouw (VCB, 2005) trok dit besluit uit een enquête die ze in 2005 uitvoerde bij 6.700 Vlamingen. Nochtans wint het concept steeds meer aan naambekendheid.

Duurzaam bouwen bestaat in feite uit veel verschillende facetten waardoor het gecompliceerd is om een eenduidige definitie van het begrip te formuleren. Steunpunt Duurzaam Bouwen (2006) splitst het onderwerp op in zes subthema's namelijk proces, omgeving, welzijn, energie, water en materialen. Elk van deze rubrieken wordt in het verdere verloop van dit hoofdstuk uitvoerig toegelicht.

3.1 Proces

Steunpunt Duurzaam Bouwen (2006) raadt de particulier aan om voor het starten van het bouwproject voldoende informatie te verzamelen zodat hij op basis hiervan juiste beslissingen kan nemen gedurende het ganse proces. Overigens vindt deze organisatie het uiterst belangrijk om vooraf een budget te bepalen. Duurzaam bouwen staat namelijk ook voor betaalbaar bouwen.

Bleys (2006) wijst er verder op dat de eigenaar van het project best een grondonderzoek uitvoert alvorens tot de aankoop van een bouwgrond over te gaan. Hierbij is het van belang om de stand van het grondwater en de draagsterkte van de bodem na te gaan (Steunpunt Duurzaam Bouwen, 2006). Een slechte ondergrond kan de prijs voor betere funderingen immers 5.000 à 12.500 euro verhogen (Bleys, 2006).

Steunpunt Duurzaam Bouwen (2006) beklemtoont bovendien het belang van een technisch capabele architect. Om een gefundeerde keuze te maken, kan de particulier vooraf een verkennend gesprek bij de architect vragen of enkele door hem of haar ontworpen huizen bekijken (Bleys, 2006). Salama (2006) geeft bovendien aan dat de eigenaar best voldoende tijd voor de ontwerpfase uittrekt. Deze fase vormt namelijk de basis voor een goed duurzaam project.

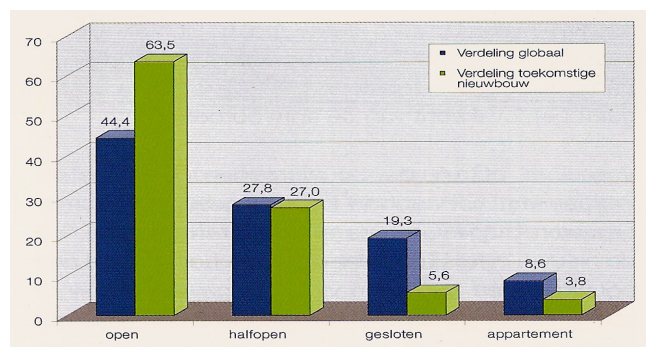
De bouwenquête van de VCB (2005) toont ook aan dat voor 87% van de werken bij nieuwbouwprojecten gebruik gemaakt wordt van aannemers. Bij de keuze van deze aannemer let de particulier er best op dat deze zelf overtuigd en gemotiveerd is om een zo duurzaam mogelijke woning te realiseren (Centrum Duurzaam Bouwen, 2006).

¹⁰ Het Brundtland rapport definieert duurzame ontwikkeling als de mogelijkheid om de behoeften van de huidige generaties te vervullen zonder deze van toekomstige generaties in gevaar te brengen (Kates et al., 2005).

3.2 Omgeving

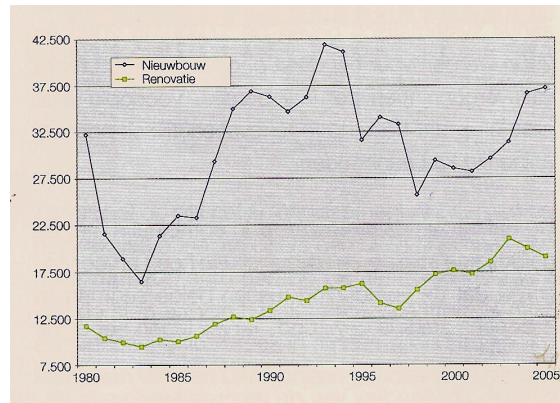
Centrum Duurzaam Bouwen (2006) adviseert de particulieren om zich vlakbij een stads- of dorpskern te vestigen. Op deze manier eist hun woning geen extra groene ruimte op. Bovendien wonen ze dan ook dicht bij het commerciële centrum waardoor ze o.a. kunnen rekenen op betere aansluitingen met het openbaar vervoer. Langs deze weg kan iemand dus heel wat kilometers met de wagen uitsparen.

Het Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen en Wonen (VIBE) et al. (2006) prefereren overigens een rijwoning boven een open bebouwing. Een halfopen en een open bebouwing beschikken namelijk over meer verliesoppervlakken (buitenmuren) dan een gesloten woning. Deze laatste verbruikt daardoor uiteraard ook minder energie dan alleenstaande huizen met dezelfde omvang en isolatiewaarde (De Coninck en Verbeeck, 2005). Toch blijkt uit een enquête van de VCB (2005) dat de Vlaming zelf liefst opteert voor een open bebouwing. Grafiek 4 toont aan dat 63,5% van de respondenten in 2005 een alleenstaande woning prefereerden. Door beperkte ruimte en financiële mogelijkheden zijn velen echter genoodzaakt over te schakelen op een halfopen of gesloten bebouwing. Uiteindelijk koos 44,4% van de ondervraagde Vlamingen effectief voor een open woning. Aangezien het merendeel van de burgers blijkbaar toch een open woning verkiest, beperkt de verdere opbouw van deze thesis zich tot het open bebouwingstype.



Grafiek 4: Verdeling naar aard van bebouwing (VCB, 2005)

Duurzame stedenbouw pleit volgens Bond Beter Leefmilieu (BBL, 2006) bovendien voor de renovatie van bestaande woningen omdat hiervoor veel minder materialen nodig zijn dan voor een nieuwbouwproject. Toch bestaat er discussie over wat duurzamer is: nieuwbouw of renovatie. Centrum Duurzaam Bouwen (2006) bevestigt dat naar materiaalgebruik toe een renovatieproject duurzamer is maar beklemtoont tevens dat het eenvoudiger is om de principes van duurzaam bouwen toe te passen in een nieuwe woning. De renovatie van een bestaande woning levert meestal heel wat afvalstoffen op en vraagt meer inspanningen dan het oprichten van een nieuwe woonst. In dit opzicht stelt de VCB (2005) vast dat een nieuwbouwproject zelfs efficiënter en duurzamer is dan een renovatie.



Grafiek 5: Evolutie van de renovatie- en nieuwbouwactiviteit in Vlaanderen, in aantal verleende bouwvergunningen (VCB, 2005)

Bovenstaande grafiek maakt duidelijk dat de meerderheid van de Vlaamse respondenten een nieuwbouwwoning boven een renovatieproject verkiest. Bij een kritische analyse van deze cijfers is het echter van belang om er rekening mee te houden dat niet alle renovatiewerken een bouwvergunning vereisen. Hierdoor zijn een aantal renovatieprojecten niet in deze statistieken opgenomen. (VCB, 2005) Desondanks limiteert het verdere verloop van deze eindverhandeling zich tot de bespreking van open nieuwbouwwoningen.

3.3 Welzijn

Aanpasbaarheid en toegankelijkheid vormen twee fundamentele begrippen binnen het domein van duurzaam bouwen. Een woning moet mee kunnen evolueren met haar bewoners. (Desmyter, 2003) De eigenaars dienen niet enkel rekening te houden met de nabije toekomst maar ook met de oude dag of een eventuele handicap. Om de indeling van een woning zo aanpasbaar en toegankelijk mogelijk te houden, kan de particulier opteren voor lichte scheidingswanden. (VCB, 2005) Centrum Duurzaam Bouwen (2006) beklemtoont dat een kortetermijnvisie bijgevolg absoluut niet strookt met duurzaam bouwen. Bovendien vormt flexibiliteit ook een enorm belangrijk aspect. Steunpunt Duurzaam Bouwen (2006) en Salama (2006) geven namelijk aan dat duurzame woningen best beschikken over flexibele, multifunctionele ruimtes.

Een ander belangrijk aandachtspunt binnen duurzaam bouwen bestaat uit het binnenklimaat van de woning. De topics '3.4.3 Isolatie' en '3.4.4 Ventilatie' gaan dieper in op een gezond binnenklimaat.

3.4 Energie

De Vlaming beschikt over diverse maatregelen om het energieverbruik van zijn woonst tot een minimum te herleiden. Een uiteenzetting van de verschillende mogelijkheden volgt hieronder. (Dialoog vzw, 2006a)

3.4.1 Compactheid

De Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (ANRE, 2006a) beschrijft compactheid als de verhouding tussen het beschermd volume¹¹ (V) van het betreffende huis en de warmteverliesoppervlakte¹² (A_T). Een bol stelt volgens de VCB (2005) de meest ultieme compacte vorm voor. Een kubus benadert deze vorm vervolgens het beste voor een huis. Hoe sterker een woning bijgevolg de vorm van een kubus benadert, hoe beter deze scoort op vlak van energieverbruik en duurzaamheid.

Dialoog vzw (2006a) vestigt er de aandacht op dat de scheidingswanden tussen twee beschermde volumes geen deel uitmaken van de warmteverliesoppervlakte. Een rijwoning is zodoende compacter dan een vrijstaande woning. In het kader van compactheid, is het tevens aan te raden om de garage niet te integreren in de woonst. Een energiezuinigere oplossing vormt de keuze voor een carport.

3.4.2 Oriëntatie

Een goede oriëntatie van de woning zorgt ervoor dat de energie die de zon levert maximaal kan benut worden. Weinig gebruikte ruimtes, zoals o.a. garage, toilet en bergruimte, zijn best op het noorden gericht. Zo kunnen deze kamers een buffer vormen tussen de koude buitenlucht in het noorden en de te verwarmen leefruimtes, welke bij voorkeur zuidelijk georiënteerd zijn. (VIBE et al., 2006)

Het Centrum Duurzaam Bouwen (CeDuBo, 2006) maakt er de particulier attent op dat omvangrijke glaspartijen in de zomer een serre-effect kunnen veroorzaken. Een goede zonnewering minimaliseert dit probleem. Hiervoor kunnen o.a. loofbomen, dakoversteken, zonneschermen en zonwerende beglazing toegepast worden. Om oververhitting tegen te gaan, hanteert Dialoog vzw (2006a) bovendien de vuistregel om de totale beglazing te begrenzen tot 1/5 à 1/6 van de volledige vloeroppervlakte van de woning.

¹¹ "Het beschermd volume (V in m³) van een gebouw is het volume van alle kamers en ruimten van het gebouw die men thermisch wil beschermen tegen warmteverliezen naar de omgeving, naar de grond en naburige ruimten die niet tot het beschermd volume behoren." (Dialoog vzw, 2006a)

¹² "De warmteverliesoppervlakte (A_T in m²) van een gebouw is de som der oppervlakten van alle wanden of wanddelen die het beschermd volume van het gebouw scheiden van de buitenomgeving, van de grond, van naburige ruimten die niet tot het beschermd volume behoren." (Dialoog vzw, 2006a)

3.4.3 Isolatie

Bij een gemiddelde Vlaamse woning staat de verwarming in voor de helft van de totale energiefactuur. Het overgrote deel van deze verwarmde lucht gaat bovendien al snel verloren door dak, ramen, vloeren en muren. (Greenpeace, 2006) Een goede isolatie is dus onontbeerlijk voor elke woning. Het verhoogt trouwens het thermische comfort van de woning en verlaagt de energiekosten. Door een lagere energiebehoefte, daalt uiteindelijk de luchtverontreiniging en de uitputting van de fossiele brandstofreserves. (Dialoog vzw, 2006a)

3.4.3.1 Parameters aangaande de isolatiekwaliteit

Isoleren betekent in principe het verminderen van geleidings- of transmissieverliezen¹³. De beste isolatie bestaat trouwens uit droge, stilstaande lucht. Om de kwaliteit van andere isolatiemethodes te beoordelen, kan de Vlaming gebruik maken van een aantal parameters. (Dialoog vzw, 2006a) Meer uitleg hierover volgt in onderstaande paragrafen.

A. λ -waarde

De λ -waarde, uitgedrukt in W/mK, duidt aan in welke mate een bepaald materiaal de warmte geleidt (Bouwteamwoning, 2006). Deze warmtegeleidingscoëfficiënt meet de hoeveelheid warmte die per tijdseenheid door een oppervlakte van één vierkante meter met een dikte van één meter verloren gaat bij een temperatuursverschil van één graad Celsius (Dialoog vzw, 2006a). Hoe lager de waarde van deze parameter, des te beter isoleert het betreffende materiaal en houdt het warmteverliezen tegen (ANRE, 2006c). Materialen die een λ -waarde kleiner dan 0,065 W/mK bezitten, worden officieel erkend als isolerende materialen (Dialoog vzw, 2006a). Tabel 6 verschaft een overzicht van de meest gangbare isolatiematerialen en de overeenstemmende λ -waardes.

Tabel 6: Isolatiematerialen (ANRE, 2006a)

Materiaal	Afkorting	λ-waarde (W/mK)
Glaswol	MW ¹⁴	0,032 à 0,040
Rotswol	MW	0,035 à 0,042
Cellenglas	CG	0,042 à 0,050
Geëxpandeerd polystyreenschuim	EPS	0,033 à 0,042
Geëxtrudeerd polystyreenschuim	XPS	0,029 à 0,038
Polyurethaanschuim	PUR	0,023 à 0,032
Polyisocyanuraat	PIR	0,023 à 0,032

¹³ Dit zijn warmteverliezen die verloren gaan doorheen het buitenoppervlak van de woning. (Dialoog vzw, 2006a)

¹⁴ Minerale wol is een isolatiemateriaal vervaardigd uit minerale grondstoffen. Rotswol, bijvoorbeeld, bestaat uit het vulkanische gesteente diabaas. Glaswol, op zijn beurt, is samengesteld uit siliciumzand, soda en mergel. (Alberts en van den Dobbelen, 2001)

B. R-waarde

Deze maatstaf, uitgedrukt in m^2K/W , geeft de warmteweerstand weer van een volledig constructieonderdeel (Giancoli, 2005). Aangezien bijvoorbeeld een muur bestaat uit verschillende materialen met diverse diktes, dient de architect hierbij voor elke substantie apart te bepalen in welke mate het de warmte tegenhoudt. Tenslotte kan hij op basis van de bekomen afzonderlijke waardes de totale R-waarde van het constructieonderdeel berekenen. Een hogere warmteweerstand wijst hierbij op een betere isolatiewaarde. (Dialogo vzw, 2006a)

C. U-waarde

De U-waarde, weergegeven in W/m^2K , drukt uit in welke mate verschillende materiaallagen van een constructieonderdeel van één vierkante meter de warmte doorlaten als er tussen binnen en buiten een temperatuurverschil bestaat van één graad Celsius. Deze warmtedoorgangscoefficiënt bezit best een zo klein mogelijke waarde voor een goede isolatie. (CeDuBo, 2006)

D. K-peil

Het K-peil staat voor het globale isolatieniveau van een woning. Deze maatstaf houdt rekening met de afzonderlijke warmteverliezen van alle wanden en met de compactheid van het totale huis. (Bouwteamwoning, 2006) Hoe lager een woning scoort op deze parameter, hoe beter. Het K-peil is trouwens een onbenoemde waarde en vormt een typisch Belgisch isolatiecriterium. (VCB, 2005)

Sinds 1 januari 2006 dient de bouwsector tevens rekening te houden met een nieuwe maatstaf, namelijk het E-peil. Het onderdeel '4.1.1.2. Energieprestatie-eisen' geeft een toelichting van deze parameter.

3.4.3.2 Aandachtspunten bij plaatsing

Dialogo vzw (2006a) beklemtoont het immense belang van een correcte aangebrachte isolatie. Gebrekkigheden op dit vlak zijn nadien uiterst moeilijk op te lossen. Vanaf het prille begin van de bouwfase, hoort de particulier bouwheer aandacht te besteden aan een voldoende dikke isolatie en aan de concepten luchtdichtheid, winddichtheid en koudebrug.

A. Voldoende dikte

De isolatiediktes hangen sterk af van de λ -waarde van het betreffende materiaal. Een hogere warmtegeleidingscoëfficiënt vereist een grotere dikte van het isolatiemateriaal om eenzelfde isolatiewaarde te bereiken. Per constructieonderdeel varieert tenslotte de gewenste hoeveelheid isolatie. (ANRE, 2006a)

B. Luchtdicht

De Vlaamse Gemeenschap (2007) omschrijft 'luchtdicht bouwen' als het vermijden van kieren en spleten. Luchtdicht bouwen betekent eigenlijk de warmte zo goed mogelijk in de woning houden. Op die manier kan de particulier tocht en ongewenste luchtstromen voorkomen.

Om een luchtdichte woning te creëren, moet de burger bij buitenmuren in metselwerk de binnenzijde bepleisteren. Bij de isolatie van daken opteert de particulier best voor een aparte, luchtdichte folie. Deze folie, die de functie vervult van lucht- en dampscherm, verhindert dat woonvocht in de isolatie belandt. (ANRE, 2006a) Als er op de een of andere manier toch vocht tot in de isolatie doordringt, zorgt een dampdoorlatende buitenkant van de constructieonderdelen voor een snelle verwijdering ervan. Natte isolatiematerialen isoleren immers minder. (Dialogo vzw, 2006a)

C. Winddicht

Winddichtheid staat voor de mate waarin koude lucht de woning binnendringt. Dit verhinderen is trouwens de belangrijkste taak van een onderdak. Verder vervult dit onderdeel nochtans ook verschillende andere functies. In de bouwfase doet het bijvoorbeeld dienst als bescherming tegen regen. Tijdens de gebruiksfase beschermt een onderdak het huis echter tegen occasionele lekken, stof en stuifneeuw. Bovendien schermt het de isolatie extra af. (Dialogo vzw, 2006a)

D. Koudebrug

Kieren, spleten en koudebruggen kunnen op onnoemelijk veel plaatsen binnen een woning voorkomen. Een koudebrug bestaat uit een onderbreking in de thermische isolatie. Hierdoor gaat er op deze plaatsen extra warmte verloren. Indien de warme lucht in het constructieonderdeel afkoelt, kan dit in contact met een koud oppervlak condensatie veroorzaken. Dit vocht kan vervolgens aanleiding geven tot geurhinder en schimmelvorming. (Bouwteamwoning, 2006) De meeste koudebruggen komen voor bij raam- en deurdorpels (Dialogo vzw, 2006a).

3.4.3.3 Keuze van het isolatiemateriaal

Het aanbod aan diverse types isolatiematerialen is absoluut overdonderend. Om een gefundeerde keuze te kunnen maken, is enige kennis van zaken bijgevolg noodzakelijk. Afhankelijk van de toepassingsplaats, bevelen ANRE (2006a), Dialogo vzw (2006a), het Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen & Wonen (VIBE, 2007b) en Alberts en van den Dobbelsteen (2001) andere materialen aan.

A. Vloerisolatie

Bij een doorsnee woning, telt de vloer voor een vierde van de totale warmteverliesoppervlakte. De grootte van het verlies is afhankelijk van de ondergrond van de vloer namelijk een kruipruimte, een kelder, de volle grond of een buitenomgeving. De vereiste dikte van de vloerisolatie varieert bijgevolg hierdoor ook. (ANRE, 2006a)

ANRE (2006a) raadt aan dat de particulier als vloerisolatie best opteert voor een isolatie tussen de draagvloer en de gewapende dekvloer. Hierbij heeft de consument de keuze tussen een isolatiemateriaal, zoals o.a. drukvaste isolatieplaten en gespoten isolatiematerialen, of een

isolerende uitvullingslaag, zoals o.a. een isolerende chape. Deze laatste optie bezit een hogere λ -waarde dan een isolatiemateriaal waardoor een dikkere laag noodzakelijk is om eenzelfde isolatiegraad te bekomen.

B. Muurisolatie

De meest traditionele manier om een muur te bouwen is in België de geïsoleerde spouwmuur. Gewoonlijk bevat deze spouwmuur vijf lagen namelijk de gevelsteen, de luchtspouw, de thermische isolatie, de binnenmuur en de binnenbepleistering. Als isolatiemateriaal opteert de particulier hierbij meestal voor zachte of halfstijve isolatiematten in minerale wol of voor stijve kunststofplaten in polyurethaanschuim (PUR), geëxpandeerd polystyreenschuim (EPS) of geëxtrudeerd polystyreenschuim (XPS). (ANRE, 2006a) VIBE (2007b) maakt de consument er nochtans attent op dat zowel polyurethaan als polystyreen uit aardolie en aardgas vervaardigd worden. Minerale wol is daarentegen grotendeels gefabriceerd uit natuurlijke grondstoffen. Bij de plaatsing van minerale wol dient de bouwheer wel enkele veiligheidsvoorschriften in het achterhoofd te houden aangezien dit materiaal irritatie van de huid kan veroorzaken.

C. Dakisolatie

Indien de woning beschikt over een hellend dak en de eigenaars de zolder enkel benutten als bergruimte, is een goede dakisolatie niet zo noodzakelijk. In dit geval, plaatst de burger de isolatie beter bovenop de zoldervloer bij een zware vloeropbouw met o.a. welfsels en betonplaat. Bij een vloeropbouw uit houten elementen opteert de particulier nochtans beter voor isolatie tussen de balken. Indien de eigenaars daarentegen de zolderruimte ook voor andere doeleinden benutten, wordt bij een hellend dak het isolatiemateriaal doorgaans bevestigd tussen de dragende dakelementen, namelijk tussen de kepers en spanten. Hiervoor verkiest de particulier bijvoorbeeld halfstijve platen minerale wol of cellulose. (ANRE, 2006a) VIBE (2007b) geeft aan dat cellulose, wat bestaat uit gerecycleerd papier, uitstekende geluiddempende eigenschappen en een goede λ -waarde bezit. Bovendien is dit isolatiemateriaal ook bestand tegen brand en schimmels.

Platte daken vereisen daarentegen een heel andere isolatieconstructie. De beste methode bestaat uit het zogenaamd warm plat dak. ANRE (2006a) stelt dat bij deze werkwijze de particulier allereerst een dampscherm op de draagvloer en de afschotlaag aanbrengt. Vervolgens plaatst hij hierop de isolatie, net onder de dakdichting.

D. Raamprofielen en beglazing

Ramen vervullen een zeer belangrijke functie in een woning. Zij laten natuurlijk daglicht binnen en zorgen bij een goede plaatsing tevens voor gratis zonnewarmte. Toch zijn vensters ook de zwakste schakel in de isolerende schil van een gebouw. (Dialogo vzw, 2006a)

De cijfers van de bouwenquête van de VCB (2005) tonen aan dat enkele beglazing, met een U-waarde van 5,8 W/m²K, en dubbele beglazing, met een U-waarde van 2,8 W/m²K, steeds minder de voorkeur krijgen. Anno 2007 bieden de producenten deze types beglazing standaard zelfs niet meer aan. ANRE (2006a) maakt duidelijk dat hoogrendementsbeglazing daarentegen steeds aan populariteit wint. Deze glassoort bezit een U-waarde van 1,1 à 1,3 W/m²K en isoleert daardoor twee tot drie maal beter dan gewone dubbele beglazing. Beide soorten bestaan nochtans uit twee glasbladen met daartussen een spouw. Bij traditionele dubbele beglazing is deze spouw gevuld met lucht. Bij hoogrendementsbeglazing bestaat deze echter uit een edelgas, bijvoorbeeld argon. De allerbeste isolerende beglazing die de markt momenteel aanbiedt, is tenslotte de driedubbele beglazing. Dit type heeft zelfs een U-waarde van slechts 0,6 tot 0,8 W/m²K (Dialog vzw, 2006a).

Tabel 7 demonstreert dat de keuze van het beglazingstype ook consequenties heeft op de mate waarin licht en zonnewarmte tot de woning toetreden. Ondanks de slechte thermische isolatiewaarde van enkele beglazing, beschikt dit soort glas vanzelfsprekend over het hoogste zonnetransmissiepercentage (Zta) en de grootste lichttransmissiewaarde (Lta). (Dialog vzw, 2006a)

Tabel 7: U-, Zta- en Lta-waarden van beglazing (De Coninck en Verbeeck, 2005)

	Enkele beglazing	Dubbele beglazing	Hoogrendements- beglazing (Argon)
U-waarde (W/m²K)	5,8	2,8	1,1
Zta	76%	72%	61%
Lta	85%	81%	77%

Een raamprofiel bepaalt ook in grote mate de isolatiegraad van het totale venster. Hierbij heeft de consument de keuze uit o.a. PVC¹⁵, aluminium en hout. (Dialog vzw, 2006a) Alberts en van den Dobbelen (2001) verklaren dat PVC weinig onderhoud vergt en bovendien bestand is tegen corrosie. Anderzijds is PVC sterk onderhevig aan temperatuurschommelingen door de hoge uitzettingscoëfficiënt. De productie van PVC schaadt overigens het milieu. Nochtans duidt ANRE (2006a) erop dat profielen uit PVC beter isolerend¹⁶ gemaakt kunnen worden dan doorsnee aluminium kaders. Dialog vzw (2006a) geeft aan dat er echter ook aluminium profielen met een degelijke isolatiegraad bestaan namelijk kaders met een thermische onderbreking waarbij een isolerende kern het binnen- van het buitendeel scheidt. Aluminium heeft bovendien als voordeel dat het zeer stevig en onderhoudsvriendelijk is.

¹⁵ PVC of polyvinylchloride is een veel gebruikte thermoplast die ontstaat na polymerisatie van het monomeer vinylchloride (Kalpakjian en Schmid, 2006).

¹⁶ De isolatiegraad van PVC-profielen is afhankelijk van het aantal kamers waaruit ze bestaan. Hoe meer kamers de PVC-kaders bevatten, hoe groter de isolatiewaarde is. Een minimum van twee à drie kamers is vereist voor een goed isolatieniveau. (Dialog vzw, 2006a)

Het enige materiaal dat geen twistpunt vormt is hout (Dialogo vzw, 2006a; Alberts en van den Dobbelsteen, 2001; VIBE, 2007c en ANRE, 2006a). Hoewel hout een grotere kans op onvolmaaktheden bevat en meer onderhoud vereist, is het een warm natuurproduct met een betrouwbare thermische isolatie. Het is overigens minder onderhevig aan temperatuurschommelingen dan aluminium en PVC. VIBE (2007c) geeft tot slot aan dat de consument best hout uit duurzaam beheerde bossen prefereert. Het internationale FSC-label (Forest Stewardship Council) biedt aan de particulier deze garantie (Barber en Vandenberghe, 2005).

De U-waarden van de beglazing en het profiel bepalen samen de totale warmtegeleidingscoëfficiënt van een raam. Tabel 8 toont deze waarden voor een aantal mogelijke combinaties. (Dialogo vzw, 2006a)

Tabel 8: U-waarden schrijnwerk in W/m²K (Dialogo vzw, 2006a)

	Hout – thermisch onderbroken	PVC – meer kamers	Hout	PVC - enkelvoudig	Aluminium – thermisch onderbroken	Aluminium
U_{glas}	0,8	1,6	1,8	2,9	3,8	6
U_{profiel}	0,6	1,1	1,4	1,7	1,9	2,5
	0,8	1,0	1,1	1,3	1,6	2,1
	1,2	1,4	1,4	1,7	1,9	2,5
	2,5	2,7	2,7	3,0	3,2	3,8
	4,9	5,1	5,1	5,4	5,6	6,2

3.4.4 Ventilatie

Duurzaam bouwen streeft naar een gezond binnenklimaat van de woning. Voldoende ventileren is zodoende een belangrijke vereiste voor het welzijn van de inwoners en voor een verhoogd wooncomfort. Ventilatie staat voor het aanvoeren van verse lucht in de 'droge' ruimten, zoals o.a. de slaapkamers en de woonkamer, en het afvoeren van vervuilde lucht in de 'vochtige' kamers, zoals o.a. de badkamer en de keuken. (CeDuBo, 2006)

Er bestaan verschillende redenen waarom afvoer van vervuilde lucht essentieel is. Een eerste argument geeft aan dat mensen door te ademen veel zuurstof verbruiken, terwijl ze koolstofdioxide (CO₂) en waterdamp afgeven. (AMINAL¹⁷, 2006). Als tweede motief van ventilatie schuift Dialogo vzw (2006a) de aanwezigheid van toxische gassen, zoals o.a. koolstofmonoxide (CO) en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), naar voor. AMINAL (2006) verklaart dat CO vrijkomt bij een onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen en zelfs bij zeer lage concentraties reeds dodelijk is. Sommige PAK's, welke tevens bij onvolledige verbranding ontstaan, kunnen kanker veroorzaken. Daarenboven bevat de binnenlucht een honderdtal vluchtige

¹⁷ Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap

organische stoffen. Deze komen voort uit materialen die de burger benut bij de inrichting en bouw van de woning zoals o.a. uit verf, tapijt en behang. Aangezien een aantal van deze stoffen ook aanleiding geven tot kanker is het cruciaal om hiervoor voldoende te ventileren. CeDuBo (2006) wijst er tenslotte op dat elk gezin ongeveer per dag 10 tot 20 liter woonvocht voortbrengt door o.a. te koken en te wassen. Door deze vochtige lucht af te voeren, stagneert de kans op geuren en allergieën en vermijdt de Vlaming condensatie en schimmelvorming.

CeDuBo (2006) wijst er de particulier op dat hij best tracht de juiste hoeveelheid lucht te vervangen. Te veel lucht verversen leidt immers tot energieverlies en te weinig veroorzaakt een verminderde luchtkwaliteit. Een uiteenzetting van de beschikbare ventilatiesystemen volgt hierna.

3.4.4.1 Systeem A: natuurlijke toevoer en natuurlijke afvoer

Systeem A houdt een natuurlijke toevoer van verse lucht in de droge ruimtes in. Deze aanvoer vindt meestal plaats via zelfregelende roosters¹⁸ in de ramen. Verder zorgen roosters in de binnenmuren of -deuren doorgaans voor de doorstroming van de lucht. Hiervoor zijn spleten onder de binnendeuren van ongeveer een centimeter ook voldoende. Verticale afvoerkanalen met afsluitbare roosters zijn vervolgens verantwoordelijk voor de natuurlijke afvoer van vervuilde lucht in de vochtige ruimtes. (ANRE, 2006a)

Dit ventilatiesysteem kost uiteraard het minst van de vier beschikbare systemen. Bovendien vergt het heel weinig onderhoud, verbruikt het geen elektriciteit en is het zeer eenvoudig te plaatsen. Een nadelig aspect van systeem A bestaat uit de beperkte regelbaarheid ervan. Op esthetisch vlak scoren hoog uitstekende afvoerkanalen bovendien vaak ook niet zo goed. Daarenboven kunnen grote warmteverliezen optreden bij veel wind. Het koudegevoel dat soms optreedt bij de roosters vormt een laatste nadeel van systeem A. (ANRE, 2006a)

3.4.4.2 Systeem B: mechanische toevoer en natuurlijke afvoer

Systeem B is veeleer een theoretisch ventilatiesysteem en kent uiterst weinig toepassingen in de praktijk. Hierbij voeren elektrische ventilatoren verse lucht toe en zorgen verticale afvoerkanalen voor de natuurlijke afvoer van de vervuilde lucht. (AMINAL, 2006) Dit systeem behaalt beter de ventilatienorm dan systeem A. Bovendien heeft de eigenaar bij een ventilator meer opties voor de plaats van de toevoeropeningen. Ook bestaat de mogelijkheid voor korte intensieve ventilatie door het debiet van de ventilatoren tijdelijk te verhogen. Systeem B vereist uiteraard wel meer energie dan systeem A. (ANRE, 2006a)

¹⁸ Zelfregelende roosters zorgen voor een continue hoeveelheid verse lucht, onafhankelijk van de windsnelheid. Hierdoor kan er nooit een tochtgevoel optreden. (CeDuBo, 2006)

3.4.4.3 Systeem C: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer

Ventilatiesysteem C omvat een natuurlijke aanvoer van verse lucht via toevoerroosters in ramen of muren. Naderhand regelen elektrische ventilatoren de mechanische afvoer van de vervuilde lucht. Systeem C biedt aan de consument dezelfde voordelen aan als systeem B. Ook verbruikt het trouwens meer energie dan systeem A. Bovendien moeten de bewoners hierbij opletten dat ze geen onderdruk creëren. Wanneer de particulier systeem C gebruikt in combinatie met de werking van de dampkap, bestaat immers de kans dat het de rookgassen van kachel of open haard naar binnenzuigt. (AMINAL, 2006)

3.4.4.4 Systeem D: mechanische toevoer en mechanische afvoer

Elektrische ventilatoren zijn bij dit systeem zowel verantwoordelijk voor de toevoer van verse lucht als voor de afvoer van de vervuilde lucht. Ook systeem D biedt de particulier meer mogelijkheden betreffende de plaatsing van de toevoeropeningen en inzake het uitvoeren van een korte intensieve ventilatie. Bovendien heeft het systeem minder problemen met onderdruk. Vanzelfsprekend verbruikt dit systeem het meeste energie van de vier ventilatiemogelijkheden. Indien de particulier opteert voor volledige mechanische ventilatie en een zeer luchtdichte woning bezit, investeert hij ook best in een systeem met warmterecuperatie. De uitgaande lucht warmt hierbij de aangevoerde verse lucht op. Afhankelijk van het rendement van de warmtewisselaar resulteert dit in 70 tot 90% minder energieverlies. De consument kiest in dat geval best voor een systeem dat hij kan uitschakelen als de buitentemperatuur te hoog oploopt. (ANRE, 2006a)

3.4.5 *Verwarmingsinstallaties*

Van het totaal huishoudelijk energieverbruik gaat er gemiddeld 70% naar verwarming. Het is dus enorm belangrijk om bij de verwarming van een woning energiebesparingen na te streven (ANRE, 2005). In de eerste plaats kiest de particulier hierbij best voor een zuinige energiebron. Op dit vlak scoort aardgas of stookolie beter dan elektriciteit. (ANRE, 2006c) Volgens ANRE (2006a) is er namelijk 2,5 keer meer energie nodig om slechts één eenheid elektriciteit te produceren. Vervolgens zorgt de particulier best voor een goede temperatuurregeling per ruimte. Hiervoor kan hij gebruik maken van een kamerthermostaat met tijdsinstelling in combinatie met thermostatische kranen.

De keuze van een geschikt verwarmingstoestel is afhankelijk van de voorkeur voor centrale verwarming of voor afzonderlijke kachels (ANRE, 2006a). Indien de particulier veel ruimtes wenst te verwarmen, opteert hij best voor centrale verwarming volgens Dialoog vzw (2006b). De eigenaar kan hierbij heel wat energie besparen door een hoogrendementsketel of een condensatieketel te installeren (Steunpunt Duurzaam Bouwen, 2006). ANRE (2005) geeft aan dat

een hoogrendementsketel over een rendement van 90 à 95% beschikt. Een klassieke atmosferische ketel bezit echter slechts een rendement van 70 tot 80%. Een hoogrendementsketel bevat daarenboven een kwaliteitslabel. Dit type ketel op aardgas herkent de particulier namelijk aan het HR+-label. Dergelijke stookolieketels onderscheidt hij op basis van het Optimaz-label. Een condensatieketel onttrekt zelfs de extra condensatiewarmte uit de rookgassen om zo het rendement te verhogen tot 100 à 107% (Bouwteamwoning, 2006). Een condensatieketel op aardgas draagt overigens een HR-top-label. Dergelijke ketel op stookolie bezit echter het Optimaz-elite-label. (ANRE, 2005) Hoogrendements- en condensatieketels werken bovendien optimaal bij lage temperatuurverwarming. Bij klassieke verwarming warmt het circulerende water op tot 80 à 90°C. Bij lage temperatuurverwarming blijft de watertemperatuur echter beperkt tot 40 à 70°C waardoor het rendement verbetert, de leidingverliezen afnemen en het comfort stijgt. Aangezien vloer- en wandverwarming slechts water van 30 tot 45°C nodig hebben, zijn dit de ideale verwarmingsmethodes voor lage temperatuurverwarming. Bovendien zijn vloer- en wandverwarming ook esthetisch gunstig vermits in dit geval geen verwarmingselementen aanwezig zijn in de ruimtes. Tevens zorgen deze methodes voor een meer gelijkmatige temperatuurstijging en voor minder mijten en luchtbeweging. De lange opwarmtijd vormt daarentegen wel een nadeel. (Steunpunt Duurzaam Bouwen, 2006)

Als de eigenaar afzonderlijke kachels prefereert, heeft hij de keuze uit verschillende alternatieven (ANRE, 2006a). Zo kan hij opteren voor de mogelijkheid om hout te gebruiken in een houtkachel of tegelkachel (Centrum Duurzaam Bouwen, 2006). Dialoog vzw (2006a) maakt er de particulier attent op dat een houtkachel een uiterst laag rendement van 35% heeft. Het rendement van een tegelkachel bedraagt echter 80%. Eén gasgevelkachel per ruimte is nochtans het meest energiezuinig maar dit wordt zelden toegepast. Gesloten gevelkachels bezitten immers een rendement van 85%. Dit zijn toestellen die rechtstreeks door een buitenmuur op de buitenlucht zijn aangesloten en zo zelf hun verbrandingslucht aanzuigen van buiten (ANRE, 2006a).

Tot slot is het van uiterst belang om de juiste dimensie voor een verwarmingsinstallatie te bepalen. Een correct ontworpen installatie zorgt immers voor een hoger comfort en voor een lager energieverbruik. Bijgevolg laat de particulier best een nauwkeurige warmteverliesberekening opstellen door de architect of installateur waarbij de werkelijke woningsituatie ingecalculleerd wordt. (Steunpunt Duurzaam Bouwen, 2006)

3.4.6 *Hernieuwbare energie*

Indien de burger na alle voorafgaande investeringen nog over een bepaald budget beschikt, kan hij volgens De Coninck en Verbeeck (2005) een aantal extra energiebesparende maatregelen voorzien. CeDuBo (2006) stelt dat deze oplossingen gebaseerd zijn op het gebruik van duurzame energiebronnen. Deze thesis beperkt zich tot de meest courante toepassingen in de particuliere bouwsector namelijk de installaties op zonne-energie en de warmtepomp.

3.4.6.1 Zonne-energie

Actieve zonne-energie kent twee enorm belangrijke toepassingsgebieden. De meest gerenommeerde installaties op zonne-energie zijn de zonneboiler en de fotovoltaïsche zonnepanelen. (CeDuBo, 2006)

A. Zonneboiler

Een zonneboiler kan volgens Dialoog vzw (2006b) in Vlaanderen zorgen voor de gratis opwarming van het sanitair warm water vanaf de maand mei tot en met september. Tijdens de andere maanden is naverwarming met een klassieke warmwaterinstallatie noodzakelijk. Doorgaans neemt de zonneboiler op jaarbasis bijgevolg de helft van de totale warmwaterproductie voor zijn rekening (Vandenbosch, 2005).

Een opslagvat en een zonnecollector vormen de belangrijkste componenten van dit systeem. De particulier installeert de collector best op het dak onder een hoek van 35 graden en georiënteerd op het zuiden. (Dialoog vzw, 2006b) De zonnecollector bevat een vloeistof die opwarmt bij invallend zonlicht. Vervolgens geeft deze vloeistof haar warmte af aan het koude water in de boiler. (ANRE, 2006c)

B. Fotovoltaïsche zonnepanelen

In Vlaanderen levert de zon per jaar 1000 kWh per vierkante meter aardoppervlakte. Een fotovoltaïsch zonnepaneel vangt deze energie gedeeltelijk op en zet 5 tot 15% ervan om in elektriciteit. (ANRE, 2000) Een individuele zonnecel bestaat meestal uit een dun plaatje silicium. Zoals uit tabel 9 blijkt, is het rendement van de zonnecel afhankelijk van het specifieke type silicium. (ODE-Vlaanderen¹⁹ et al., 2005) Bij standaardzonnestraling wekt één zonnecel van 10 cm op 10 cm trouwens slechts een vermogen van circa 1,3 W op. Aangezien dit vermogen veel te laag is voor de toepassingen in de praktijk, verbindt een fotovoltaïsch zonnepaneel een aantal van deze zonnecellen onderling. (ANRE, 2000)

¹⁹ Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen

Tabel 9: Verschillende types silicium (ODE-Vlaanderen et al., 2005)

Type	Rendement	Kleur
Monokristallijn silicium ²⁰	12 tot 15%	Donkergrijs
Polykristallijn silicium ²¹	11 tot 14%	Gemarmerd donkerblauw
Amorf silicium ²²	5 tot 7%	Donkergrijs-blauw

3.4.6.2 Warmtepomp

Deze techniek onttrekt warmte aan een warmtebron, namelijk aan de aarde, het grondwater of de lucht, en geeft vervolgens deze warmte op een hogere temperatuur af aan het verwarmingssysteem van de woning (Dialoog vzw, 2006b). Hoe minder de temperatuur tussen de warmtebron en het verwarmingssysteem verschilt, des te minder energie de warmtepomp verbruikt en des te hoger de winstfactor dus ligt (ODE-Vlaanderen et al., 2006). De COP²³ of winstfactor geeft de verhouding van de warmteopbrengst tot de gebruikte energie weer. Een haalbare COP voor een warmtepomp bedraagt 4 à 4,5 volgens Dialoog vzw (2006b)²⁴. Bij voorkeur past de particulier tenslotte de warmtepomp toe in combinatie met vloer- of wandverwarming vermits deze een lagere temperatuur vereisen (ANRE, 2006a).

3.4.7 Gedrag van de inwoners

De VCB (2005) beklemtoont tot slot dat de energiezuinigheid van een woning niet enkel afhankelijk is van de geprefereerde installaties, isolatiematerialen en -diktes. De bewoners dienen vooral ook voldoende aandacht te besteden aan het eigen gedrag en aan de keuze van zuinige elektrische toestellen.

3.5 Water

Het begrip Rationeel Watergebruik (RWG) klinkt de laatste jaren steeds vaker. Het vereist o.a. dat de particulier voortaan zuiniger omspringt met kostbaar leidingwater. Bovendien raadt dit concept een gescheiden rioolstelsel aan met recuperatie of infiltratie van hemelwater en een aparte afvoer van afvalwater. (Interelectra, 2005) Onderstaande paragrafen behandelen deze aspecten van het begrip RWG uitvoerig. Tenslotte volgt in het onderdeel '3.5.3 Sanitair warm water' een overzicht van de meest milieuvriendelijke technieken om water voor huishoudelijk gebruik te verwarmen.

²⁰ Een zonnecel uit monokristallijn silicium bestaat uit één groot kristal silicium. Hoe groter het kristal, des te beter het rendement van de zonnecel is maar des te duurder deze ook wordt. (Manca, 2006)

²¹ Polykristallijn silicium is samengesteld uit verschillende korrels. Dit materiaal is goedkoper en eenvoudiger om te maken dan monokristallijn silicium. (Manca, 2006)

²² Amorf silicium bestaat uit minuscule korrels silicium. (Manca, 2006)

²³ Coefficient of performance

²⁴ Een warmtepomp geeft dan voor elke kWh elektriciteit die ze verbruikt tussen 4 en 4,5 kWh warmte af (Dialoog vzw, 2006b).

3.5.1 Hemelwater

De Vlaamse particulier consumeert gemiddeld 120 liter water per dag²⁵ of 43,8 m³ water per jaar. In 2003 bestond 83% hiervan uit leidingwater, 7% uit grondwater en slechts 10% uit hemelwater. (Defloor et al., 2006) Het MINA-plan 3²⁶ stelt daarentegen een huishoudelijk leidingwatergebruik van 98 liter per persoon per dag voorop voor 2007 of een aandeel van 81,6% in het totaal dagelijks watergebruik. Bijgevolg moet het hemelwatergebruik in de Vlaamse huishoudens toenemen. (Milieuraapport Vlaanderen, 2006)

Belgaqua (2005), de Belgische federatie voor de watersector, merkt op dat de Vlaming het leidingwaterverbruik kan reduceren door hemelwater te benutten voor o.a. te poetsen, te wassen, het toilet door te spoelen en de tuin te besproeien. Regenwater is bovendien ook veel zachter omdat het minder kalk bevat. Hierdoor is bij het poetsen zelfs minder schoonmaakmiddel nodig en ligt bij de wasmachine het waspoederverbruik lager. De Vlaamse Milieumaatschappij (VMM, 2000) raadt de particulier echter af om hemelwater te gebruiken voor de persoonlijke hygiëne vermits de kwaliteit ervan onvoldoende betrouwbaar is.

Nieuwbouwwoningen met een horizontale dakoppervlakte groter dan 75 m² zijn voortaan sowieso verplicht om een regenwaterput aan te leggen²⁷. Hierdoor is de particulier tegenwoordig ook sneller geneigd om het opgevangen water effectief te benutten. Deze hemelwaterputten zijn op de markt beschikbaar in beton en kunststof. Beide materialen bieden de consument een aantal voordelen. Kunststof is een zeer licht materiaal waardoor er geen kraan nodig is voor de plaatsing van de put. Betonnen regenwaterputten moeten voorzien zijn van het BENOR-keurmerk²⁸. Verder zetten zich op de wand van deze putten micro-organismen vast die voor een zelfreinigend effect zorgen. Tenslotte bezit de particulier ook de mogelijkheid om te opteren voor een gemetselde put. Hiervoor kan hij eventueel een reeds bestaande put benutten. (VMM, 2000) CeDuBo (2006) merkt vervolgens op dat de Vlaming het overtollige hemelwater kan infiltreren of bufferen.

3.5.1.1 Infiltratie

De VMM (2000) is van mening dat de particulier best probeert regenwater zoveel mogelijk in de grond te laten dringen om de grondwatervoorraden opnieuw aan te vullen. De mogelijkheid om hemelwater rechtstreeks te laten infiltreren is echter afhankelijk van een aantal factoren. Zo moet

²⁵ Hiervan gebruikt de particulier dagelijks gemiddeld 2% of 3 liter voor drinken en koken, 7% of 8 liter voor de vaat, 14% of 17 liter voor de was, 34% of 40 liter voor het toilet, 36% of 44 liter voor het bad en de douche en 7% of 8 liter voor andere zaken zoals o.a. de tuin besproeien en poetsen (Interelectra, 2005).

²⁶ Dit is het derde plan van de Milieu- en Natuurraad van Vlaanderen (Milieuraapport Vlaanderen, 2006).

²⁷ Het onderdeel '4.4 Gemeentelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten' geeft hierover meer informatie.

²⁸ Het BENOR-keurmerk garandeert dat de kwaliteit van het product in kwestie in overeenstemming is met de Belgische normen (NBN) en bovendien onderworpen is aan zowel interne als externe controles (Belgisch Instituut voor Normalisatie, 2002).

de doorlaatbaarheid van de ondergrond minstens 3,6 mm per uur zijn opdat het regenwater niet te lang blijft staan. Bovendien dient de grondwatertafel zich minstens 0,7 meter diep te bevinden. Indien de ondergrond onvoldoende hemelwater absorbeert maar het grondwater toch diep genoeg zit, kan de particulier in een laagte waarin hij het regenwater verzamelt filterbedmateriaal aanbrengen. Een dergelijke combinatie van een filtratiekom met filterbed bestempelt CeDuBo (2006) als een wadi²⁹. Dit systeem bevordert de infiltratie en bezit tevens een bufferende capaciteit.

3.5.1.2 Buffering

Indien een infiltratiesysteem moeilijk uitvoerbaar is bij een bepaalde woning, opteert de eigenaar best voor buffering van het hemelwater. Bij bufferen houdt hij het regenwater zoveel mogelijk op een bepaalde plaats. Een groen dak kan bijvoorbeeld fungeren als een buffer voor hemelwater. (CeDuBo, 2000) De VMM (2000) maakt de particulier er attent op dat hij voor dit type dak kan kiezen indien zijn woning een warm dak bezit. Een dunne laag geselecteerde mossen vervangt dan de ballast boven de dakdichting. Lence et al. (2005) merken bovendien op dat deze planten als een bijkomende isolatie optreden tijdens de winter en gedurende de zomerperiode zelfs warmte aan de woning onttrekken. Verder absorberen en verdampen ze een groot deel van het opgevangen regenwater.

3.5.2 Afvalwater

Om het rendement van zuiveringsinstallaties te optimaliseren, kiezen gemeentes steeds vaker voor een gescheiden rioolstelsel dat regen- en afvalwater afzonderlijk afvoert. Hierdoor kan ook de grootte van de rioleringen voor afvalwater gereduceerd worden. (Interelectra, 2005) Deze openbare rioleringen zijn volgens Van Geystelen (2003) opgesplitst in drie zuiveringszones³⁰. Rioleringen in de zuiveringszone A zijn reeds aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). In zone B is deze aansluiting gepland voor de toekomst op basis van een investerings- of subsidiëringprogramma. Zuiveringszone C bevat tenslotte de gebieden die geen deel uitmaken van de zones A of B. Zoals tabel 10 aantoont, moeten particulieren in de zone C en in niet gerioleerde gebieden zelf individueel voorzien in de zuivering van het afvalwater en dit in tegenstelling tot inwoners van de zones A en B.

²⁹ Wadi staat voor Water Drainage en Infiltratie (Interelectra, 2005).

³⁰ Een zuiveringszone is een gebied van 50 meter rondom het rioleringsstelsel (Van Geystelen, 2003).

Tabel 10: Afvalwaterbehandeling (Dialoog vzw, 2006b)

	A	B	C	Niet gerioleerd
Definitie	Afvalwater naar RWZI	Afvalwater in toekomst in RWZI	Afvalwater niet in RWZI	Afvalwater in oppervlaktewater of bodem
Aansluiting op riool	Verplicht	Verplicht	Verplicht	Niet van toepassing
Septische put	Neen	Neen	Enkel bij bestaande lozing	Enkel bij bestaande lozing
Individueel zuiveren	Neen	Neen	Verplicht bij nieuwbouw	Verplicht bij nieuwbouw

3.5.3 Sanitair warm water

Dialoog vzw (2006b) geeft aan dat één derde tot de helft van het dagelijks waterverbruik per persoon bestaat uit sanitair warm water. Greenpaece (2006) bespreekt twee zuinige alternatieven voor de productie hiervan, namelijk gasgeisers zonder waakvlam en zonneboilers. Gasgeisers warmen het water op wanneer het erdoor stroomt. Indien deze toestellen een elektronische ontsteking bezitten, is een waakvlam bovendien overbodig. Hierdoor spaart de particulier bij een middelgrote aardgasgeiser 100 tot 150 m³ aardgas per jaar uit. Verder biedt de markt naast doorstroominstallaties ook goede boilers op aardgas aan. Stilstandverliezen zorgen er echter voor dat deze toestellen meer verbruiken. Het onderdeel '3.4.6.1 Zonne-energie' gaat tenslotte dieper in op de werking en de verschillende voordelen van zonneboilers.

3.5.4 Gedrag van de inwoners

Een particulier bezit dus de mogelijkheid om zijn woning van allerlei technieken te voorzien om zuiniger met leidingwater om te springen, meer regenwater te benutten, minder afvalwater te produceren en het sanitair warm water zo zuinig mogelijk te verwarmen. Nochtans hangt het uiteindelijke verbruik m.i. nog steeds sterk af van de bewustwording en het gedrag van de inwoners zelf.

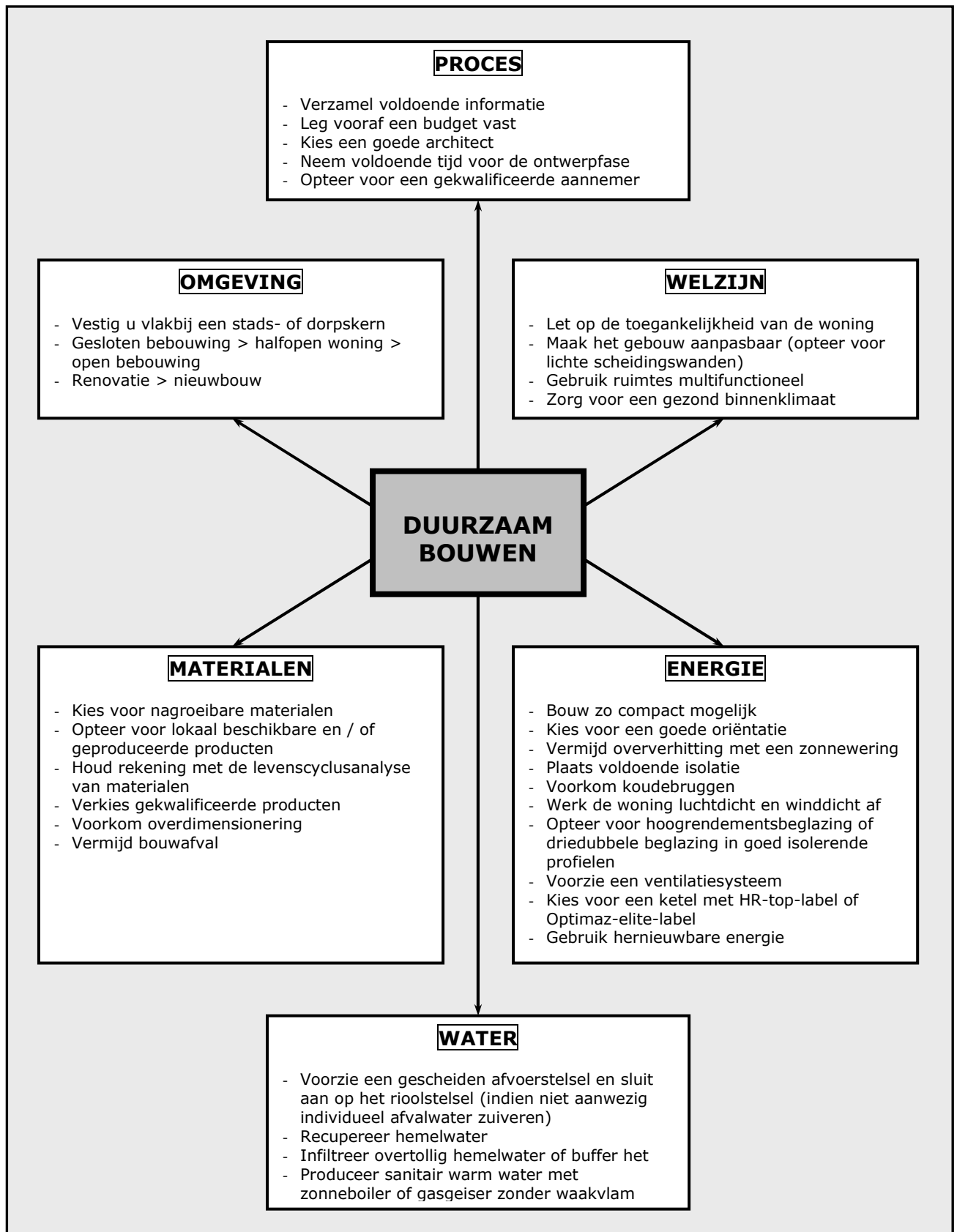
3.6 Materialen

Bij de keuze van de materialen houdt de particulier best rekening met de afvalstromen, de emissies en het energie- en het grondstoffenverbruik die tijdens de levenscyclus van een product kunnen ontstaan (VCB, 2005 en Thormark, 2006). Een levenscyclusanalyse geeft aan in welke mate een grondstof het toekomstige leven op aarde belast tijdens de grondstofwinning, de productiefase, het transport, het verbruik, de sloop- en de recyclagefase (Franco, 2006 en Cole et al., 2000). In dit kader opteert de burger ook best voor lokaal beschikbare en / of geproduceerde

grondstoffen (Meetlat Duurzaam Bouwen, 2007). CeDuBo (2006) wijst er daarenboven op dat de consument ook best aandacht besteedt aan de functionaliteit van het product en de bijdrage ervan tot de totale energiebesparingen van de woonst. Dialoog vzw (2006b) vermeldt bovendien dat de consument efficiënt dient om te springen met elk product en het zodoende niet meer dient te gebruiken dan nodig. Een overdimensionering van de woning oefent hier uiteraard een negatieve invloed op uit. De particulier beperkt immers best zo veel mogelijk de hoeveelheid bouwafval. (Meetlat Duurzaam Bouwen, 2007) De voorraden van toekomstige generaties mogen namelijk niet in het gedrang komen (Althaus et al., 2005). Steunpunt Duurzaam Bouwen (2006) en Gustavsson en Sathre (2006) geven nog aan dat de particulier best nagroeibare materialen, bijvoorbeeld hout, verkiest. Een FSC-label, dat waarborgt dat het hout in kwestie afkomstig is uit duurzaam beheerde bossen, is hierbij essentieel. (Alberts en van den Dobbelsteen, 2001)

3.7 Samenvatting

Aangezien duurzaam bouwen duidelijk veel facetten bevat, is het onmogelijk om een exacte definitie van het concept te geven. Duurzaam bouwen bestaat in feite uit een continuüm waarbij een specifieke woning meer of minder duurzaam is dan een andere. Omdat een huis niet kan bestempeld worden als duurzaam of onduurzaam, zijn er ook geen statistieken beschikbaar die weergeven hoeveel Vlamingen doorgaans duurzaam bouwen. Figuur 3 geeft een overzicht van de verschillende aspecten die bepalen of een woning beter of slechter scoort inzake duurzaamheid.



Figuur 3: Verschillende aspecten van duurzaam bouwen

HOOFDSTUK 4: REGELGEVING DUURZAAM BOUWEN

Er zijn in het verleden al onnoemelijk veel richtlijnen, wetten, decreten en besluiten verschenen aangaande de verschillende aspecten van duurzaam bouwen. Dit hoofdstuk beperkt zich echter tot de belangrijkste en meest recente wijzigingen die de wetgeving heeft doorstaan en sluit af met een overzicht van de beschikbare financiële steunmaatregelen.

4.1 Energieprestatieregelgeving

De energieprestatieregelgeving kwam tot stand naar aanleiding van de Europese richtlijn 2002/91/EG betreffende de energieprestatie van gebouwen. Deze regel, die het Europees parlement introduceerde op 16 december 2002, legt de lidstaten van de Europese Unie een aantal verplichtingen op inzake het energieverbruik van woningen. De lidstaten moeten hierdoor o.a. een methode ontwikkelen en implementeren om de energieprestaties van gebouwen te berekenen (artikel 4). Bovendien dienen ze ook minimumeisen voor de energetische prestatie van bouwprojecten in te voeren. Hierbij moeten ze tevens rekening houden met het binnenklimaat van de betreffende woningen. (artikel 5) Verder dienen de lidstaten een energieprestatiecertificaat op te stellen om mogelijke kopers en huurders te informeren over de energetische kwaliteit van het gebouw (artikel 7). Ze moeten daarenboven een regelmatige keuring van centrale verwarmingsketels met een nominaal vermogen van minstens 20 kW (artikel 8) en airconditioningsystemen met een nominaal koelvermogen van ten minste 12 kW (artikel 9) verplichten. Elke lidstaat werd tenslotte verplicht artikel 4 en 5 tegen 4 januari 2006 om te zetten in een nationale of regionale wetgeving. Voor artikel 7, 8 en 9 is de deadline vastgesteld op 4 januari 2009.

Als reactie op bovenstaande Europese richtlijn, ging in het Vlaams Gewest vanaf 1 januari 2006 de energieprestatieregelgeving van kracht. Aan de basis hiervan liggen het energieprestatiedecreet³¹ van 7 mei 2004 en het besluit van de Vlaamse Regering van 11 maart 2005. Deze regelgeving varieert bovendien voor renovatie- en nieuwbouwprojecten. Aangezien deze thesis zich echter beperkt tot nieuwbouwwoningen, volgt hierna enkel een uiteenzetting van dit onderdeel van de energieprestatieregelgeving.

4.1.1 EPB-eisen³²

Het besluit dat de Vlaamse Regering goedkeurde op 11 maart 2005 onderscheidt drie categorieën eisen voor nieuwbouwprojecten. De volgende paragrafen gaan dieper in op deze klassen.

³¹ 7 mei 2004 – Decreet houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat voor gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat (B.S., 30 juli 2004)

³² Dit staat voor Energieprestatie- en Binnenklimaatseisen (Vlaams Gemeenschap, 2007).

4.1.1.1 Thermische isolatie-eisen

Artikel 3 verklaart dat het globale isolatieniveau of het K-peil van nieuwbouwwoningen kleiner moet zijn dan of gelijk aan K45. Bovendien dienen de warmtedoorgangscoefficienten of de U-waardes van de constructieonderdelen ten hoogste de waardes uit onderstaande tabel te bedragen.

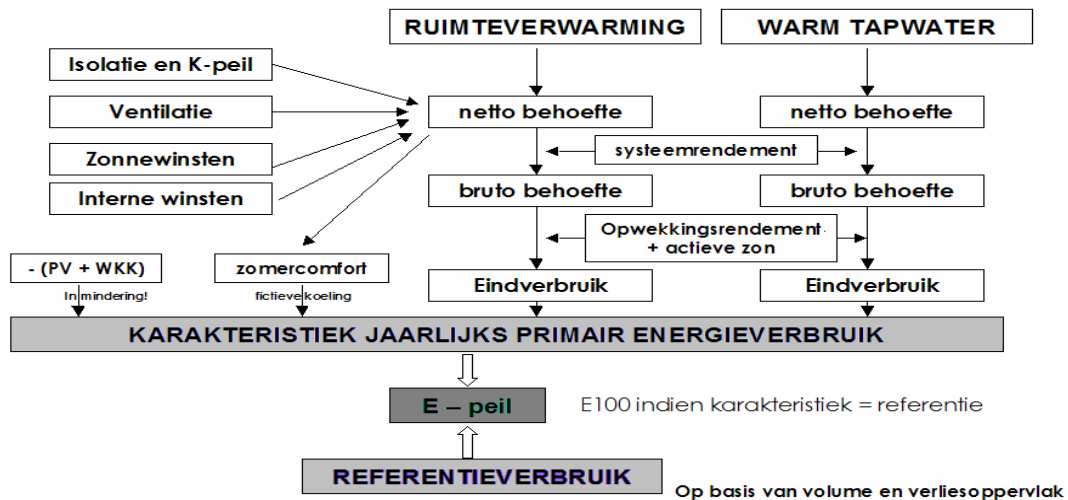
Tabel 11: U-waardes van constructiedelen (B.S., 17 juni 2005)

Constructiedeel	Maximale U-waarde
Dak of plafond naar niet-geïsoleerde zolder	0,4 W/m ² K
Buitenmuur	0,6 W/m ² K
Vloer boven een buitenomgeving	0,6 W/m ² K
Binnenvloeren	0,4 W/m ² K
Gemene muur naar buurgebouw	1 W/m ² K
Venster (glas en schrijnwerk)	2,5 W/m ² K
Beglazing	1,6 W/m ² K
Deuren en poorten	2,9 W/m ² K

4.1.1.2 Energieprestatie-eisen

Het E-peil vormt een maatstaf voor de energetische prestatie van een woning (Vlaamse Gemeenschap, 2007). Des te lager de waarde van deze parameter is, des te energiezuiniger is het gebouw. Artikel 9 van het besluit in kwestie bepaalt dat voor de berekening van deze maatstaf het totale energieverbruik van de woning moet omgerekend worden naar de primaire behoefte aan energie³³. Zoals blijkt uit figuur 4, houdt het E-peil ook rekening met een aantal niet verplichte maatregelen. Deze parameter is volgens de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (ANRE, 2006a) namelijk beïnvloedbaar door o.a. de compactheid, het isolatieniveau, de luchtdichtheid, de ventilatie, het verwarmingssysteem, de oriëntatie, de zoninval, het systeem voor sanitair warm water en de airco-installatie van het gebouw. Hoe energiezuiniger de keuzes van de particulier hiervoor zijn, des te beter het huis uiteraard scoort op vlak van energieprestatie. Bijgevolg ligt het E-peil in dit geval ook lager.

³³ Het primair energieverbruik geeft weer hoeveel grondstoffen er uit de bodem gehaald worden om aan het eindverbruik van de woning te voldoen. Het gaat hierbij om de hoeveelheid grondstoffen in hun natuurlijke vorm, dus voor enige technische omzetting. (Dialoog vzw, 2006a)



Figuur 4: Berekeningsmethode van het E-peil (Dialogo vzw, 2006a)

Het besluit van de Vlaamse Regering van 11 maart 2005 geeft in artikel 12 aan dat het E-peil van nieuwbouwprojecten kleiner moet zijn dan of gelijk aan E100. Elke wooneenheid³⁴ van het op te richten gebouw moet trouwens voldoen aan deze beperking. Centrum Duurzaam Bouwen (CeDuBo, 2006) bestempelt gebouwen met een E-peil van ongeveer E60 als laag-energiewoningen. Doorgaans ligt het energieverbruik hiervan 50 tot 60 % lager dan bij klassieke woningen. ANRE (2007) merkt op dat passiefhuizen³⁵ zelfs nog een stapje verder gaan. Dergelijke gebouwen halen namelijk slechts een E-peil van circa E30. Passiefwoningen hebben bijgevolg geen behoefte aan additionele verwarming gedurende de winter en hebben evenmin nood aan extra koeling tijdens de zomer.

Indien de particulier voor een nieuwbouwproject de aanvraag tot een stedenbouwkundige vergunning indiende tussen 1 januari en 30 juni 2006, kreeg hij de mogelijkheid om te beantwoorden aan ofwel de thermische isolatie-eis K45 enerzijds, ofwel de vereiste energieprestatie E100 anderzijds. Artikels 29 en 30 van het besluit in kwestie gaan dieper in op deze overgangperiode van zes maanden. Vanaf 1 juli 2006 moeten nieuwbouwwoningen echter voldoen aan beide eisen.

4.1.1.3 Binnenklimaateisen

Artikel 7 schrijft voor dat elke nieuwbouwwoning vanaf 1 januari 2006 moet voorzien zijn van een ventilatiesysteem dat conform de Belgische ventilatienorm NBN D 50-001 een gezond

³⁴ 11 maart 2005 – Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van de eisen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen, artikel 1: Een wooneenheid is elke eenheid in een woongebouw die over de nodige woonvoorzieningen beschikt om autonoom te kunnen functioneren. (B.S., 17 juni 2005)

³⁵ Passiefwoningen bezitten doorgaans een aantal specifieke kenmerken zoals o.a. driedubbele beglazing, een ventilatiesysteem met warmterecuperatie en isolatiediktes van 18 tot 35 cm om het energieverbruik aanzienlijk te beperken (Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen & Wonen (VIBE) et al., 2006).

binnenklimaat waarborgt. Deze norm van 1991 stipuleert dat de particulier in principe 3,6 m³ lucht per uur per vierkante meter vloeroppervlakte van de betreffende ruimte dient te verversen. De keuze van het type ventilatiesysteem staat vrij maar het E-peil houdt wel rekening met de energiezuinigheid van de techniek in kwestie. Het onderdeel '3.4.4 Ventilatie' gaat dieper in op de mogelijke ventilatiesystemen. Verder vereist de energieprestatieregelgeving ook dat de eigenaars van nieuwbouwprojecten oververhitting van de woning beperken (ANRE, 2006a).

4.1.2 Energieprestatiecertificaat

Het energieprestatiedecreet van 7 mei 2004 bevat naar analogie met de Europese richtlijn 2002/91/EG een aantal bepalingen aangaande een energieprestatiecertificaat. Dit certificaat, dat verplicht is vanaf 2009, geeft aan de particulier een uiteenzetting van de energetische efficiëntie van zijn woning. Bovendien bevat het een opsomming van mogelijke energiebesparende maatregelen die op korte termijn terugverdienbaar zijn. Verder bepaalt artikel 28 van het betreffende decreet dat de eigenaar van het gebouw dit document ter beschikking moet kunnen stellen bij de verkoop of de verhuur ervan. Op deze manier krijgen potentiële kopers en huurders de kans om de energieprestatie van verschillende woningen te vergelijken. Daarenboven legt het decreet in kwestie voor het certificaat een geldigheidsduur van hoogstens tien jaar op. Tenslotte merken Couder et al. (2005) op dat een erkende energiedeskundige³⁶ dit document moet opmaken.

4.1.3 Controles en boetes

Het energieprestatiedecreet stipuleert het volledige proces dat voorafgaat aan de uiteindelijke EPB-aangifte. In artikel 9 geeft dit decreet aan dat de particulier bij de aanvraag tot een stedenbouwkundige vergunning reeds een EPB-voorstel moet indienen. Dit document ondertekenen zowel de aanvrager als de betrokken architect. Artikel 10 wijst er vervolgens op dat de particulier voor de start van de bouwwerken een verslaggever dient aan te stellen. Hiervoor heeft hij de keuze tussen de architect of een ander bevoegd persoon. Verder moet de particulier ten minste acht dagen voor het aanvangen van de werkzaamheden een startverklaring opsturen naar het College van Burgemeester en Schepenen van de gemeente in kwestie. Zowel de aangifteplichtige, de architect als de aangestelde verslaggever zijn verplicht om deze verklaring van een handtekening te voorzien. Na het voltooien van de constructiewerken moet de particulier uiteindelijk de EPB-aangifte overhandigen aan het gemeentebestuur. In dit formulier is de verslaggever vereist,

³⁶ 17 juni 2005 – Besluit van de Vlaamse Regering houdende de erkenning als energiedeskundige voor woningen en houdende de uitvoeringsvoorwaarden van de energieaudit voor woningen. (B.S., 5 augustus 2005)

Artikel 2: Om door het Vlaams Gewest erkend te kunnen worden als energiedeskundige voldoet de kandidaat-energiesdeskundige aan de volgende voorwaarden:

1° houder zijn van een getuigschrift behaald bij het Vlaams Instituut voor Zelfstandig Ondernemen (VIZO) dat hoogstens twaalf maanden voor de erkenningsaanvraag werd uitgereikt;

2° minstens houder zijn van een diploma secundair onderwijs;

3° zich ertoe verbinden de verklaring op eer voor energiedeskundigen voor woningen na te leven.

conform artikel 14, te beschrijven over welke maatregelen de woning beschikt op het vlak van energieprestatie en binnenklimaat en moet hij bepalen of het gebouw voldoet aan de EPB-eisen. Artikel 15 bepaalt tenslotte dat de particulier deze aangifte, ondertekend door de verslaggever en zichzelf, ten laatste zes maanden na de ingebruikname van het gebouw dient in te zenden.

Bij elk bouwproject controleert de overheid vervolgens deze administratieve procedures. Als deze controles aangeven dat de particulier het naliet om een verslaggever aan te stellen of de EPB-aangifte tijdig in te dienen, verplicht de administratie de betrokkene de verplichtingen alsnog in orde te brengen binnen een opgelegde termijn. Indien de particulier echter in gebreke blijft, bepalen artikel 23 en 24 van het energieprestatiedecreet dat hij een administratieve geldboete van 250 euro ontvangt. Als uit de EPB-aangifte overigens blijkt dat de aangifteplichtige de EPB-eisen onvoldoende respecteerde, volgt onherroepelijk ook een administratieve geldboete. Artikel 25 legt de betrokkene in dat geval een boete op van 60 euro per afwijking van 1 W/K inzake de thermische isolatie-eisen, 0,24 euro per verschil van 1 MJ per jaar voor de energieprestatie-eisen en 4 euro per deviatie van 1 m³ per uur wat betreft de ventilatievoorzieningen. De totale administratieve boete hiervoor bedraagt ten minste 125 euro. Verder verricht de overheid ook steekproefsgewijze inspecties op de bouwwerf tijdens verschillende fases in het proces. Enerzijds voeren de bevoegde autoriteiten namelijk controles uit gedurende de constructiewerken, waarbij ze vooral letten op zaken die na afwerking nog met moeite te beoordelen zijn zoals o.a. vloerisolatie en muurisolatie. Anderzijds inspecteren de gemachtigde instanties de woning ook na voltooiing van de werkzaamheden op zaken die eenvoudig waarneembaar zijn zoals o.a. het ventilatiesysteem. (Vlaamse Gemeenschap, 2007) Artikel 26 bepaalt tot slot dat de verslaggever onvermijdelijk een administratieve boete krijgt, indien uit deze controles op de bouwwerf blijkt dat de EPB-aangifte niet overeenstemt met de werkelijkheid. Zoals tabel 12 duidelijk aantoont, wordt de boete hiervoor op dezelfde wijze berekend zoals in artikel 25.

Tabel 12: Overzicht van mogelijke boetes betreffende de EPB-aangifte

	Aangifteplichtige <i>(Eigenaar)</i>			Verslaggever <i>(Architect of ander bevoegd persoon)</i>		
1. Verzuim inzake aanstelling verslaggever of indiening EPB-aangifte	€ 250					
2. EPB-aangifte vertoont tekortkomingen aangaande de EPB-eisen	Min. € 125					
	<i>Thermische isolatie-eisen:</i>	Energieprestatie-eisen: € 0,24 per deviatie van 1 MJ	Ventilatie-eisen: € 4 per afwijking van 1 m ³ /uur			
3. Uit controle op werf blijkt dat werkelijkheid niet strookt met EPB-aangifte				Min. €125		
	<i>Thermische isolatie-eisen:</i>	Energieprestatie-eisen: € 0,24 per verschil van 1 W/K	Ventilatie-eisen: € 4 per afwijking van 1 m ³ /uur			

4.2 Liberalisering van de energiemarkt

De richtlijn 96/92/EG van het Europees parlement betreffende gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor elektriciteit van 19 december 1996 reglementeert de vrijmaking van de energiemarkt op Europees niveau. Sinds 1 juli 2003 is de liberalisering van de energiemarkt ook in Vlaanderen een voldongen feit³⁷. Aan de basis hiervan liggen het elektriciteitsdecreet³⁸ van 17 juli 2000 en het aardgasdecreet³⁹ van 6 juli 2001. Om de vrije concurrentie tussen de leveranciers te verzekeren, is sinds de vrijmaking van de energiemarkt de activiteit 'energie verkopen' gescheiden van 'netten beheren'. Door deze liberalisering krijgen consumenten de mogelijkheid om hun elektriciteits- of aardgasleverancier zelf te kiezen en dit in tegenstelling tot de netbeheerder die streekgebonden is. De particulier kan door de vrijmaking van de energiemarkt overigens genieten van lagere prijzen en een betere dienstverlening aangepast aan de behoeftes van de klant. (Electrabel, 2006) Conform artikel 27 en 28 van het elektriciteitsdecreet, richtte de overheid overigens reguleringsinstanties op die instaan voor de controle, de transparantie en de regulering van de energiemarkt. Op federaal niveau is deze bevoegdheid toegekend aan de Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas (CREG). Artikel 24 van het aardgasdecreet bepaalt dat de verantwoordelijkheid voor de Vlaamse elektriciteits- en gasmarkt is toegewezen aan de Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits- en de Gasmarkt (VREG).

4.3 Gemeentelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten

Het besluit van de Vlaamse Regering van 1 oktober 2004⁴⁰ bepaalt in artikel 3 dat eigenaars van nieuwbouwwoningen met een horizontale dakoppervlakte groter dan 75 m² verplicht een hemelwaterput moeten plaatsen. Dit besluit, dat in werking trad op 1 februari 2005, schrijft overigens voor dat deze put dient voorzien te zijn van een pompinstallatie en een overloop⁴¹. Bovendien moet, conform paragraaf 3 van artikel 4, het volledige dak in de put afwateren. Enkel bij gesloten bebouwingen kan de afwatering van de helft van de horizontale dakoppervlakte volstaan. Tenslotte geeft paragraaf 2 van artikel 4 aan dat het volume van de hemelwaterput in verhouding dient te staan tot de totale horizontale dakoppervlakte. Voor woningen met een dakoppervlakte van 100 m² is een put van ten minste 3000 liter vereist. Gebouwen met een dak tussen 100 en 150 m² vereisen zelfs een hemelwaterput met een grootte van minimum 5000 liter. Indien het nieuwbouwproject echter over een dakoppervlakte groter dan 150 m² beschikt, legt het besluit een volume van minstens 7500 liter op.

³⁷ 11 oktober 2002 – Besluit van de Vlaamse Regering betreffende de inwerkingtreding van de bepalingen van het Aardgasdecreet (B.S., 18 oktober 2002)

³⁸ 17 juli 2000 – Decreet houdende de organisatie van de elektriciteitsmarkt (B.S., 22 september 2000)

³⁹ 6 juli 2001 – Decreet houdende de organisatie van de gasmarkt (B.S., 3 oktober 2001)

⁴⁰ 1 oktober 2004 – Besluit van de Vlaamse Regering houdende vaststelling van een gewestelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten, infiltratievoorzieningen, buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afvalwater en hemelwater (B.S. 8 november 2004)

⁴¹ Deze overloop treedt een aantal maal per jaar in werking, waardoor het water in de put ververst wordt. Het is best om de overloop aan te sluiten op een infiltratieput, een infiltratiekom, een vijver of een gracht. (Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), 2000)

4.4 Financiële steunmaatregelen

Veel duurzame maatregelen bij nieuwbouwprojecten vergen aanvankelijk hoge investeringskosten van de eigenaar en zijn slechts op lange termijn recupereerbaar. Om de particulier toch de mogelijkheid te geven om te opteren voor dergelijke technieken, bieden diverse instanties, zoals o.a. de federale overheid, het Vlaams Gewest, enkele provincies, sommige gemeentes en de netbeheerders, op verschillende wijzen financiële steun aan.

4.4.1 Belastingvermindering

Vanaf aanslagjaar 2004, inkomstenjaar 2003, is artikel 145²⁴ van het Wetboek van de Inkomstenbelastingen (W.I.B.) van 1992 van kracht. Dit artikel, toegevoegd door artikel 33 van de wet van 10 augustus 2001 houdende de hervorming van de personenbelasting, voorziet een belastingvermindering voor uitgaven die effectief betaald zijn tijdens het betreffend belastbaar tijdperk om een rationeler energiegebruik in een woning te waarborgen. Om in aanmerking te komen voor deze vermindering moet de belastingplichtige eigenaar, bezitter, erfpachter, opstalhouder of vruchtgebruiker van het gebouw in kwestie zijn. Artikel 2 van de wet van 31 juli 2004 bepaalt dat vanaf aanslagjaar 2006, inkomstenjaar 2005, ook huurders aanspraak maken op de belastingvermindering. Bovendien legt deze wet het verminderingspercentage vast op 40% van de werkelijke uitgaven met een maximum te recupereren bedrag van 1.000 euro (niet-geïndexeerd) per woning. Voor het aanslagjaar 2007, inkomstenjaar 2006, komt dit geïndexeerd plafond neer op 1.280 euro. Sinds het aanslagjaar 2008, inkomstenjaar 2007, geldt echter een maximum van 2.000 euro (niet-geïndexeerd) per woning⁴². Voor het huidige inkomstenjaar betekent dit een geïndexeerde limiet van 2.600 euro. Specifiek voor zonneboilers en fotovoltaïsche zonnepanelen is de maximale niet-geïndexeerde fiscale aftrek zelfs verhoogd tot 2.600 euro (geïndexeerd 3.380 euro). (Federale Overheidsdienst (FOD) Financiën, 2007) Artikel 1 van het koninklijk besluit van 20 december 2002 schrijft overigens voor dat een door de Federale Overheidsdienst geregistreerde aannemer⁴³ de werkzaamheden moet uitvoeren om werkelijk recht te hebben op een belastingvermindering.

⁴² 27 december 2006 – Programmawet, artikel 11 (B.S., 28 december 2006)

⁴³ 20 december 2002 – Koninklijk besluit tot wijziging van het KB/WIB 92 inzake de belastingvermindering voor energiebesparende uitgaven in een woning (B.S., 28 december 2002)

Artikel 1: Hiervoor moet de door de geregistreerde aannemer uitgereikte factuur bovendien:

- a) de woning aangeven waar de werken worden uitgevoerd;
- b) de volgende formule bevatten:
"Verklaring met toepassing van artikel 63¹¹ van het KB/WIB 92 betreffende de uitgevoerde werken die zijn bedoeld in artikel 145²⁴ van het Wetboek van de Inkomstenbelastingen 1992
Ik, ondergetekende ... bevestig dat:
- ... (per maatregel de vermeldingen overnemen die worden opgelegd door bijlag IIbis van het KB/WIB 92)

(datum), (naam), (handtekening)."

Artikel 145²⁴ van het W.I.B. 92 omschrijft acht categorieën van uitgaven waarvoor de particulier een belastingvermindering kan aanvragen. Hiervan zijn er twee enkel van toepassing voor renovatieprojecten, namelijk de kosten voor de vervanging van oude stookketels en de uitgaven voor een energie-audit van de woning. Een toelichting van de overige zes maatregelen volgt in onderstaande paragrafen.

4.4.1.1 Installatie van een zonneboiler

Het koninklijk besluit van 20 december 2002 bepaalt de voorschriften waaraan de zonneboiler moet beantwoorden om in aanmerking te komen voor een belastingvermindering. Zo moet de geregistreerde aannemer op de factuur bevestigen dat de panelen georiënteerd zijn tussen het oosten en het westen via het zuiden. Verder dient hij ook aan te geven dat de betreffende techniek in staat is om een eventueel probleem van legionellose⁴⁴ te voorkomen. Artikel 1 van het koninklijk besluit van 23 juni 2004 voegt hieraan toe dat de hellingshoek van de panelen tussen 0 en 70° ten opzichte van de horizon moet liggen.

4.4.1.2 Plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen

Om voor fotovoltaïsche zonnepanelen een fiscaal voordeel te kunnen ontvangen, moet de geregistreerde aannemer in overeenstemming met het koninklijk besluit van 20 december 2002 in zijn factuur een aantal voorwaarden verifiëren. Kristallijne modellen moeten beantwoorden aan de norm IEC 61215 en een rendement van minstens 12% bezitten. Voor dunne-filmmodules is echter slechts een rendement van minimum 7% vereist. Bovendien behoren deze te voldoen aan de norm IEC 61646. Verder legt dit besluit aan de componenten die de zonne-energie effectief omzetten in elektrische energie (omvormers) een rendement op van ten minste 88% voor autonome systemen. Netgekoppelde systemen moeten hiervoor zelfs een rendement van 91% behalen. Wat de oriëntatie en de hellingshoek van de panelen betreft, gelden overigens dezelfde richtlijnen als bij deze van de zonneboiler.

4.4.1.3 Installatie van een geothermische warmtepomp

Artikel 1 van het koninklijk besluit van 23 juni 2004 onderscheidt twee eisen waaraan een geothermische warmtepomp moet voldoen om kans te maken op een belastingvermindering. In eerste instantie dient de geregistreerde aannemer te bevestigen dat de installatie over een globale prestatiecoëfficiënt van ten minste 3 beschikt. Verder moet hij ook aangeven dat het systeem voorzien is van het EG-kenmerk.

⁴⁴ De ziekteverwekkende kiemen van legionellose of de veteranenziekte zijn terug te vinden in installaties die aerosol produceren. Het is daardoor uitermate belangrijk om de temperatuur van de betreffende installatie onder controle te houden. De laatste jaren worden vooral warmwatervoorzieningen steeds vaker aangewezen als de voornaamste bron voor de veteranenziekte. (De Cuyper et al., 2002)

4.4.1.4 Plaatsing van hoogrendementsbeglazing of superisolerende beglazing

Indien de warmtedoorgangscoefficiënt of de U-waarde van het totale venster hoogstens 2,0 W/m²K bedraagt, komen zowel de kosten van de beglazing als deze van het schrijnwerk in aanmerking voor de fiscale aftrek. Het koninklijk besluit van 20 december 2002 bepaalt dat de geregistreerde aannemer moet verifiëren of de woning voldoet aan deze voorwaarde. Deze maatregel is overigens ook van toepassing op glazen deuren en op de dubbele beglazing van een veranda (FOD Financiën, 2006).

4.4.1.5 Aanbrengen van dakisolatie

Particulieren die investeren in dakisolatie kunnen genieten van dit fiscaal voordeel indien de geregistreerde aannemer, naar analogie met het koninklijk besluit van 20 december 2002, kan bevestigen dat het gebruikte isolatiemateriaal een warmteweerstand of R-waarde bezit van minimum 2,5 m²K/W. De FOD Financiën (2006) wijst er bovendien op dat bij onbewoonde zolders de isolatie van de zoldervloer ook in aanmerking komt voor deze maatregel.

4.4.1.6 Installatie van thermostatische kranen op radiatoren of een kamerthermostaat met tijdschakeling

Om fiscaal voordeel te verkrijgen voor de plaatsing van thermostatische kranen en de installatie van een kamerthermostaat, definieert het koninklijk besluit van 20 december 2002 twee vereisten. Als eerste voorwaarde geldt dat de geregistreerde aannemer op de factuur moet noteren dat hij thermostatische kranen of een kamerthermostaat, eventueel met externe sonde, heeft geïnstalleerd voor de warmteregeling van een centraal verwarmingssysteem. Indien hij trouwens beide heeft geplaatst, schrijft de tweede eis voor dat het noodzakelijk is dat hij dit duidelijk weergeeft op de factuur in kwestie.

4.4.2 *Groenestroomcertificaten*

De richtlijn 2001/77/EG van het Europees parlement en de Raad van 27 september 2001, betreffende de bevordering van de elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen op de interne elektriciteitsmarkt, reglementeert de vraag naar hernieuwbare energie. Zo bepaalt artikel 3 van deze richtlijn dat tegen 2010 minstens 22,1% van het totaal elektriciteitsverbruik van de Europese Unie uit groene stroom moet bestaan. Bovendien legt het Europees parlement ook voor elke lidstaat apart een doelstelling op. Tegen 2010 dient België bijvoorbeeld 6% van de totale elektriciteitsvraag uit hernieuwbare energiebronnen te onttrekken. Verder schept de richtlijn ook voor elke lidstaat de mogelijkheid om certificaten in te voegen die aantonen hoe het land de groene stroom creëert en die het percentage hernieuwbare energie waarborgen.

Sinds de liberalisering van de Vlaamse energiemarkt in 2003 zijn er meerdere netbeheerders beschikbaar (Dialogo vzw, 2006b). In het elektriciteitsdecreet van 17 juli 2000 krijgen deze een aantal openbare dienstverplichtingen opgelegd door de Vlaamse regering. Dit decreet ligt in Vlaanderen ook aan de basis van groenestroomcertificaten (GSC). Artikel 19 hiervan stipuleert namelijk dat netbeheerders o.a. verplicht zijn om het rationeel energiegebruik (REG) te bevorderen en om te investeren in de productie van groene stroom of het systeem van GSC. Dit systeem, dat officieel in werking trad op 1 januari 2002, bevat twee componenten. Enerzijds beschikken producenten die elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen vervaardigen in het Vlaams Gewest over de mogelijkheid om per 1.000 kWh⁴⁵ een certificaat aan te vragen bij de VREG. Anderzijds zijn elektriciteitsleveranciers vereist om jaarlijks, voor 31 maart van het daaropvolgende jaar, een bepaalde hoeveelheid GSC in te leveren bij de reguleringsinstantie in kwestie. (VREG, 2007) Hiervoor kunnen ze zelf groene stroom produceren of GSC aankopen op de markt tegen een schommelende prijs zoals tabel 13 verduidelijkt. Bij GSC voor de productie van energie via fotovoltaïsche zonnepanelen geldt een specifieke regeling. Deze wordt toegelicht in '4.3.4 Gewestelijke subsidies'.

Aan de hand van het aantal verkregen GSC kan de VREG vervolgens bepalen of het aandeel van de groene stroom in Vlaanderen voldoende groot is in verhouding tot de norm bepaald in de richtlijn 2001/77/EG. (Boeckx et al., 2006) Indien een elektriciteitsleverancier er tenslotte niet in slaagt om voldoende GSC in te leveren bij de VREG, moet hij een boete betalen in verhouding tot het aantal certificaten dat hij tekort komt. Per ontbrekend GSC krijgt hij namelijk een administratieve boete van 125 euro opgelegd. (VREG, 2007)

Tabel 13: Gegevens van de verhandelde groenestroomcertificaten per inleveringsronde (VREG, 2007)

Periode	Aantal verhandelde GSC	Gemiddelde jaarprijs van één GSC (€)
1 januari 2002 – 31 maart 2003	94.645	73,85
1 april 2003 – 31 maart 2004	155.713	91,18
1 april 2004 – 31 maart 2005	226.505	109,01
1 april 2005 – 31 maart 2006	Zonder GvO ⁴⁶ : 536.258 Met GvO: 42.944	110,30 111,58
1 april 2006 – 31 maart 2007	Zonder GvO: 120.589 Met GvO: 359.018	108,66 109,73

⁴⁵ 16 juli 2002 – Koninklijk besluit betreffende de instelling van mechanismen voor de bevordering van elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen, artikel 7, paragraaf 3 (B.S., 23 augustus 2002)

⁴⁶ De GSC die de VREG vanaf januari 2006 uitreikt zijn ook bruikbaar als garantie van oorsprong (GvO) indien de geproduceerde elektriciteit in het transmissie- of distributienet wordt geïnjecteerd (VREG, 2007).

4.4.3 Terugdraaiende kilowattuurmeter

Bij netgekoppelde fotovoltaïsche zonnepanelen krijgt de particulier een compensatie voor de geleverde energieproductie door het terugdraaien van de elektriciteitsverbruiksmeter. Voor vermogens tot 10 kW bepaalt het Technisch Reglement Distributie van de VREG dat de kilowattmeter de mogelijkheid moet kunnen terugdraaien. Indien niet, moet de distributienetbeheerder de meter aanpassen op eigen kosten. De bijbehorende terugleververgoeding is afhankelijk van de elektriciteitsleverancier en varieert doorgaans tussen de 0,15 en 0,17 euro/kWh. Deze is wel beperkt tot het eigen jaarlijkse verbruik. (Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen (ODE-Vlaanderen) et al., 2005)

4.4.4 Premies van netbeheerders

Zoals reeds eerder vermeld, is het aantal beschikbare netbeheerders sterk toegenomen sinds de vrijmaking van de Vlaamse energiemarkt (Dialogo vzw, 2006b). Artikel 5 van het elektriciteitsdecreet bepaalt dat deze bovendien gebonden zijn aan de gemeenten en dus, in tegenstelling tot de energieleveranciers, niet vrij te kiezen zijn door de consument.

Artikel 19 stipuleert dat Vlaamse netbeheerders o.a. verplicht zijn om het rationeel energiegebruik (REG) te bevorderen. In dit kader kennen de distributienetbeheerders bijgevolg REG-premies toe aan particulieren die investeren in energiebesparende maatregelen (Gemeentelijk Samenwerkingsverband voor Distributienetbeheer (GeDIS) et al., 2005). Zo bieden een aantal van hen een premie aan van 8 of 10 euro per m² voor de plaatsing van superisolerende beglazing in nieuwbouwwoningen. Verder bieden de meeste netbeheerders ook aan eigenaars met een ventilatiesysteem financiële ondersteuning aan. De beloning hiervoor bedraagt 150 euro. Bij de plaatsing van een condensatieketel op aardgas die voorzien is van het HR-top-label, ontvangt de particulier overigens 125 of 250 euro. Alle netbeheerders verschaffen deze premie. Het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen (GHA) overhandigt bovendien een bijdrage van 10 euro per kW, met een minimum van 125 euro en hoogstens de helft van het factuurbedrag, aan consumenten die een condenserende stookolieketel met een Optimaz-elite-label installeren. De meeste netbeheerders moedigen daarenboven de plaatsing van een warmtepomp aan als hoofdverwarming van de woning op voorwaarde dat het systeem niet bedoeld is voor airconditioning. De toegekende premie hiervoor is afhankelijk van het geïnstalleerde compressorvermogen. Lucht-lucht warmtepompen, welke de warmte uit de buitenlucht halen en de woning vervolgens verwarmen met een luchtblazer, komen echter niet in aanmerking voor deze financiële ondersteuning. De netbeheerder Eandis⁴⁷ sluit zelfs ook lucht-water warmtepompen uit.

⁴⁷ Eandis is een bedrijf dat exploitatietaken uitvoert voor een aantal Vlaamse distributienetbeheerders voor elektriciteit en aardgas, namelijk voor Gaselwest, IGAO, IMEA, Imewo, Intergem, Iveka, Iverlek en Sibelgas. (Eandis, 2007)

Deze pompen onttrekken ook de warmte uit de buitenlucht maar geven warmte af aan water. De toegekende premie hiervoor is overigens afhankelijk van het geïnstalleerde compressorvermogen. Verder steunen alle netbeheerders de plaatsing van zonneboilers met het Belsolarlabel⁴⁸ aan de hand van een bonus die 75 euro per m² collectoroppervlakte en minimum 575 euro bedraagt. In dit geval mag de particulier de zonneboiler echter niet benutten voor de verwarming van zwembaden. Ook als de consument bij de bouw van zijn woning planadvies vraagt over diverse methodes om energie te besparen, heeft hij recht op een beloning. Eandis betaalt dan 75 euro van de totale kosten terug. De netbeheerders onder de koepel van Eandis en PBE moedigen bovendien de particulier ten zeerste aan om te streven naar een lager E-peil. Nieuwbouwwoningen met een E-peil tussen 70 à 75 ontvangen een beloning van 750 euro. Gebouwen die een E-peil bezitten van ten hoogste 70, krijgen zelfs een premie van 850 euro toegekend. Beide financiële maatregelen betreffende het E-peil zijn echter niet cumuleerbaar met andere premies. Verder biedt Eandis nog een bonus aan van 1.500 euro voor woningen die een erkenning verwerven als passiefhuis. Ook deze laatste premie is niet cumuleerbaar met andere tegemoetkomingen van netbeheerders. (ANRE, 2007) Bijlage 1 verschaft tenslotte een duidelijk overzicht van alle mogelijke premies waarvoor nieuwbouwwoningen in aanmerking komen. Deze bijlage toont duidelijk per netbeheerder alle condities waaraan het gebouw moet beantwoorden.

4.4.5 Gewestelijke subsidies

Het Vlaamse Gewest is sinds 1 januari 2006 gestart met een methode om de elektriciteitsproductie via fotovoltaïsche zonnepanelen extra aan te moedigen. Per 1.000 kWh geproduceerde stroom via deze panelen ontvangt de eigenaar een groenestroomcertificaat dat hij bij de netbeheerder kan inruilen tegen een gegarandeerde waarde van 450 euro. Deze maatregel geldt gedurende 20 jaar vanaf de installatie van het systeem. (ANRE, 2007) Bovendien verleent het Vlaams Gewest in 2006 en 2007 hiervoor ook een bijkomende subsidie die 10% van de investeringskosten dekt (Vlaamse Gemeenschap, 2007).

4.4.6 Provinciale subsidies

Ook sommige provinciebesturen kennen voor energiebesparende investeringen premies toe. In Vlaanderen kunnen meer bepaald inwoners van de provincies Vlaams-Brabant, Limburg en West-Vlaanderen beroep doen op verschillende bijkomende financiële steunmaatregelen. (Vlaamse Gemeenschap, 2007)

⁴⁸ De beroepsorganisatie Belsolar streeft ernaar om de toepassingen van zonne-energie te bevorderen. Belsolar groepeerd bedrijven die operationeel zijn in de sector van 'actieve' zonne-energie. De organisatie legt gestandaardiseerde garantiecondities op aan al haar leden (10 jaar op de collector, 5 jaar op het boiler vat en 2 jaar op de overige componenten) en bepaalt minimumcriteria inzake de kwaliteit van de geleverde diensten aan de klant. (Belsolar, 2007)

De provincie Vlaams-Brabant biedt de particulier een premie aan van 625 euro voor de installatie van een zonneboiler. (ANRE, 2007) In 2007 verstrekt de provincie Limburg hiervoor 250 euro aan de particulieren die de eerste 400 aanvragen indienen. Voor de plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen voorziet deze provincie overigens dezelfde maatregel. Verder verleent de provincie Limburg ook een financiële vergoeding aan particulieren die planadvies vragen bij Centrum Duurzaam Bouwen te Heusden-Zolder. Hierdoor betalen de betreffende personen 100 euro in plaats van 200 euro. (Vlaamse Gemeenschap, 2007) De provincie West-Vlaanderen kent een subsidie toe aan zijn inwoners voor de aansluiting op het openbaar waterleidingsnet indien de afstand voor de aansluiting groter is dan 50 meter. De premie dekt één derde van de totale kosten en bedraagt maximum 1.000 euro. Tenslotte verstrekt deze provincie ook een financiële tegemoetkoming aan de particulier bij het plaatsen van een eigen boorput op voorwaarde dat zijn woning niet is aangesloten op het openbaar waterleidingnet en niet of enorm moeilijk erop kan aangesloten worden. West-Vlaanderen neemt dan 25% van de totale kosten met een maximum van 750 euro voor zijn rekening. (Provinciebestuur West-Vlaanderen, 2007)

4.4.7 Steun van de gemeente

In een aantal Vlaamse gemeentes, heeft de eigenaar van een nieuwbouwwoning bovendien recht op bijkomende financiële steunmaatregelen. Heel wat gemeentebesturen keren namelijk een extra premie uit voor o.a. dakisolatie, de installatie van een zonneboiler en voor de plaatsing van fotovoltaïsche zonnepanelen. (ANRE, 2007)

4.4.8 Samenvatting

Tabel 14 geeft tenslotte een overzicht van alle technieken waarvoor financiële steun van verschillende instanties beschikbaar is. Dit schema maakt abstractie van de gemeentelijke premies omdat deze te sterk variëren.

Tabel 14: Financiële steunmaatregelen bij een nieuwbouwproject (aanslagjaar 2008)

	Belastingvermindering	Premies van netbeheerders	Gewestelijke subsidies	Provinciale subsidies
Aansluiting op waterleidingnet				<i>West-Vlaanderen:</i> 33% factuur, max. € 1.000 als afstand groter dan 50 m
Aardgas-Condensatieketel (HR-top)		€ 125 <i>Eandis:</i> € 250, max. 50% factuur <i>GHA:</i> € 10/kW, min. € 125, max. 50% factuur		
Boorput				<i>West-Vlaanderen:</i> 25% factuur, max. € 750 als geen openbaar waterleidingsnet
Dakisolatie	Max. 40% factuur met limiet € 2.600 als R-waarde min. 2,5 m ² K/W			
Fotovoltaïsche zonnepanelen	Max. 40% factuur met limiet € 3.380 via zuiden met helling 0 à 70°		10% factuur en GSC van € 450 per 1000 kWh	<i>Limburg:</i> € 250 aan eerste 400 aanvragen
Geothermische warmtepomp	Max. 40% factuur met limiet € 2.600 als prestatie-coëfficiënt min. 3 en EG-kenmerk	€ 210/kW, max. € 1680, max. 50% factuur, niet voor lucht-lucht pomp behalve bij AGEM <i>Eandis:</i> niet voor lucht-water systeem <i>GHA:</i> € 300/kW, min. € 625		
Hoogrendements-beglazing of superisolierende beglazing	Max. 40% factuur met limiet € 2.600 als U-waarde totale venster max. 2 W/m ² K	<i>Eandis en PBE:</i> € 10/m ² , max. 50% factuur <i>GHA:</i> € 8/m ² , max. 50% factuur		
Passiefhuis		<i>Eandis:</i> € 1.500		
Planadvies		<i>Eandis:</i> € 75, max. 50% factuur		<i>Limburg:</i> € 100 als bij CeDuBo
Radiatorfolie		€ 1/m ² <i>GHA:</i> max. 50% factuur		
Stookolie-condensatieketel (Optimaz Elite)		<i>GHA:</i> € 10/kW, min. € 125, max. 50% factuur		
Thermostatische kranen of kamerthermostaat	Max. 40% factuur met limiet € 2.600			
Ventilatiesysteem met warmterecuperatie		€ 150 behalve bij AGEM <i>Eandis:</i> max. 50% factuur <i>GHA:</i> min. € 125, max. 50% factuur		
Verlaagd E-peil 70		<i>Eandis en PBE:</i> € 850		
Verlaagd E-peil 75		<i>Eandis en PBE:</i> € 750		
Warmtepomp-boiler		<i>GHA :</i> € 625, max. 50% factuur		
Zonneboiler	Max. 40% factuur met limiet € 3.380 via zuiden met helling 0 à 70°	€ 75/m ² , min. € 575, max. € 1500, max. 50% factuur als Belsolar-label <i>GHA:</i> € 150/m ²		<i>Vlaams-Brabant:</i> € 625 <i>Limburg:</i> € 250 aan eerste 400 aanvragen

HOOFDSTUK 5: KOSTEN-BATENANALYSE

Een kosten-batenanalyse vormt de techniek bij uitstek om op een economisch verantwoorde wijze de keuze uit verschillende alternatieven te bevorderen. Deze methode biedt namelijk de mogelijkheid om investeringsprojecten met elkaar te vergelijken. (De Brabander, 2005) Van Rompuy en Verthonghen (2002) verklaren dat de analist bovendien op basis van een sociaal-economische kosten-batenanalyse een systematisch oordeel kan vellen betreffende de wenselijkheid en de economische rendabiliteit van een project. Verthonghen (1992) wijst erop dat hij hiervoor de goede en slechte effecten van een investering met elkaar dient af te wegen. Zo kan hij vervolgens nagaan of het resulterend netto-effect de algemene welvaart van de gemeenschap bevordert.

5.1 Eigenschappen

De kosten-batenanalyse vormt dus een methode om investeringen te evalueren vanuit een sociaal-economisch standpunt. Drie kenmerken typeren deze analyse: ze bezit het gemeenschapsstandpunt, ze rekent alle effecten van het project om in geldeenheden en ze bepaalt tenslotte een kosten-batensaldo. (Blauwens, 1988)

5.1.1 *Optiek van de ganse economische gemeenschap*

Deze analysemethode omvat alle positieve en negatieve effecten van een investering op de gehele gemeenschap (Blauwens, 1988). Hierdoor bestempelt Brent (2003) deze techniek als een maatschappelijke kosten-batenanalyse. Een private kosten-batenanalyse, daarentegen, houdt enkel rekening met de eigen kosten en opbrengsten (De Brabander, 2005).

5.1.2 *Omrekening in geldeenheden*

Deze eigenschap vereist dat de kosten-batenanalyse alle effecten van een project in geldeenheden weergeeft (De Brabander, 2005). Alhoewel het gebruik van één enkele eenheid hiervoor essentieel is, moet dit niet noodzakelijk geld zijn. Meestal prefereert de analist toch geldeenheden omdat veel effecten reeds in geld uitgedrukt zijn of een gemakkelijke te schatten waarde in geld bezitten. (Fuguitt en Wilcox, 1999)

5.1.3 *Bepaling van een kosten-batensaldo*

De effecten van een project splitst een kosten-batenanalyse op in maatschappelijke baten en kosten. Beide telt de analist vervolgens op (de kosten met een min-teken en de baten met een plus-teken). Zo bekomt hij uiteindelijk één totaal, namelijk het kosten-batensaldo, dat een

positieve of negatieve waarde bezit. Dit saldo geeft weer hoeveel de gemeenschap wint of verliest als zij het project uitvoert. (Brent, 2003)

5.2 Methodologische grondslagen

5.2.1 Pareto-criterium en Kaldor-Hicks criterium

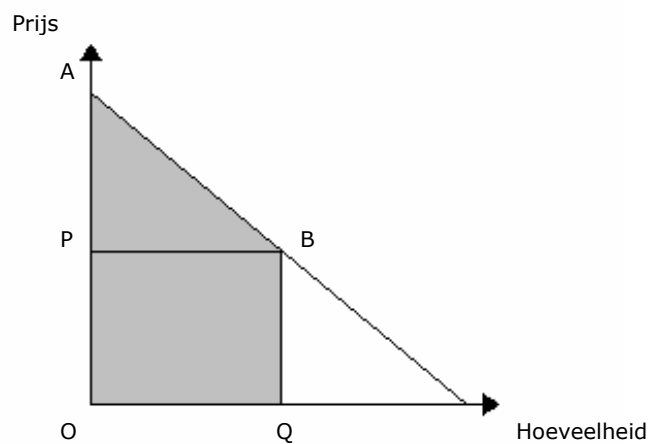
Aan de basis van de kosten-batenanalyse ligt het Pareto-criterium. Deze norm gaat ervan uit dat een project de maatschappelijke welvaart bevordert indien tenminste één lid van de gemeenschap er beter aan toe is door de maatregel en de situatie van alle andere leden niet verslechtert. (Van Rompuy en Verthonghen, 2002) Aangezien veel investeringsprojecten zowel winnaars als verliezers bevatten, kan de kosten-batenanalist het Pareto-criterium vaak niet aanwenden om een oordeel te vellen over de wenselijkheid van een maatregel. (De Brabander, 2005)

Fuguitt en Wilcox (1999) omschrijven het Kaldor-Hicks criterium, ook wel bestempeld als het compensatieprincipe, als een ruimere en verbeterde versie van het Pareto-criterium. Van Rompuy en Verthonghen (2002) verklaren dat dit Kaldor-Hicks criterium rekening houdt met alle betrokkenen van een project. Diegenen die een positieve invloed ondervinden, de zogenaamde winnaars, kan de analist weergeven door de maximale som die zij bereid zijn te betalen om de maatregel te doen aanvaarden. Voor een andere groep mensen, de zogenaamde verliezers, brengt het investeringsproject ook nadelen met zich mee. Deze groep stelt hij voor door het minimum aan compensatie dat ze vorderen om zich onverschillig op te stellen tegenover de situatie met of zonder het project. De Brabander (2005) merkt vervolgens op dat het compensatieprincipe veronderstelt dat de analist een investering enkel aanbeveelt indien de winnaars van het project in staat zijn om de verliezers volledig te compenseren. Nochtans is in realiteit zelden sprake van een werkelijke compensatie. Tenslotte gaat een kosten-batenanalyse er dus van uit dat een project de maatschappelijke welvaart stimuleert wanneer de totale bereid tot betalen de totale eis tot compensatie, ongeacht of er werkelijk een compensatie geschiedt of niet, overtreft.

5.2.2 Meetbare effecten en het concept betalingsbereidheid

De raming van de effecten op marktgoederen levert meestal geen problemen op voor de analist aangezien er hiervoor meestal marktprijzen en gebruikte hoeveelheden ter beschikking zijn. Nochtans is het wel noodzakelijk om voldoende kennis over de bijbehorende vraag- en aanbodfuncties te verzamelen voor de berekening van de grootte van de effecten. (Verheyen et al., 2003)

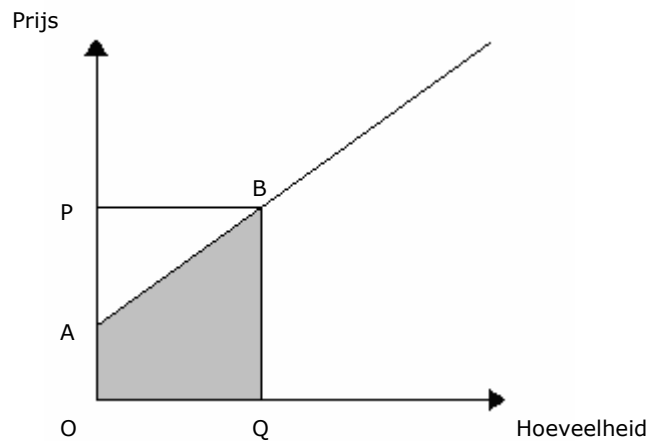
Voor de bepaling van de maatschappelijke baten maakt de analist gebruik van het begrip betalingsbereidheid (De Brabander, 2005). Dit beginsel veronderstelt dat een individu bereid is om een deel van zijn inkomen en tijd op te offeren voor een project dat meer nut genereert. Dit principe streeft dus de maximalisatie van de consumenttevredenheid na aangezien de klant hiervoor in de regel ook meer wil betalen. (Begg et al., 2003) Door de betalingsbereidheid van alle consumenten vervolgens te sommeren, bekomt de analist de totale maatschappelijke baten. Op onderstaande figuur toont de oppervlakte onder de vraagcurve deze totale betalingsbereidheid. (Blauwens, 1988) Bij de klassieke vraagcurve stijgt trouwens de gevraagde hoeveelheid indien de prijs een daling ervaart (Lipsey et al., 1999). Om de berekeningen te vereenvoudigen, veronderstelt de analist bovendien doorgaans ook een lineair verloop van deze vraagcurve (Blauwens, 1988).



Figuur 5: De vraagcurve en het consumentensurplus (Blauwens, 1988)

Zoals uit bovenstaande figuur blijkt, bevatten de totale baten twee afzonderlijke gedeeltes namelijk de totale ontvangsten van de projectuitbater (oppervlak OQBP) en het consumentensurplus (oppervlak PBA) (Chrystal en Lipsey, 2004). Dit surplus bestaat uit het verschil tussen de maximale betalingsbereidheid van een klant en de prijs die deze consument effectief betaalt. Het consumentensurplus geeft bijgevolg gestalte aan de nettobaten van het project. (Begg et al., 2003)

De maatschappelijke kosten van een bepaald project houden daarentegen alle opportuiniteitskosten in die aan deze maatregel gekoppeld zijn (Chrystal en Lipsey, 2004). Opportuiniteitskosten stellen de baten voor die productiefactoren, zoals o.a. kapitaal en arbeid, hadden kunnen opbrengen bij de beste alternatieve aanwending (Horngren et al., 2003). De totale maatschappelijke kosten kan de analist overigens bepalen op basis van de oppervlakte onder de aanbodcurve (Blauwens, 1988). Zoals figuur 6 duidelijk toont, wordt de oppervlakte bekomen door de totale uitgaven van de projectuitbater (oppervlak OQBP) te verminderen met het producentensurplus (oppervlak ABP) (Berlage en Decoster, 2000). Dit surplus geeft aan in welke mate de totale ontvangsten van de producenten de noodzakelijke productiekosten overtreffen (Van Rompuy en Vochten, 1994).



Figuur 6: De aanbodcurve en het producentensurplus (Blauwens, 1988)

Meestal wordt de aanbodcurve gekenmerkt door een stijgend verloop omdat de kosten per eenheid product toenemen indien de productie stijgt door o.a. hogere personeelskosten en toegenomen grondstofkosten (Lipsey et al., 1999). In de praktijk veronderstelt de analist bij een kosten-batenanalyse doorgaans echter dat de aanbodcurve perfect horizontaal verloopt. Hierdoor verdwijnt het producentensurplus. De kosten van het project zijn dan gelijk aan de uitgaven, zonder aftrek van het surplus. (Blauwens, 1988)

5.2.3 Onmeetbare effecten en 'intangibles'

Verthonghen (1992) merkt op dat een kosten-batenanalyse sommige effecten moeilijk of absoluut niet in beschouwing kan nemen. Driesen (2004) verklaart dat onmeetbare effecten, zoals o.a. comfortabel wonen en milieuvervuiling, nochtans een significante impact op de sociale welvaart hebben. Hoewel de analist deze effecten niet kan kwantificeren, vermeldt hij ze dus toch best bij de analyse. De zogenaamde 'intangible' effecten die niet geprijsd zijn op een markt, kan hij eventueel in monetaire termen weergeven door bijvoorbeeld bij respondenten te peilen naar de hypothetische betalingsbereidheid voor deze effecten (Fuguitt en Wilcox, 1999).

5.3 Praktische uitvoering

Verheyen et al. (2003) zijn van mening dat de analist bij de uitvoering van de kosten-batenanalyse best vijf stappen onderscheidt. Afhankelijk van de specifieke situatie kan de concrete uitwerking van elke stap variëren.

5.3.1 Projectdefinitie en bepaling van de relevante populatie

Tijdens deze eerste stap, kan de analist een gedetailleerde beschrijving opmaken van het project. Hierbij neemt hij best de specifieke doelstellingen en de mogelijke alternatieven in beschouwing.

Hij dient overigens ook de relevante samenleving van het project te bepalen. (Verheyen et al., 2003) Van Rompuy en Verthonghen (2002) beklemtonen bovendien dat de analist alle beperkingen, zoals o.a. de budgettaire en de wettelijke, moet opsporen. Tenslotte moet hij ook best de tijdshorizon van de kosten-batenanalyse vastleggen. Deze periode moet overigens minstens gelijk zijn aan de economische levensduur van het project. De Coninck en Verbeeck (2005) verduidelijken dat voor maatregelen met een levensduur korter dan de tijdshorizon van de kosten-batenanalyse een volledige herinvestering dient beschouwd te worden. Alleen op deze manier is het voor de analist mogelijk om alle effecten op een correcte manier te vergelijken.

5.3.2 Identificatie van de projecteffecten

Bij de kosten-batenanalyse is het essentieel om de grenzen vooraf duidelijk vast te leggen. De analist moet bij deze fase dus aangeven met welke effecten hij wel en met welke hij niet rekening wenst te houden. (De Brabander, 2005) Bij deze identificatie dient hij bovendien dubbeltellingen te vermijden en tevens aandacht te besteden aan het additioneel karakter. Het probleem van dubbeltellingen kan o.a. ontstaan bij transfers tussen betrokkenen. Additionele effecten duiden op de netto-effecten van een maatregel. De analist neemt dus enkel de extra kosten en baten ten gevolge van een project in beschouwing. Voorlopig zet hij de effecten nog niet om in monetaire termen, dit volgt in de derde stap. (Van Rompuy en Verthonghen, 2002) Verheyen et al. (2003) onderscheiden tot slot drie categorieën effecten namelijk de directe, de indirecte en de externe.

5.3.2.1 Directe effecten

Horngren et al. (2003) verklaren dat directe effecten het rechtstreeks gevolg zijn van een uitgevoerd project. Deze effecten zijn volgens Van Rompuy en Verthonghen (2002) dus onlosmakelijk verbonden met de investering en hebben bovendien een reële impact op het economisch verloop. Verheyen et al. (2003) verduidelijken dat de analist de directe effecten steeds dient op te nemen in de kosten-batenanalyse.

5.3.2.2 Indirecte effecten

Indien andere markten een invloed ondervinden van het project, spreken Horngren et al. (2003) over indirecte effecten. De Brabander (2005) stelt dat een kosten-batenanalyse hiermee vaak niet of slechts in beperkte mate rekening houdt. Meestal ontstaan deze effecten immers in de toekomst zodat ze door verdiscontering sowieso een beperkte invloed uitoefenen.

Een kosten-batenanalyse die enkel de directe effecten van een maatregel in beschouwing neemt, bestempelt De Brabander (2005) als een partiële kosten-batenanalyse. Indien de analist echter rekening houdt met zowel de directe als de indirecte effecten, spreekt de auteur van een integrale kosten-batenanalyse. Aangezien de meeste analyses zich limiteren tot directe effecten, zal ook het verdere verloop van deze eindverhandeling zich beperken tot een partiële kosten-batenanalyse.

5.3.2.3 Externe effecten

Wanneer het project een invloed uitoefent op de vraag- of aanbodfuncties van partijen die er niet rechtstreeks bij betrokken zijn, bestempelen Begg et al. (2003) deze gevolgen als externe effecten. Deze effecten handelen in de regel over ongeprijsde publieke goederen zoals o.a. natuur en gezondheid (Berlage en Decoster, 2000). Aangezien er geen specifieke prijs bestaat die ze weergeeft, nemen de gebruikers van het project ze meestal ook niet in beschouwing bij de investeringsbeslissingen. Het marktgedrag internaliseert externe effecten doorgaans dus niet. Hierdoor liggen de maatschappelijke kosten van een maatregel dikwijls hoger dan de private kosten. (Verheyen et al., 2003) Nochtans kan een project ook positieve externe effecten tot gevolg hebben (De Coninck en Verbeeck, 2005).

Typerend aan publieke goederen, zoals o.a. propere lucht, is overigens dat alle gebruikers gratis kunnen beschikken over de betreffende diensten. De projectuitbater kan bovendien onmogelijk bepaalde personen uitsluiten van de externe effecten. Zodra één consument het goed ter beschikking krijgt, is het sowieso ook beschikbaar voor andere klanten. Dit fenomeen is gekend als het zogenaamde free-rider principe. (Begg et al., 2003)

5.3.3 Raming van de kosten en de baten

De kosten-batenanalyse streeft ernaar om de nettobijdrage van projecten tot de maatschappelijke welvaart te ramen. Hiervoor dient de analist alle maatschappelijke baten af te wegen tegen alle maatschappelijke kosten van de maatregel. (Verheyen et al., 2003) Alle effecten die het investeringsproject veroorzaakt door productiefactoren aan de economie te onttrekken, noteert hij vervolgens aan de kostenzijde. Meestal bezitten deze een negatieve invloed. Indien deze effecten uitzonderlijk toch een positieve impact zouden bevatten, neemt de analist ze aan de kostenzijde op met een plusteken. De batenzijde verschaft daarentegen een overzicht van alle effecten die de welvaart wijzigen door producten of diensten af te leveren. Deze gevolgen beschikken doorgaans over een positieve invloed. Wanneer deze effecten daarentegen een negatief aspect inhouden, verschijnen ze aan de batenzijde met een minteken. (Blauwens, 1988)

5.3.4 Verdiscontering van de kosten en de baten

De analist is genooddaakt om alle kosten en baten te vergelijken op eenzelfde tijdstip. Indien bepaalde van deze effecten op een ander ogenblik plaatsvinden, moet hij ze dus omzetten naar het referentiejaar. (De Brabander, 2005) Eén euro vandaag bezit namelijk een grotere waarde dan één euro in de toekomst. Een euro die nu reeds in het bezit is, kan immers tegen een bepaalde intrestvoet uitgezet worden waardoor deze na een aantal jaren meer waard is. Het belang van een toekomstige euro kan de analist reduceren door deze te verdisconteren. (Sunstein, 2005) Bij deze

techniek vermenigvuldigt hij de toekomstige baten en kosten met de factor $1/(1+r)^t$. Hierbij staat r voor de discontovoet op jaarbasis die de maatschappelijke tijdsvoorkeur uitdrukt. Het symbool t geeft het moment van het ontstaan van de betreffende effecten weer, aangeduid in aantal jaren na het basisjaar. Meestal verkiest de analist het jaar van de eerste investering als basisjaar. (Mercken, 2004)

Van Rompuy en Verthonghen (2002) beklemtonen dat de keuze van een geschikte discontovoet een significante invloed heeft op de evaluatie van investeringsprojecten. Afhankelijk van deze voet kan namelijk de uitkomst van de kosten-batenanalyse variëren. Fuguitt en Wilcox (1999) zijn van mening dat een analist bij een discontovoet gelijk aan nul evenveel belang hecht aan de toekomstige baten en kosten als aan deze verkregen in het heden. Een negatieve voet kent echter meer gewicht toe aan de effecten in de toekomst. Indien de analist daarentegen een positieve voet prefereert, geeft hij een verwaarloosbare waarde aan de toekomstige baten en kosten. Naarmate de discontovoet stijgt, vermindert namelijk het belang van de toekomst en neemt dit van het heden toe (Sunstein, 2005).

De analist voert bijgevolg best een sensitiviteitsanalyse uit voor de discontovoet. Dergelijke analyse houdt rekening met de onzekerheid over de exacte waarde van de parameter in kwestie door verschillende waardes uit te proberen. (Van Rompuy en Verthonghen, 2002) Doorgaans berekent de analist hierbij drie scenario's op basis van een hoge, een gemiddelde en een lage discontovoet (Fuguitt en Wilcox, 1999). Aangezien bij duurzaam bouwen het aspect milieu en de invloed op toekomstige generaties enorm belangrijk zijn, neemt deze thesis m.i. best ook een vierde discontovoet in beschouwing, namelijk deze gelijk aan nul.

5.3.5 Vergelijking van de verdisconteerde kosten en baten

Om de wenselijkheid van een project te beoordelen, is het cruciaal dat de analist de actuele waarde van de baten vergelijkt met de actuele waarde van de kosten. Bij de uiteindelijke evaluatie van een kosten-batenanalyse zijn hiervoor een aantal specifieke beslissingscriteria beschikbaar. (Verheyen et al., 2003) Hierna volgt een toelichting van de maatstaven die in de gevalstudie in hoofdstuk 6 aan bod komen.

5.3.5.1 Terugverdientijd

De terugverdientijd bepaalt dus de tijdsduur die noodzakelijk is om de kosten te compenseren door de inkomende kasstromen van het project. (Mercken, 2004) Hoe lager investeringsprojecten scoren op dit criterium, hoe beter aangezien de kosten dan sneller vereffend worden. De terugverdientijd houdt echter geen rekening met de tijdswaarde van geld. Omdat dit beslissingscriterium bovendien ook geen belang hecht aan de effecten die mogelijk optreden na de terugbetaalperiode, is dit een vrij onbetrouwbare maatstaf. (De Brabander, 2005) Blauwens (1988) benadrukt dat de terugverdientijd een kortzichtige selectieregel vormt die de analist hooguit kan benutten om bijkomende informatie te verwerven.

5.3.5.2 Netto Contante Waarde (NCW)

Een meer geschikte maatstaf voor de beoordeling van investeringen vormt de netto contante waarde. Zoals uit onderstaande formule blijkt, stelt dit criterium dat een project rendabel is indien de actuele baten de actuele kosten overtreffen. Een investeringsproject met een NCW gelijk aan of groter dan nul is dus aanvaardbaar. (Laveren et al., 2004) Verheyen et al. (2003) voegen hieraan toe dat investeringen met de hoogste NCW normaliter de voorkeur genieten.

$$NCW = \sum_{t=0}^T B_t / (1+r)^t - \sum_{t=0}^T K_t / (1+r)^t$$

waarbij B_t : maatschappelijke baten in periode t
 K_t : maatschappelijke kosten in periode t
r: discontovoet
t: tijdstip waarop de kosten en baten optreden
T: tijdshorizon van het project (Van Rompuy en Verthonghen, 2002)

5.3.5.3 Verdisconteerde Terugverdiëntijd

In tegenstelling tot de conventionele terugverdiëntijd houdt deze maatstaf wel rekening met de tijdswaarde van geld. De verdisconteerde terugverdiëntijd geeft namelijk weer hoeveel tijd nodig is om de contante waarde van de kasstromen van negatief naar positief te brengen. Dit criterium combineert als het ware de positieve aspecten van de netto contante waarde en van de traditionele terugverdiëntijd. (Mercken, 2004)

5.3.5.4 Interne Opbrengstvoet (IOV)

$$\sum_{t=0}^T B_t / (1+r^*)^t - \sum_{t=0}^T K_t / (1+r^*)^t = 0$$

Zoals de formule duidelijk aangeeft, is de interne opbrengstvoet een maat voor de discontovoet waarbij de netto contante waarde exact gelijk aan nul gesteld wordt. Hierbij staat de parameter r^* voor de IOV. Een hoge r^* -waarde levert overigens een aanzienlijk rendement op. Het is bijgevolg verleidelijk om meteen te opteren voor de projecten met de grootste interne opbrengstvoet. (Blauwens, 1988) Nochtans kan het limiteren van de tijdshorizon ervoor zorgen dat de analist aanzienlijke kosten die plaatsvinden na het einde van deze periode niet in beschouwing neemt. Bovendien slaagt hij er mogelijk niet in om een unieke IOV te bepalen indien het project over een onconventionele stroom van kosten en baten beschikt. (De Brabander, 2005)

HOOFDSTUK 6: GEVALSTUDIE

Als reactie op de huidige problemen binnen de Vlaamse bouwsector, stimuleert de overheid het concept duurzaam bouwen steeds meer. De bevoegde autoriteiten verstrengen daarom zelfs de wetgeving inzake woningbouw. Ondanks het toenemende belang van duurzaam bouwen, verkiest de Vlaming nog steeds voornamelijk de prijs als beslissingscriterium bij de keuze tussen verschillende bouwprojecten. Meestal is de duurzaamheid van de woning hierbij van ondergeschikt belang. Om op de huidige ingesteldheid te kunnen inspelen, is het essentieel om duidelijk te beklemtonen dat een duurzaam bouwproject op termijn aanzienlijke besparingen kan opleveren en dus meer rendabel kan zijn. Deze gevalstudie tracht dit te verduidelijken aan de hand van een kosten-batenanalyse van een voorbeeldwoning. Hierbij mag de lezer niet uit het oog verliezen dat de studie enkel een explorerende functie vervult. Gezien de enorme verschillen aangaande o.a. grootte, opbouw en omgeving van huizen, is het voorbeeldproject niet representatief voor alle woningen. Bijgevolg kunnen de uiteindelijke resultaten onmogelijk zomaar geëxtrapoleerd worden naar andere gebouwen.

De laag-energiewoning van het gezin Willems te Overpelt fungeert als voorbeeldproject. Dit gebouw, ontworpen door architect Dries, bezit een aantal duurzame aspecten. Bijlage 2 toont enkele grondplannen en afbeeldingen van dit gebouw. Om de additionele kosten en baten ervan te bepalen, is het project in samenspraak met de betreffende architect fictief omgebouwd tot een conventioneel huis door bepaalde materialen te vervangen. Een vergelijkende financiële analyse toont aan of de particulier de meerkost van de laag-energiewoning al dan niet kan recupereren in de toekomst door een gereduceerde energiefactuur. Een kosten-batenanalyse van beide alternatieven verduidelijkt wat de meerkost van het traditionele huis uiteindelijk is voor de maatschappij in verhouding tot het duurzamer voorbeeldproject.

6.1 Duurzaamheid van de voorbeeldwoning

Naar analogie met hoofdstuk 2 volgt hierna een korte beschrijving van de voorbeeldwoning op basis van de zes subthema's van duurzaam bouwen. De uiteenzetting is gebaseerd op de bouwplannen, de gedetailleerde meetstaat, de Meetlat Duurzaam Bouwen⁴⁹ en het interview met het gezin Willems (bijlage 3).

6.1.1 Proces

Volgens de Meetlat Duurzaam Bouwen scoort de laag-energiewoning op dit criterium zeer goed. Zo wonnen de eigenaars vooraf reeds veel informatie in over duurzaam bouwen. Bovendien opteerden

⁴⁹ De Meetlat Duurzaam Bouwen is een checklist opgesteld door Steunpunt Duurzaam Bouwen op basis waarvan een score kan bepaald worden voor de duurzaamheid van een bouwproject (Meetlat Duurzaam Bouwen, 2007).

ze voor een architect die zeer vertrouwd was met het laag-energieconcept. Architect Dries begeleidde hen gedurende geruime tijd bij de ontwerpfase en is tevens nog steeds verantwoordelijk voor de werfopvolging. Verder reserveerden ze vooraf een bepaald budget voor het project en volgden dit zo nauwgezet mogelijk op gedurende het hele bouwproces. Ook bij de keuze van de aannemer was het voor hen essentieel dat deze bekend was met het concept duurzaam bouwen. Nochtans voerden ze zoveel mogelijk werken zelf uit om de kosten enigszins te drukken.

6.1.2 Omgeving

De eigenaars opteerden voor een nieuwbouwproject wat volgens Centrum Duurzaam Bouwen (2006) indruist tegen het concept duurzaamheid inzake materiaalgebruik. De heer en mevrouw Willems vonden het echter belangrijk dat de woning op deze manier volledig aan hun behoeftes kon beantwoorden. Verder verkozen ze een open bebouwing waardoor het gebouw een redelijk groot verliesoppervlak bezit. Bovendien bevindt het project zich 3,5 km buiten het centrum van de gemeente Overpelt. Het gezin wil deze afstand echter compenseren door in de toekomst meer gebruik te maken van de fiets. Bij het ontwerp van de woning besteedden de eigenaars en de architect wel veel aandacht aan de reeds bestaande beplanting. Zo fungeren de loofbomen als zonnewering voor de serre en de zitkamer van het gebouw.

6.1.3 Welzijn

De voorbeeldwoning voldoet op dit vlak uitstekend aan de normen van de Meetlat Duurzaam Bouwen. Wat betreft aanpasbaarheid en toegankelijkheid scoort het project immers zeer hoog. Zo beschikt het gebouw zowel op de beneden- als de bovenverdieping over meerdere lichte scheidingswanden die de eigenaars zelf kunnen verplaatsen. Het huis is namelijk zo ingedeeld dat het gezin het in de toekomst eenvoudig kan ombouwen tot twee aparte wooneenheden. Bovendien benutten de heer en mevrouw Willems bepaalde ruimtes voor meerdere doeleinden. Zo is in de zitkamer een bureauruimte of speelhoek voorzien en doet de gang op de bovenverdieping tevens dienst als bureauruimte. Verder zijn er op verschillende plaatsen in de voorbeeldwoning wachtbuizen geplaatst zodat de eigenaars later nog de mogelijkheid hebben om radiatoren te installeren op de slaapkamers.

Binnenshuis tracht het gezin Willems de schadelijke emissies te beperken door zo veel mogelijk te opteren voor gezonde bouwmaterialen. Bovendien kiezen ze tevens voor een aangenaam binnenklimaat door voldoende daglicht tot het gebouw toe te laten en te opteren voor de aangename warmte van vloerverwarming.

6.1.4 Energie

De voorbeeldwoning beschikt over een beschermd volume (V) van $554,5 \text{ m}^3$ en een totaal verliesoppervlak (A_T) van $424,23 \text{ m}^2$. Bijgevolg bedraagt de compactheid van het gebouw 1,31. (bijlage 5) Volgens Dialoog vzw (2006a) is dit een redelijk goede waarde voor een open bebouwing. De beslissing van de eigenaars om te opteren voor een carport in plaats van een garage in de woning oefent bovendien een positieve invloed uit op de compactheid. De heer en mevrouw Willems zijn van mening dat een garage te veel kostbare ruimte in beslag zou nemen. De dakconstructie heeft echter een negatief effect. Het dak is namelijk samengesteld uit twee afzonderlijke delen waardoor de compactheid daalt en er meer warmte verloren gaat.

De oriëntatie van het perceel was voor de eigenaars het belangrijkste beslissingscriterium tijdens de zoektocht naar een geschikte bouwgrond. Het uiteindelijk gekochte bouwperceel is zuidelijk georiënteerd zodat de woning optimaal gebruik kan maken van passieve zonne-energie. Vermits de achtergevel over enkele riante glaspartijen beschikt, is een goede zonnewering onmisbaar. De bestaande loofbomen vervullen deze functie en beschermen het gebouw bijgevolg tegen oververhitting in de zomermaanden. Ook de indeling van de woning houdt duidelijk rekening met de oriëntatie. Op de benedenverdieping vormen de wasplaats, de koele berging, de inkomhal en het toilet een buffer tussen de koude buitenlucht in het noorden en de te verwarmen leefruimtes zoals o.a. de zitkamer, de keuken en de serre.

Ook naar isolatie toe scoort deze laag-energiewoning zeer hoog. Het globale isolatiepeil van de woning bedraagt K26 (bijlage 4), wat ruimschoots onder de norm K45 ligt. De afzonderlijke constructieonderdelen beschikken ook over uitstekende warmtedoorgangscoefficienten of U-waardes. Als muurisolatie opteerden de eigenaars voor een rotswolplaat met een totale dikte van 15 cm. Dit levert een U-waarde van $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ op voor de buitenmuren wat voldoet aan de wettelijke norm van $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Het dak is bovendien geïsoleerd met 23 cm cellulose. De warmtedoorgangscoefficient van dit constructiedeel bedraagt bijgevolg $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ wat opnieuw ruim onder de verplichte thermische isolatie-eis van $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ligt. Dit bouwproject is bovendien op volle grond gebouwd waardoor het volgens Dialoog vzw (2006a) beter isoleert dan een vloeropbouw boven een kruipkelder of kelderruimte. Verder bezit deze laag-energiewoning een isolerende chape van 5 cm en polystyreenplaten met een dikte van 10 cm als vloerisolatie. Dit resulteert in een U-waarde van $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ voor de vloer wat wederom een betere score oplevert dan de opgelegde $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Bovendien verkoos het gezin hoogrendementsbeglazing met een U-waarde van $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ en houten profielen. De totale warmtedoorgangscoefficient van de vensters bedraagt $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ en dus minder dan de wettelijke maximale waarde $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tenslotte besteedden de aannemer en de eigenaars veel aandacht aan een luchtdichte afwerking bij de plaatsing van de isolatie. Aangezien deze woning zeer goed geïsoleerd is, neemt het belang van voldoende ventilatie trouwens toe. Om een gezond binnenmilieu te waarborgen, kiest het gezin voor een natuurlijke ventilatie. Hiervoor zijn de vensters voorzien van verluchttingsroosters.

Voor de verwarming van het sanitair warm water verkiest de particulier een zonneboiler. Tijdens de ontwerpfase bleek dit reeds één van de prioriteiten. Vermits een zonneboiler echter enkel warm water kan leveren gedurende voldoende warme periodes, moeten de eigenaars een tweede methode voorzien. Als back-upstelsel opteren ze voor een condenserende aardgasketel, deze is tevens verantwoordelijk voor de verwarming van de ruimtes. Op het gelijkvloers worden de kamers verwarmd via vloerverwarming en een bijkomende kachel. De badkamer kan het gezin verwarmen met een radiator.

6.1.5 Materialen

Volgens de normen van de Meetlat Duurzaam Bouwen behaalt de voorbeeldwoning hiervoor een voortreffelijke score. De heer en mevrouw Willems opteerden immers in de mate van het mogelijke voor lokaal beschikbare en geproduceerde grondstoffen. Bovendien kiezen ze ook zoveel mogelijk voor nagroeibare producten. Tijdens de ontwerpfase hebben ze overigens onnodig materiaalgebruik en overdimensionering trachten te elimineren. Verder dragen een efficiënte planning en werforganisatie bij tot de beperking van bouwafval tengevolge van dit laag-energieproject. Het onderdeel '6.2 Vergelijking van de voorbeeldwoning en de conventionele woning' gaat dieper in op de specifieke materiaalkeuzes en de bijbehorende eigenschappen.

6.1.6 Water

De laag-energiewoning behaalt ook voor dit subthema uitstekende resultaten overeenkomstig de normen van de Meetlat Duurzaam Bouwen. Zo vangen de heer en mevrouw Willems het hemelwater op in een betonnen regenwaterput om het te benutten voor diverse doeleinden zoals o.a. de wasmachine en de toiletten. De afvoer van dit vervuild hemelwater en het afvalwater gebeurt vervolgens gescheiden. Aangezien het voorbeeldproject in een zuiveringszone A is opgetrokken, moeten de eigenaars het gebouw verplicht aansluiten op het openbaar rioleringsstelsel.

Zoals eerder toegelicht, maakt het gezin Willems gebruik van hernieuwbare energie voor de productie van het sanitair warm water, hetgeen de Meetlat Duurzaam Bouwen uiteraard als zeer gunstig evalueert. Indien er onvoldoende zonnewarmte beschikbaar is, staat een aardgasketel in voor de verwarming van dit water.

6.2 Vergelijking van de voorbeeldwoning en de conventionele woning

Dit onderdeel verschaft een overzicht van de additionele kosten die de laag-energiewoning van het gezin Willems met zich meebrengt. De uitwerking van deze gevalstudie baseert zich hiervoor op het bouwproject zoals het beschreven staat in de meetstaat. In samenspraak met architect Dries

zijn bovendien bepaalde materialen vervangen om het gebouw fictief om te vormen tot een meer traditioneel huis. Hiervoor zijn enkel de meest fundamentele wijzigingen doorgevoerd⁵⁰. Bijgevolg bezit zelfs het meer conventionele bouwproject een aantal duurzame aspecten. Dit is gerechtvaardigd aangezien de doorsnee Vlaming anno 2007 een aantal facetten van duurzaam bouwen sowieso prefereert omwille van een gunstigere kostprijs of een wettelijke verplichting. In feite handelt deze gevalstudie dus niet over 'de laag-energiewoning' en 'het klassieke bouwproject' maar over een meer en minder duurzaam gebouw. Indien in het verdere verloop van deze thesis dus een verwijzing voorkomt naar de laag-energiewoning doelt dit op het meer duurzame bouwproject. Een verwijzing naar het conventionele huis duidt daarentegen op het minst duurzame gebouw.

De materiaalkosten van de traditionele woning zijn bepaald aan de hand van prijslijsten van willekeurig gecontacteerde handelaars in bouwmaterialen. Voor de meeste materialen bestaat het gehanteerde bedrag uit het gemiddelde van de verkoopprijzen van vier handelaars. Voor de overige producten is de materiaalkost gebaseerd op de middelmaat van de richtprijzen gepubliceerd door Beter Bouwen & Verbouwen (2006). De vergelijkende tabellen geven steeds het totaal van de materiaal- en de plaatsingskosten. Voor materialen die niet veranderen, blijft de kostprijs vermeld in de meetstaat behouden.

Een aantal categorieën van de meetstaat wijzigen immers niet voor het klassieke bouwproject. Zo blijft de vloeropbouw van de laag-energiewoning behouden in het meer conventionele gebouw. Een wijziging van de vloerbekleding heeft bijvoorbeeld toch nagenoeg geen impact op de duurzaamheid van het huis. Uit gemiddelde richtprijzen van Beter Bouwen & Verbouwen (2006) blijkt dat de prijs van tegels varieert tussen 36 en 88 euro per m². Ook de materiaalkosten van parket lopen enorm uiteen, namelijk van 30 tot zelfs 115 euro per m². Verder toont tabel 15 aan dat de meetstaat van de voorbeeldwoning zeer goedkope vloerbekleding voorziet waarvan de kostprijs zich zelfs ruim onder de gemiddelde minimumrichtprijzen van Beter Bouwen & Verbouwen (2006) bevindt. Een vergelijking van de kosten voorgeschreven door de meetstaat met de doorsnee maximumrichtprijzen van Beter Bouwen & Verbouwen (2006) toont aan dat de heer en mevrouw Willems 14.854,13 euro (exclusief BTW) kunnen besparen door zeer voordelige vloerbekleding te verkiezen. Deze meerkost kan zich trouwens in de toekomst onmogelijk terugverdienen. Naar duurzaamheid toe, acht architect Dries het bijgevolg belangrijk dat de particulier dit budget spendeert aan toepassingen die op lange termijn wel renderen in plaats van aan overbodige luxe. Omdat een meerkost aan vloerbekleding zich dus niet vertaalt in een meer of minder duurzame woning, besluit de architect de huidige vloeropbouw van het laag-energiegebouw te behouden voor het meer traditionele project.

⁵⁰ De huidige locatie blijft behouden vermits dit perceel niet uitzonderlijk gelegen is wat betreft duurzaamheid. De bouwgrond ligt ver van het centrum maar is wel zuidelijk georiënteerd.

Tabel 15: Vergelijking van de kostprijs voor tegels en parket

	Laag-energiewoning		Duurste Alternatief	
Keramische tegels⁵¹ (106,73 m²)	15 €/m ² :	€ 1.600,95	88 €/m ² :	€ 9.392,24
Parket (49,44 m²)	25 €/m ² :	€ 1.236	115 €/m ² :	€ 5.685,6
Geglazuurde faience⁵² (38,43 m²)	20 €/m ² :	€ 768,6	88 €/m ² :	€ 3.381,84
Totaal vloerbekleding (exclusief BTW)		€ 3.605,55		€ 18.459,68

Ook wat de sanitaire voorzieningen betreft, maakt architect Dries geen onderscheid tussen de laag-energiewoning en het klassieker huis. Tabel 16 toont namelijk aan dat de gemiddelde minimum- en maximumrichtprijzen voor deze toestellen opnieuw sterk variëren maar ook hier geldt dat een hogere investering zich niet terugverdient in de toekomst.

Tabel 16: Gemiddelde minimum- en maximumrichtprijzen voor sanitaire toestellen (Beter Bouwen & Verbouwen, 2006)

<i>Per stuk:</i>	Minimum	Maximum
Handwasbakje	€ 85	€ 140
Lavabo	€ 140	€ 275
Spoelbak	€ 180	€ 280
Bad	€ 175	€ 360
WC	€ 125	€ 175

Architect Dries behoudt trouwens ook de huidige regenwatervoorzieningen in de meer traditionele woning. Door de invoering van de gemeentelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten⁵³, dienen immers voortaan alle nieuwbouwprojecten verplicht een regenwaterput aan te leggen. Aangezien eigenaars deze investering sowieso moeten maken, benutten ze meestal dit opgevangen hemelwater ook. Hierdoor is er nauwelijks nog een verschil tussen het regenwaterverbruik in meer of minder duurzame woningen.

Ook het binnenschrijnwerk van de laag-energiewoning wijzigt niet voor het meer conventionele project. De gemiddelde minima en maxima richtprijzen die Beter Bouwen & Verbouwen (2006) daarvoor publiceert lopen immers wederom enorm uiteen. Zo schommelt de prijs voor binnendeuren van 150 euro voor een verfdeur tot 600 euro voor een massieve eiken deur. Voor

⁵¹ Keramische tegels bestaan uit hardgebakken zeer fijne klei. Deze tegels hebben gedurende het gebruik geen schadelijke gezondheidseffecten en scheiden bovendien minder radongas uit dan andere steenachtige materialen. Radongas is een radioactief gas dat van nature ontstaat uit de bodem en uit bouwmaterialen die uit aarde vervaardigd zijn. (Alberts en van den Dobbelsteen, 2001)

⁵² Faience is een bepaalde soort van keramische tegels. Deze tegels zijn geglazuurd wat voor een harde, waterdichte oppervlaktelaag zorgt. Deze laag beschermt de tegels extra. (VIBE, 2007a)

⁵³ Het onderdeel '4.3 Gemeentelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten' gaat hier dieper op in.

een houten trap varieert het prijskaartje tussen 75 en 131 euro per trede. Handgrepen kosten doorgaans 20 tot 35 euro per stuk. Ook de materiaalkost van een trapleuning kan sterk verschillen, namelijk van 100 tot 165 euro per lopende meter. Uit tabel 17 blijkt opnieuw dat de eigenaars van de voorbeeldwoning hierbij in verhouding tot de maximumrichtprijzen een aanzienlijk bedrag uitsparen, meer bepaald 4.889 euro (exclusief BTW). Deze extra investering zou hen trouwens geen meerwaarde opleveren op vlak van duurzaamheid. Omdat deze meerkost bovendien niet terugverdienbaar is tijdens de levensduur van de woning, behoudt architect Dries het binnenschrijnwerk van het voorbeeldproject voor het meer traditionele huis. Aangezien elke woning bovendien doorgaans beschikt over het nodige aantal schakelaars en stopcontacten, blijven tenslotte ook de elektrische voorzieningen onveranderd voor de meer conventionele woning.

Tabel 17: Vergelijking van de materiaalkosten voor binnenschrijnwerk

	Laag-energiewoning		Duurste Alternatief	
Houten trap (14 tredes)	50 €/trede:	€ 700	131 €/trede:	€ 1.834
Trapleuning (1 lm)	30 €/lm:	€ 30	165 €/lm:	€ 165
Handgreep (4 stuks)	30 €/stuk:	€ 120	35 €/stuk:	€ 140
Binnendeur (8 stuks)	150 €/stuk:	€ 1.200	600 €/stuk:	€ 4.800
Totaal binnenschrijnwerk (exclusief BTW)		€ 2.050		€ 6.939

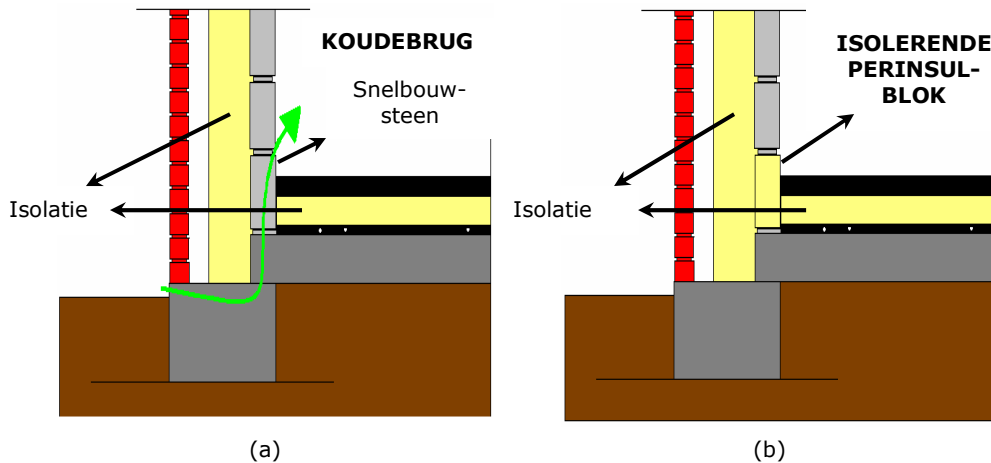
Onderstaande paragrafen geven een uiteenzetting van de onderdelen van de meetstaat waarvoor wel verschillen bestaan tussen de laag-energiewoning en het traditionele bouwproject. De categorieën komen op een chronologische wijze aan bod.

6.2.1 Ruwbouw

Tabel 18 toont aan dat er op het vlak van de ruwbouw slechts twee verschillen bestaan tussen de laag-energiewoning en het klassieker bouwproject. De overige materiaalkeuzes blijven behouden. Opmerkelijk hierbij is de beslissing om ook in het conventionele gebouw te opteren voor een recuperatiesteen als gevelsteen. De recuperatie van bouwmaterialen is namelijk doorgaans een duurzame aangelegenheid. Architect Dries wijst er echter op dat er momenteel een te grote vraag naar deze stenen bestaat waardoor ze sowieso allemaal gerecupereerd geraken. Bijgevolg daalt de noodzaak aan bijkomende recuperatie en de duurzaamheid van deze handeling. Door het beperkte aanbod⁵⁴ is overigens ook het prijskaartje aanzienlijk toegenomen. Bovendien vervult een gevelsteen louter een esthetische functie waardoor een meerkost op dit vlak niet recupereerbaar is in de toekomst en bijgevolg niet zo duurzaam.

⁵⁴ Grafiek 5 in onderdeel '3.2 Omgeving' toont aan dat het aantal renovatieprojecten sterk is toegenomen gedurende het laatste decennium. Uiteraard zorgen meer renovatiewoningen ervoor dat er minder gebouwen voor afbraak beschikbaar zijn. Bijgevolg daalt ook het aanbod aan recuperatiesteen.

Tabel 18 verduidelijkt dat enkel de laag-energie woning gebruik maakt van isolerende Perinsul-blokken⁵⁵ die instaan voor het vermijden van koudebruggen bij de aansluiting van het metselwerk op de vloeropbouw. De producent Pittsburgh Corning Europe N.V. (2007) somt een aantal uitzonderlijke eigenschappen van deze blokken op. Zo is dit materiaal o.a. onbrandbaar, waterdicht en bestand tegen knaagdieren en insecten. Verder is de hoge drukweerstand van het bouw materiaal een absolute vereiste voor dragende constructies. Bovendien beschikt het product over een λ -waarde van 0,050 W/mK wat voldoende is om het te erkennen als isolatiemateriaal. Tenslotte merkt de fabrikant nog op dat Perinsul-blokken in geen enkel stadium van de levenscyclus giftige of kankerverwekkende stoffen produceren. Aangezien deze blokken niet voorkomen in de klassiekere woning ontstaan daar koudebruggen (figuur 7a). Om dit te verhinderen moet het isolatiemateriaal immers voortdurend op elkaar aansluiten zoals in figuur 7b. Hiervoor betaalt de particulier echter een meerkost van 1.068 euro (exclusief BTW).



Figuur 7: Aansluiting van het metselwerk op volle grond a) met een koudebrug en b) zonder een koudebrug door de Perinsul-blok (Bewerkte versie uit Dialoog vzw, 2006a)

Verder bezitten de spouwmuren van het meer traditionele gebouw slechts 7,5 cm isolatiemateriaal en dit in tegenstelling tot de laag-energie woning waarvan de muren voorzien zijn van 15 cm isolatie. De halvering van deze isolatie zorgt er trouwens voor dat de kosten voor het klassieke huis evenredig dalen tot 1.573 euro (exclusief BTW). De U-waarde van de buitenmuren stijgt echter van 0,22 naar zelfs 0,36 W/m²K waardoor de woning bijgevolg meer energie verliest en zodoende in een hogere energiefactuur resulteert.

Voor beide bouwprojecten verkiest architect Dries hetzelfde isolatiemateriaal namelijk de rotswolplaat Rockfit 434. De auteurs Alberts en van den Dobbelen (2001) inventariseren de algemene kenmerken van rotswol. Dit isolatiemateriaal bestaat uit een vulkanisch gesteente wat voorlopig nog voldoende voorradig is. Er zijn fabrikanten gevestigd in België, Nederland, Duitsland

⁵⁵ Deze blokken bestaan uit cellenglas wat een uiterst hard isolatiemateriaal op basis van glas is (VIBE, 2007b).

en Frankrijk waardoor het energieverbruik in het kader van transport beperkt blijft. De verwerking van rotswol vergt echter vrij veel energie in verhouding tot andere isolatiematerialen. Het smeltproces bij 1400 °C is immers zeer energie-intensief. De hoge isolatiewaarde van rotswol gedurende de gebruiksfase compenseert hier mee volgens beide auteurs. De fabrikant Rockwool Belgium N.V. (2007a) voegt hieraan een aantal specifieke karakteristieken van Rockfit 434 toe. Zo beschikt dit bouw materiaal over een λ -waarde van 0,034 W/mK. Bovendien is Rockfit 434, aldus de producent, onbrandbaar, uiterst waterafstotend, niet onderhevig aan krimp, ongevoelig voor schimmelvorming en geen voedingsbodem voor bacteriën.

Tabel 18: Vergelijking van de ruwbouw

	Laag-energiewoning	Klassieke Woning
Isolerende blokken		
> Perinsul-blokken (53,4 lm)	€ 1.068	
Thermische isolatie in de spouwmuren		
> Rockfit 434, 2 lagen, dikte 75 mm (286 m ²)	€ 3.146,1	
> Rockfit 434, 1 laag, dikte 75 mm (143 m ²)		€ 1.573
Totaal (exclusief BTW)	€ 4.214,1	€ 1.573
Totaal (inclusief 21% BTW)	€ 5.099,06	€ 1.903,33

6.2.2 Rioleringswerken

Wat de rioleringswerken betreft, bestaat er enkel een verschil in de materiaalkeuze van de leidingen. De resterende rioleringsvoorzieningen blijven ongewijzigd in het meer traditionele huis. Zo bevatten beide bouwprojecten bijvoorbeeld eenzelfde hemelwaterput aangezien elke particulier wettelijk verplicht is om deze te installeren bij een nieuwbouwwoning.

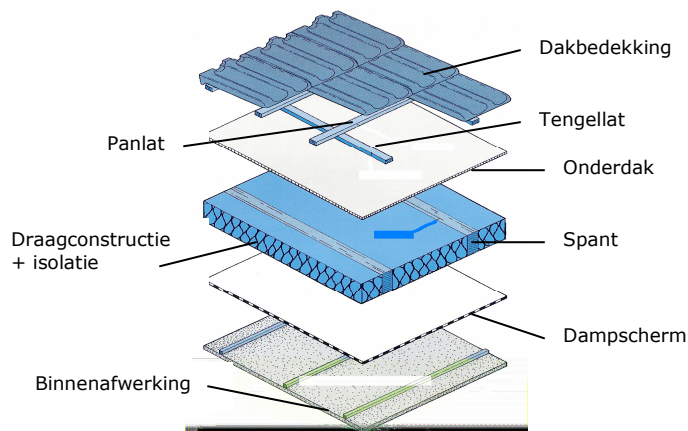
Tabel 19 toont aan dat architect Dries bij het klassieke huis opteert voor polyvinylchloride (PVC) leidingen. Dit materiaal is trouwens niet zo ecologisch want het komt voort uit aardolie, natriumchloride (NaCl) en water. Via elektrolyse wordt uit NaCl chloor gehaald waarbij vervolgens asbest vrijkomt, een kankerverwekkende substantie. Ook het transport van het reactief chloor is zeer schadelijk voor de gezondheid aangezien dit chemisch element bij grote concentraties de longen en andere organen aantast. (Alberts en van den Dobbelen, 2001) Voor het voorbeeldproject verkiest de architect daarentegen polyethyleen (PE) leidingen. Dit materiaal bezit een eenvoudigere structuur dan PVC en is bovendien minder schadelijk tijdens de productie, het gebruik en de afvalfase (Belgisch Instituut voor Normalisatie, 2006). Als hulpstukken gebruiken de eigenaars in dit geval het materiaal polypropeencopolymeer (PPC). Dit bezit bij benadering dezelfde energie-inhoud als PVC maar veroorzaakt minder schadelijke emissies (Alberts en van den Dobbelen, 2001). Onderstaande tabel vat de verschillende kostprijzen samen.

Tabel 19: Vergelijking van de rioleringswerken

	Laag-energiewoning	Klassieke Woning
Rioleringsleidingen		
➤ PE afvoeren (109 lm)	€ 2.616	
➤ PVC afvoeren (109 lm)		€ 2.343,5
➤ PPC hulpstukken (52 stuks)	€ 936	
➤ PVC hulpstukken (52 stuks)		€ 858
Totaal (exclusief BTW)	€ 3.552	€ 3.201,5
Totaal (inclusief 21% BTW)	€ 4.298	€ 3.873,82

6.2.3 Dak- en timmerwerken

Enkel de dakpannen en de schoorsteen bestaan in beide projecten uit dezelfde materialen wat betreft de dakconstructie. De dakpannen vervullen immers een louter esthetische functie. De prijzen hiervan variëren zeer sterk, gaande van 17 euro per m² voor betonpannen tot 95 euro per m² voor natuurleien (Beter Bouwen & Verbouwen, 2007). Een meerkost hiervoor vertaalt zich echter opnieuw niet in een meer of minder duurzame woning. Alle materialen die zich bij een dakconstructie boven het onderdak bevinden, zoals figuur 8 verduidelijkt, hebben immers geen invloed op de isolatiewaarde van het gebouw.



Figuur 8: Dakopbouw (Centre interdisciplinaire de Formation de Formateurs de l'université de Liège (CIFIUL, 2001))

Voor het overige verschilt op vlak van materiaalkeuzes de dakopbouw van het klassieke huis volkomen van deze van de laag-energiewoning zoals tabel 20 duidelijk aantoont. Zo opteert architect Dries bij het klassieke project voor de houtsoort Epicia als draagconstructie. Bij de laag-energiewoning wordt hier echter Douglas voor gebruikt. Deze houtsoort dient niet chemisch behandeld te worden doordat het een grote natuurlijke weerstand bezit tegen aantasting door schimmels en insecten. De mate waarin een bepaalde houtsoort hier tegen bestand is, wordt uitgedrukt door de vijf internationale duurzaamheidsklassen, gaande van zeer duurzaam (I) tot

helemaal niet duurzaam (V). Douglas, afkomstig uit Canada of uit lokale regionen, behoort tot duurzaamheidsklasse III. Als Europese houtsoorten scoren enkel Eik en Robinia beter. (VIBE, 2007c) Epicia, de houtsoort waaruit de draagconstructie bij het meer traditionele huis bestaat, is echter nog niet volledig droog bij plaatsing waardoor het later nog kan vervormen. Bovendien raadt de Nationale Federatie der Houthandelaars (2007) aan om Epicia steeds te impregneren⁵⁶. Deze techniek om de duurzaamheid te verhogen is echter schadelijk voor de mens maar zonder deze chemische behandeling zal deze houtsoort snel rotten.

Aan de achterzijde van beide bouwprojecten is ter hoogte van de zitkamer een dakrandoversteek voorzien om oververhitting te voorkomen. Bij het laag-energiehuis is deze bekleed met Thermowood hout. Ecomat (2007), een centrum voor ecologisch bouwen en wonen, verduidelijkt dat dit thermisch behandeld dennenhout is, afkomstig uit Europese bossen. Thermowood behoort overigens tot duurzaamheidsklasse II. De duurzaamheid van dit materiaal komt bijgevolg overeen met deze van tropisch hardhout. De kap van tropische regenwouden schaadt evenwel de lokale ecosystemen. Bovendien vereist het transport van dit tropisch hout ook enorm veel energie. (Alberts en van den Dobbelsteen, 2001) Thermowood hout zorgt daarentegen voor een opwaardering van de plaatselijk beschikbare houtsoorten. Het ecolabel PEFC⁵⁷ waarborgt bovendien de ecologische duurzaamheid van de herkomst van dit hout. (VIBE, 2007c) Verder beklemtoont de Finse producent Stora Enso (2007) dat Thermowood hout een verhoogde dimensionale stabiliteit waarborgt. Bovendien is dit materiaal ook enorm ecologisch vermits de verwerking ervan geen aanleiding geeft tot schadelijke emissies en op geen enkel ogenblik een toevoeging van chemische substanties vereist. Bij de conventionele woning bestaat de bekleding van deze dakrandoversteek daarentegen uit een niet-ecologisch materiaal, meer bepaald PVC-latten. Zoals reeds toegelicht in '6.2.2 Rioleringswerken', is de productie van PVC op verschillende wijzen schadelijk voor de gezondheid. Als isolatie voor de dakrandoversteek verkiest architect Dries vervolgens voor beide projecten opnieuw de rotswolplaat Rockfit 434⁵⁸. Net als bij de spouwmuren heeft de dakrandoversteek bij het laag-energiehuis een isolatie met dikte 15 cm. Bij het klassieke gebouw plaatst de bouwheer echter slechts 7,5 cm isolatiemateriaal. Verder bevat de dakrandoversteek van de voorbeeldwoning ook Celit 3D bouwplaten. Deze platen bestaan uit samengeperste vezels van onbehandeld afvalhout. De natuurlijke harsen van dit afvalhout fungeren hierbij als bindmiddel. Deze ecologische platen beschutten de isolatie tegen water en sneeuw. Bovendien zijn ze ook winddicht en thermisch en akoestisch isolerend. (Passiefhuis-Platform vzw, 2007) Een Delta-Maxx folie vervult bij het traditionele bouwproject deze beschermende functie. Deze folie, geproduceerd door de firma Dörken Benelux, is samengesteld uit

⁵⁶ Verver (2002) omschrijft impregneren als het inbouwen van een minimale weerstand tegen aantasting van minstens 10 jaar.

⁵⁷ PEFC staat voor 'Programme for the Endorsement of Forest Certification'. Dit ecolabel vormt de Europese versie van het FSC-label. (VIBE, 2007c)

⁵⁸ De eigenschappen van Rockfit 434 zijn reeds vermeld in onderdeel '6.2.1 Ruwbouw'.

een polyestervlies afgewerkt met een dampopen, beperkt waterophoudende polyurethaanlaag⁵⁹. De Delta-Maxx folie bezit echter geen bijkomende isolerende eigenschappen zoals de Celit 3D platen. (Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw, 2004)

Verder toont tabel 20 duidelijk dat architect Dries voor het klassieke huis minder boordplanken rekent dan voor de laag-energiewoning. Bij het voorbeeldproject plaatst de bouwheer deze platen immers achter zowel de dakgoten als de kantpannen. Voor het traditionele gebouw prefereert de architect echter om enkel boordplanken te bevestigen achter de dakgoten. Dit levert een niet zo mooie en iets minder winddichte afwerking op. Bovendien bestaan deze planken bij het laag-energiehuis opnieuw uit het ecologische product Thermowood in tegenstelling tot bij de klassieke woning waar wederom voor de niet zo duurzame houtsoort Epicia is gekozen.

De gevels van het voorbeeldproject zijn gedeeltelijk bekleed met het milieuvriendelijke Thermowood in plaats van met de traditionele gevelsteen. Deze bekleding wordt in het meer conventionele huis vervangen door Eternit-platen, meer bepaald Sidings-platen. Deze platen bestaan hoofdzakelijk uit cement maar vertonen een houtnerfstructuur. Ze vereisen weinig onderhoud meer zijn uiteraard niet zo milieuvriendelijk als Thermowood. (ETERNIT nv, 2007) Opnieuw kiest de architect bij deze gevelbekleding als isolatie voor de rotswolplaat Rockfit 434. Bij de laag-energiewoning opteert de burger ook dit maal voor een isolatiedikte van 15 cm in tegenstelling tot een dikte van slechts 7,5 cm bij het klassieke bouwproject.

Het onderdak van het voorbeeldhuis bestaat uit Celit 4D platen. Deze zijn 4 mm dikker dan Celit 3D maar bezitten dezelfde samenstelling. De isolerende onderdakplaten Celit 4D staan in voor de bescherming van de woning tegen regen en stuifsnieuw en maken de dakconstructie winddicht. (Passiefhuis-Platform vzw, 2007) Een luchtdichte afwerking is hierbij enorm belangrijk. Deze wordt gewaarborgd door de dubbelzijdige kleefband Pro Clima Budax Duo en de kleefband Pro Clima Uni Tape. Voor een goede aansluiting op de schoorsteen staat de Pro Clima Solitex UD folie in. Bij de klassieke woning wordt geen aandacht besteed aan deze afwerking waardoor de kwaliteit van het project aanzienlijk daalt. Verder gebruikt het conventionele huis slechts een Delta-Maxx folie als onderdak wat geen extra isolatie oplevert zoals bij de Celit 4D platen. Tengellatten zorgen er bij beide projecten vervolgens voor dat een spouw ontstaat tussen de dakbedekking en het onderdak zodat binnensijpelend water en condensatie gemakkelijk naar de dakgoot kan afvloeien (CIFFUL, 2001). Bij het conventionele gebouw opteert de architect opnieuw voor de houtsoort Epicia. Bij de laag-energiewoning bestaan de tengellatten daarentegen uit het zeer harde en duurzame Larix. Het kernhout hiervan behoort tot duurzaamheidsklasse III en is zeer gegeerd door de uitstekende mechanische kwaliteit. (Belgian Woodforum, 2007)

⁵⁹ Voor de productie van polyurethaan (PUR) is o.a. benzeen nodig wat diverse schadelijke effecten op de gezondheid heeft en bovendien zelfs kankerverwekkend is. Bij de verbranding van PUR komt het enorm schadelijke blauwzuurgas of cyanwaterstof (HCN) vrij. Dit gas vermindert de beschikbaarheid van zuurstof in het bloed. (Alberts en van den Dobbelsteen, 2001)

Verder opteert architect Dries bij de voorbeeldwoning voor een damp scherm. Dit constructieonderdeel moet ervoor zorgen dat er geen of zo weinig mogelijk vocht in de isolatie dringt zodat de isolatiewaarde ervan niet afneemt (CUFFUL, 2001). De dakopbouw van het klassieke huis bezit echter geen damp scherm waardoor een verhoogd risico ontstaat op natte isolatie. Bij dit gebouw verkiest de particulier een Rockwool Spijkerflensdeken 123 als isolatiemateriaal. Dit rotswolproduct, met een dikte van 12 cm, bezit een λ -waarde van 0,040 W/mK en is overigens onbrandbaar en waterafstotend (Rockwool Belgium N.V., 2007b). Het dak van de laag-energie woning is daarentegen geïsoleerd met 23 cm cellulose. Deze milieuvriendelijke isolatie vergt relatief weinig energie tijdens het productieproces en is bovendien herbruikbaar (Alberts en van den Dobbelsteen, 2001). Het gerecycleerd papier, waaruit cellulose bestaat, wordt met machines in de te isoleren constructieonderdelen geblazen waardoor de kosten aanzienlijk toenemen. Verder bezit cellulose nochtans goede akoestische eigenschappen en een sterke weerstand tegen brand en schimmel. Opmerkelijk is overigens dat dit isolatiemateriaal enerzijds een hoop afval bespaart en anderzijds tevens een hoeveelheid nieuwe isolatieproducten uitspaart. Ook dit product beschikt trouwens over een λ -waarde van 0,040 W/mK. (VIBE, 2007b) Aangezien het isolatiemateriaal van het voorbeeldproject bijgevolg eenzelfde λ -waarde heeft als bij het traditionele gebouw maar een dikte van 11 cm meer bezit, is deze woning ook voor dit constructieonderdeel veel beter geïsoleerd dan het klassieke huis.

Bovendien bezit enkel de laag-energie woning als ondernok de ventilerende band Roll-Fix. Dit materiaal, dat bestaat uit een ventilerend vlies met aluminium zijranden, beschermt de nok tegen stuif sneeuw en regenwater (Klöber Benelux PGmbH, 2006). Bij het conventionele huis is de nok hiertegen dus niet beschermt.

Tenslotte kiest de architect ook verschillende materialen voor de dakgoten en de regenafvoerbuizen. Bij de klassieke woning opteert hij voor zink. Nochtans komt bij de productie van één kilogram zink zelfs zeven kilogram afval vrij. Bovendien scoort zink ook niet goed op vlak van duurzaamheid. Doorgaans is zink immers een relatief korte levensduur beschoren. (Alberts en van den Dobbelsteen, 2001) Bij het laag-energie project kiest architect Dries daarentegen opnieuw voor het meer ecologische product polyethyleen.

Tabel 20: Vergelijking van de dak- en timmerwerken

	Laag-energiewoning	Klassieke Woning
Muurplaten 7*15 cm (13,6 lm)		
Kepers 5*6 cm (356 lm)		
Kepers 63*63 mm (8 lm)		
Nokruiter 4*16 cm (14,6 lm)		
Nok 8*23 cm (5 lm)		
Gordingen 8*23 cm (50,2 lm)		
Spanten 8*23 cm (200,1 lm)		
Trekkers 4*23 cm (61,2 lm)		
Kolommen 10*10 cm (5 lm)		
Panlatten 24*36 mm (421,16 lm)		
➤ Douglas	€ 7.563,6	
➤ Epicia		€ 7.703,1
Dakrandoversteek		
➤ Thermowood 25*150 mm (16 lm)	€ 48,32	
➤ PVC-latten (2,4 m ²)		€ 10,6
➤ Isolatie		
➤ Rockfit 434, 2 lagen, dikte 60 mm (4,8 m ²)	€ 52,8	
➤ Rockfit 434, 1 laag, dikte 60 mm (2,4 m ²)		€ 26,4
➤ Bouwplaten		
➤ Celit 3D, (54, 95 m ²)	inclusief	
➤ Delta-Maxx Folie (54,95 m ²)		€ 61,8
Boordplanken		
➤ Thermowood 25*150 mm (51,25 lm)	€ 666,25	
➤ Epicia 25*150 mm (19,35 lm)		€ 221,95
Gevelbekleding		
➤ Thermowood 25*150 mm (52,55 m ²)	€ 3.957,6	
➤ Eternit-platen 190*3600 mm (52,55 m ²)		€ 2.879,9
➤ Isolatie		
➤ Rockfit 434, 2 lagen, 75 mm (76,02 m ²)	€ 836,22	
➤ Rockfit 434, 1 laag, 75 mm (38,01 m ²)		€ 418,11
Onderdak		
➤ Celit 4D (130,56 m ²)	€ 2.154,24	
➤ Delta-Maxx Folie (130,56 m ²)		€ 146,75
➤ Tengellatten		
➤ Larix 24*38 mm (395,64 lm)	€ 261,12	
➤ Epicia 24*38 mm (395,64 lm)		€ 158,26
➤ Pro Clima Budax Duo (dubbelzijdige kleefband) (2 stuks)	€ 38,4	
➤ Pro Clima Uni Tape (5 stuks)	€ 90	
➤ Winddicht afplakken schoorsteen (Pro Clima Solitex UD)	€ 25	

Tabel 20: Vergelijking van de dak- en timmerwerken (vervolg)

	Laag-energiewoning	Klassieke Woning
Plafondbekleding		
➤ Dampscherm (85,08 m ²)	€ 425,4	
➤ Isolatie		
➤ Cellulose, dikte 23 cm (89 zakken)	€ 1.534	
➤ Rockwool Spijkerflensdeken 123, dikte 12 cm (85,08 m ²)		€ 889,09
Ondernok		
➤ Rollfix K (14,5 lm)	€ 174	
Hanggoten, breedte 12 cm (25,1 lm)		
Regenafvoerbuizen, dikte 1 mm, diameter 90 mm (13,4 lm)		
➤ Polyethyleen	€ 1.072,9	
➤ Zink		€ 1.524,8
Totaal (exclusief BTW)	€ 18.899,85	€ 14.040,76
Totaal (inclusief 21% BTW)	€ 22.868,81	€ 16.989,32

6.2.4 Buitenschrijnwerk

Beide bouwprojecten bevatten raamdorpels uit eenzelfde prijsklasse. Bij het voorbeeldproject zijn deze vervaardigd uit hout. Het klassieke huis bevat daarentegen natuurstenen dorpels. Aangezien architect Dries voor beide gebouwen hiervoor eenzelfde kostprijs vooropstelt, hebben de raamdorpels geen impact op de economische analyse.

Voor de profielen van de ramen verkiest de architect echter verschillende materialen met een uiteenlopende kostprijs zoals tabel 21 weergeeft. Bij de laag-energiewoning bestaan de vensters uit het milieuvriendelijke Thermowood hout. Voor het meer traditionele bouwproject preferiert architect Dries daarentegen PVC profielen wat in een lagere kostprijs resulteert. Dit materiaal is echter schadelijker voor het milieu zoals besproken in het onderdeel '6.2.2 Rioleringswerken'.

Tabel 21: Vergelijking van het buitenschrijnwerk

	Laag-energiewoning	Klassieke Woning
Totaal ramen en voordeur		
➤ Thermowood hout	€ 17.497,55	
➤ PVC		€ 16.052
Totaal (exclusief BTW)	€ 17.497,55	€ 16.052
Totaal (inclusief 21% BTW)	€ 21.172,04	€ 19.422,92

6.2.5 Pleisterwerken

Het voorbeeldproject bezit als binnenmuren verschillende lichte scheidingswanden, zoals onderdeel '6.1.3 Welzijn' vermeldt. Deze zijn opgebouwd uit gipsvezelplaten⁶⁰ en geïsoleerd met 7,5 cm rotswol. Bij de laag-energiewoning opteren de eigenaars hier voornamelijk voor omdat deze een gunstig effect hebben op de flexibiliteit van het gebouw. Ondanks dit duurzame aspect, besluit architect Dries toch deze lichte constructies te behouden in het klassieke huis. De gemiddelde Vlaming kiest namelijk ook steeds vaker voor dit type scheidingswanden om zo de kosten enigszins te drukken. Deze constructies zijn immers veel eenvoudiger om zelf uit te voeren dan stenen binnenmuren waardoor de eigenaars de hoge plaatsingskosten kunnen vermijden.

Verder verkiest architect Dries voor beide bouwprojecten een verschillend materiaal als bepleistering. Zo is het meer traditionele huis bepleisterd met, het frequent toegepaste, natuurgips. De winning van deze grondstoffen tast echter het landschap aan. Bovendien vergt het verwerkingsproces een aanzienlijke hoeveelheid energie vermits het materiaal hierbij tot 150 °C moet opwarmen. (VIBE, 2007d) Het energieverbruik naar transport toe blijft echter zeer beperkt doordat natuurgips in België gedolven wordt (Alberts en van den Dobbelsteen, 2001). De voorbeeldwoning is daarentegen bepleisterd met een zeer ecologisch product, namelijk leem. Dit materiaal bestaat uit klei en fijne zanddeeltjes. Leem is overigens ruim voorradig. Verder vereist leempleister in elk stadium van de levenscyclus slechts een beperkte hoeveelheid energie. Bovendien bezit dit product nog een aantal bijkomende aantrekkelijke eigenschappen zoals o.a. een belangrijke warmtecapaciteit, een uitstekende weerstand tegen schimmels, een vochtregulerend vermogen en goede akoestische kenmerken. Het minder ecologische natuurgips is echter beter bestand tegen mechanische belasting dan leempleister. Doordat oneffenheden bij een lemen bepleistering eenvoudig te herstellen zijn, weegt dit nadeel echter niet zwaar door. (VIBE, 2007d) Tabel 22 toont overigens duidelijk dat het ecologische product leem een uiterst gunstig prijskaartje bevat in verhouding tot natuurgips. Het prijsverschil van 1.092 euro (exclusief BTW) is vooral te wijten aan het feit dat lemen eenvoudig is om zelf uit te voeren en een bepleistering met natuurgips doorgaans de bekwaamheid vergt van een professionele stukadoor.

Tabel 22: Vergelijking van de pleisterwerken

	Laag-energiewoning	Klassieke Woning
Bepkeistering		
➤ Leempleister (136 m ²)	€ 273	
➤ Natuurgips (136 m ²)		€ 1.365
Totaal (exclusief BTW)	€ 273	€ 1.365
Totaal (inclusief 21% BTW)	€ 330,33	€ 1.651,65

⁶⁰ Gipsvezelplaten bestaan uit samengeperst gips versterkt met houtwol- of cellulosevezels (VIBE, 2007d).

6.2.6 Verwarming

De benedenverdieping van beide bouwprojecten wordt verwarmd door middel van vloerverwarming en een additionele kachel. In de badkamer op de bovenverdieping wordt deze functie ingevuld door een radiator. De voorbeeldwoning bezit als verwarmingsketel bovendien een ATAG ZGC 380. Dit is een zonnegascombi-systeem dat zowel een zonneboiler als een condenserende aardgasketel met een HR-top-label bevat. Tijdens zonnige periodes zorgt de zonneboiler bijgevolg voor gratis sanitair warm water. De aardgasketel neemt deze functie vervolgens over gedurende periodes dat weinig zonnewarmte beschikbaar is en staat tevens in voor de verwarming van de ruimtes. (Atag, 2007) Het conventionele huis beschikt daarentegen enkel over een condenserende aardgasketel, weliswaar ook met HR-top-label. Deze staat in voor zowel de verwarming van de ruimtes als het sanitair warm water. De ketel VCW 346 van de producent Vaillant (2007) levert een rendement van 108%. Tabel 23 demonstreert tenslotte dat de ATAG ZGC 380-installatie een veel hogere kostprijs inhoudt dan het VCW 346-systeem. Deze meerkost van 7.370,4 euro (exclusief BTW) is vanzelfsprekend aangezien de zonnegascombi o.a. 10 m² zonnepanelen bevat.

Tabel 23: Vergelijking van de verwarming

	Laag-energiewoning	Klassieke Woning
Combiketel		
➤ Zonnegascombi-gaswandketel: ATAG ZGC 380	€ 9.080,4	
➤ Condensatieketel op aardgas: VCW 346		€ 1.710
Totaal (exclusief BTW)	€ 9.080,4	€ 1.710
Totaal (inclusief 21% BTW)	€ 10.987,3	€ 2.069,1

6.2.7 Samenvatting van de kosten

De fictieve omvorming van het voorbeeldproject naar een meer conventionele woning resulteert uiteindelijk in een meerkost van 15.574,64 euro (exclusief BTW) voor het laag-energiehuis. Als de transformatie daarentegen abstractie maakt van de zonneboiler bedraagt de meerkost slechts 8.204,24 euro (exclusief BTW). De zonnegascombi-installatie levert dus een aanzienlijk prijsverschil op. Tabel 24 toont trouwens duidelijk dat de categorie dak- en timmerwerken ook verantwoordelijk is voor een substantiële meerkost. Dit is vooral te wijten aan een hogere plaatsingskost voor de dakisolatie, een duurdere materiaalkeuze voor de gevelbekleding en een prijziger materiaal voor het onderdak van de voorbeeldwoning. Opmerkelijk is bovendien dat de pleisterwerken een besparing opleveren van zelfs 1.092 euro (exclusief BTW). Het lemen van het laag-energiegebouw kunnen de eigenaars immers zelf uitvoeren, in tegenstelling tot het bepleisteren van het meer traditionele huis met natuurgips.

Tabel 24: Meerkosten voor de laag-energiewoning

	Laag-energiewoning
Ruwbouw	€ 2.641,1
Rioleringswerken	€ 350,5
Dak- en timmerwerken	€ 4.859,09
Buitenschrijnwerk	€ 1.445,55
Pleisterwerken	€ -1.092
Verwarming	€ 7.370,4
Totaal (exclusief BTW)	€ 15.574,64
Totaal (inclusief 21% BTW)	€ 18.845,31
% van totale kosten (€ 166.904,47)	11,29 %

Stel dat de heer en mevrouw Willems voor deze meerkost van de voorbeeldwoning een lening aangaan gedurende een periode van 30 jaar aan een vaste intrestvoet van 4,85% per jaar⁶¹. Dan betekent dit concreet dat de eigenaars voor de bijkomende kosten van 18.845,31 euro (inclusief BTW) 98,26 euro per maand extra moeten aflossen. Als ze daarentegen opteerden voor dezelfde woning maar dan zonder de zonneboiler, zouden ze maandelijks 51,76 euro meer moeten afbetalen dan voor het klassieke bouwproject. De zonneboiler kost het gezin Willems bijgevolg 46,5 euro per maand gedurende een periode van 30 jaar maar levert uiteraard ook een energiebesparing op.

6.3 Vergelijking van het E-peil en het energieverbruik

Dit onderdeel is gebaseerd op appendices 4 en 5 die een overzicht aanreiken van de resultaten van beide bouwprojecten wat betreft energiezuinigheid. Juffrouw Evers, een studente industrieel ingenieur in de afdeling bouwkunde aan de Xios Hogeschool Limburg, voerde de berekeningen uit aan de hand van het EPB-softwarepakket versie 1.1.

6.3.1 Berekening van het E-peil

Voor beide projecten voldoet het behaalde E-peil ruimschoots aan de norm E100⁶². De laag-energiewoning bezit namelijk een E-peil 62. Het klassieke huis scoort daarentegen aanzienlijk slechter met E85. Toch is dit nog steeds een heel goede waarde. Ook het K-peil, dat een uitdrukking geeft aan het globale isolatieniveau van een gebouw, varieert zeer sterk. Het voorbeeldproject behaalt een K-peil 26. De meer conventionele woning omvat echter een veel hoger K-peil, namelijk K39. Beide huizen liggen nochtans ruim onder de wettelijke norm K45. Toch blijkt dat de laag-energiewoning opmerkelijk beter scoort op beide parameters dan het meer

⁶¹ Beter Bouwen & Verbouwen (2006) geeft aan dat de beste vaste rentevoet die de Belgische banken aanbieden in 2006 voor een lening afbetaalbaar op een periode van 30 jaar 4,85% is.

⁶² Onderdeel '4.1.1.2 Energieprestatie-eisen' licht toe wat het E-peil exact inhoudt.

traditionele bouwproject. Voor de oververhittingsfactor behaalt het voorbeeldgebouw echter de meest ongunstige waarde. De doorgedreven isolatie van het laag-energieproject verhoogt immers het risico op oververhitting omdat de warmte het huis moeilijker kan verlaten.

6.3.2 *Vergelijking van het energieverbruik*

Voor de bepaling van het energieverbruik van de klassieke woning moeten een aantal assumpties gemaakt worden. Een eerste hypothese veronderstelt dat het conventionele bouwproject ook gebruik maakt van aardgas als energiebron. Een tweede assumptie gaat er van uit dat het verwarmde oppervlak ongewijzigd blijft. Aangezien de zitkamer tevens dienst doet als bureauimte, is het toegestaan om aan te nemen dat ook de slaapkamers van het traditionele huis niet verwarmd worden. Opgroeiende kinderen kunnen immers later gebruik maken van de bureauhoek als studeerruimte. Verder wordt het elektriciteitsverbruik niet in beschouwing genomen vermits dit vooral afhankelijk is van de gekozen toestellen en van het gedrag van de inwoners.

Tabel 25 geeft een overzicht van het gemiddeld karakteristiek primair aardgasverbruik⁶³ per jaar van beide projecten. Onmiddellijk valt op dat de zonneboiler het energieverbruik voor de productie van sanitair warm water sterk reduceert, meer bepaald met 3.298,06 kWh. Aangezien de laag-energiewoning bovendien veel beter geïsoleerd is, vereist dit gebouw ook aanzienlijk minder energie voor verwarming. In totaal heeft het voorbeeldproject gemiddeld per jaar 8.009,45 kWh minder aardgas nodig. Deze besparing wordt bij de economische analyse als baat in beschouwing genomen.

Tabel 25: Vergelijking van het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik (bijlage 4 en 5)

	Laag-energiewoning (E62)	Conventionele Woning (E85)	Vershil
Verwarming (aardgas)	16.002,5 kWh	20.713,89 kWh	4.711,39 kWh
Tapwater (aardgas)	2.823,33 kWh	6.121,39 kWh	3.298,06 kWh
Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik (totaal)	18.825,83 kWh	26.835,28 kWh	8.009,45 kWh

⁶³ De EPB-software berekent dus niet het werkelijke verbruik van de inwoners vermits dit te sterk afhangt van onvoorspelbare factoren zoals o.a. het aantal uren per dag dat de eigenaars het gebouw benutten. Voor ruimteverwarming neemt het primaire energieverbruik de warmteverliezen van de woning, het systeemrendement en het opwekkingsrendement in rekening. Het primaire energieverbruik voor warm tapwater verrekent de bijdrage van een eventuele zonneboiler, het systeem- en het opwekkingrendement. De term 'karakteristiek' geeft tenslotte aan dat deze software hierbij uitgaat van de hypothese dat de binnentemperatuur van de woningen constant 18°C bedraagt. (Vlaamse Gemeenschap, 2007)

6.4 Economische analyse

Zoals besproken, houdt de analyse enkel rekening met de additionele kosten en baten. Dit betekent dus dat deze gevalstudie uitsluitend de meerkosten en -baten van de voorbeeldwoning in vergelijking tot het traditionele huis in beschouwing neemt. Hierbij bestaan de bijkomende kosten uit de extra materiaalkosten die de bouw van het laag-energieproject vereisen. Verder omvatten de baten de besparingen aan aardgasverbruik voor de woningverwarming en de productie van sanitair warm water. Specifiek voor de kosten-batenanalyse wordt ook nagegaan hoeveel de emissies van koolstofdioxide (CO₂), koolstofmonoxide (CO), stikstofoxiden (NO_x), vaste deeltjes (PM), vluchtige organische componenten (VOC) en zwaveldioxide (SO₂) dalen door het gereduceerde energieverbruik.

6.4.1 Assumpties

Om de berekeningen op een consistente wijze te kunnen uitvoeren, is het noodzakelijk om vooraf een aantal factoren duidelijk af te bakenen. Vermits deze gevalstudie bovendien de resultaten van de financiële en de kosten-batenanalyse wenst te vergelijken, is het belangrijk dat voor een aantal parameters eerst specifieke waarden worden vastgelegd.

6.4.1.1 Gebruiksduur

De Coninck en Verbeeck (2005) veronderstellen dat één generatie doorgaans gedurende 40 jaar één zelfde huis bewoond. De daaropvolgende generatie renoveert de woning meestal of breekt ze af. Deze analyse stelt bijgevolg een gebruiksduur van 40 jaar voorop voor beide bouwprojecten. Bovendien is het sowieso niet aan te raden om een langere levensduur in beschouwing te nemen gezien de doorsnee particulier zelden investeert in zaken die hij zelf niet volledig benut.

Voor maatregelen met een levensduur korter dan 40 jaar moet een volledige herinvestering plaatsvinden na de gebruiksduur in kwestie. Zo veronderstellen De Coninck en Verbeeck (2005) voor beglazing een levensduur van 25 jaar. In samenspraak met architect Dries is er echter besloten om een herinvestering hiervoor buiten beschouwing te laten. In de toekomst zal waarschijnlijk de kostprijs van driedubbele beglazing aanzienlijk dalen. Vermits dit type echter ook andere profielen vereist, maakt de architect de assumptie dat dit de gemiddelde Vlaming er waarschijnlijk van zal weerhouden om hierin te investeren. Verder gaat het Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek (viWTA, 2004) voor installaties uit van een levensduur van 20 jaar. Aangezien de pomp voor de regenwaterput bij beide projecten identiek is, moet deze gevalstudie de herinvestering hiervan niet in rekening nemen. De herinvestering van de verwarmingsketel dient de analyse daarentegen wel in te calculeren. Vermits de eigenaars de ketel na 20 jaar moeten vervangen en de beschouwde gebruiksduur van de woning exact het dubbel bedraagt, moet in de berekeningen geen restwaarde van de verwarmingsketel meegenomen

worden. De meerkost van de herinvestering is bepaald op basis van de huidige kostprijzen van de installaties aangepast aan inflatie. Rekening houdende met een gemiddelde inflatie van 1,864%⁶⁴, resulteert dit in 2027 in een meerkost van 12.666,9 euro inclusief BTW.

Tabel 26: Herinvestering in installaties anno 2027

Herinvestering zonnegascombi-gaswandketel in laag-energiewoning	€ 12.897,3
Herinvestering condensatieketel op aardgas in conventionele woning	€ 2.428,79
Meerkost voor de laag-energiewoning (exclusief BTW)	€ 10.468,51
Meerkost voor de laag-energiewoning (inclusief 21% BTW)	€ 12.666,9

Tenslotte zal aan het einde van de gebruiksduur de restwaarde van de laag-energiewoning ook meer bedragen dan deze van het klassieker huis vermits deze beter is afgewerkt en beter scoort in het licht van het toekomstige energieprestatiecertificaat⁶⁵. De hogere restwaarde vormt een belangrijke baat voor de eigenaars. De analyse neemt deze meerwaarde echter niet in beschouwing aangezien de exacte waarde ervan niet kan bepaald worden.

6.4.1.2 Discontovoet

Voor de bepaling van de discontovoet voor de economische analyse baseert deze gevalstudie zich op de langetermijnrente of OLO⁶⁶ op tien jaar. Vermits dit een nominale rentevoet is, houdt deze reeds rekening met de inflatie. De Nationale Bank van België (NBB, 2007) toont de gemiddelde OLO's van de periode 1990 tot 2006. Aangezien voor de discontovoet best een sensitiviteitsanalyse uitgevoerd wordt op basis van drie uiteenlopende scenario's zoals onderdeel '5.3.4 Verdiscontering van de kosten en de baten' aangeeft, wordt geopteerd voor de laagste, de gemiddelde en de hoogste OLO van de periode 1990 tot 2006 . Bovendien is duurzaam bouwen ook sterk gerelateerd aan het milieu en de impact hiervan op de toekomstige generaties, waardoor er tevens een vierde scenario zonder discontovoet in rekening genomen wordt waarbij een langetermijnvisie centraal staat. Onderstaande tabel geeft tenslotte een overzicht van de vier nominale discontovoeten die uiteindelijk bij de verdere analyse in beschouwing genomen worden.

Tabel 27: Beschouwde discontovoeten

Hoogste discontovoet (OLO van 1990)	10,01%
Gemiddelde discontovoet	6,08%
Lage discontovoet (OLO van 2006)	3,81%
Scenario zonder discontovoet	0%

⁶⁴ De gebruikte inflatie is het gemiddelde van de inflatie gedurende de periode 1997-2006 (Ministerie van Economische Zaken, 2007).

⁶⁵ Onderdeel '4.1.2 Energieprestatiecertificaat' gaat hier dieper op in.

⁶⁶ Lineaire obligaties of OLO's zijn schuldvorderingen die door de staat worden uitgegeven. Bij de lancering bepaalt de overheid hier reeds de vervaldag en de nominale rentevoet van. (van Poll, 2002)

6.4.1.3 Aardgastarief

De economische analyse neemt uitgespaarde energiekosten als baten in rekening. Hiervoor wordt het energieverbruik, gegeven in tabel 25, vermenigvuldigd met het gemiddelde aardgastarief voor 2007. De doorsnee prijs van aardgas is geschat op basis van gegevens van de periode 2004 tot 2006 gepubliceerd door het Ministerie van Economische Zaken (2007) en VREG (2006) en is vervolgens aangepast aan de inflatie. Het gemiddelde aardgastarief voor 2007 is bepaald voor een Vlaams gezin met een doorsnee verbruik van 23.260 kWh. Bovendien is hierbij rekening gehouden met het marktaandeel van de verschillende aardgasleveranciers en de omvang van het netgebied van de distributienetbeheerders. Het tarief bestaat trouwens uit verschillende componenten zoals tabel 28 duidelijk maakt.

Tabel 28: Componenten van het doorsnee aardgastarief voor een gemiddeld Vlaams gezin in €c/kWh in 2007, gewogen ten aanzien van het marktaandeel van de leveranciers en de grootte van het netgebied (Bewerkte versie uit VREG, 2006 en Ministerie van Economische Zaken, 2007)

Energie	€c 3,53811677	68,33%
Distributie	€c 1,10187419	21,28%
Transmissie	€c 0,37040658	7,15%
Heffingen	€c 0,16751066	3,24%
Totale aardgasprijs	€c 5,17790820	100%
Totale aardgasprijs (inclusief 21% BTW)	€c 6,26526892	121%

De energiecomponent doelt op de prijs die aardgasleveranciers⁶⁷ aan de klant aanrekenen. Deze bestaat uit de kostprijs die de leverancier zelf betaalt voor de energie, de onkosten en een winstmarge. Het bestanddeel distributie houdt een vergoeding in aan de distributienetbeheerders voor het vervoer over de distributienetten. De CREG bepaalt het bedrag hiervan. Het onderdeel transmissie bevat een compensatie voor het vervoer van aardgas over het vervoernet (dat in België onder het beheer staat van Fluxys). Ook hiervan bepaalt de CREG de exacte kostprijs. De component heffingen omvat tenslotte een energiebijdrage, een federale bijdrage⁶⁸ en een toeslag voor beschermde afnemers. (IVEG, 2003)

Aangezien deze gevalstudie een gebruiksduur van 40 jaar in beschouwing neemt, is het essentieel dat dit aardgastarief elk jaar wordt aangepast aan inflatie. Doordat de toekomst van de fossiele brandstoffen momenteel sterk onder vuur ligt, houdt deze analyse bovendien ook rekening met vier energiemogelijkheden. Een toekomstige stijging van de energieprijzen wordt hierbij uitsluitend

⁶⁷ Sinds de vrijmaking van de energiemarkt zijn er zes aardgasleveranciers op de markt in Vlaanderen aanwezig namelijk Electrabel Customer Solutions, Luminus, Nuon, Essent Belgium, City Power en EBEM (VREG, 2006).

⁶⁸ Deze federale bijdrage houdt de financiering van de CREG in en de bijdragen van het sociaal fonds, voor het Kyoto-fonds en voor de ontmanteling van de nucleaire sites (IVEG, 2003).

berekend op de component energie. De andere prijsonderdelen zijn enkel onderhevig aan inflatie. De Europese Commissie, Directoraat Generaal vervoer en energie (2004 in De Coninck en Verbeeck, 2005) ontwikkelde energieprijsscenario's tot 2030. De internationale gasprijzen zullen volgens deze instantie in de toekomst jaarlijks stijgen met respectievelijk 0%; 2,1% en 4,3% bovenop de inflatie. Deze percentages zijn door de Europese Commissie echter berekend voor groothandelsprijzen. Bij gebrek aan exactere wetenschappelijke informatie hanteert een studie van De Coninck en Verbeeck (2005) deze percentages nochtans ook voor consumententarieven. Op aanraden van mevrouw Verbeeck is tenslotte nog een vierde scenario ingebouwd in de economische analyse, meer bepaald een drastische energieprijsstijging van 6,5%.

6.4.2 *Analyse van E62-woning met als referentie E85-project*

6.4.2.1 Financiële analyse zonder financiële steunmaatregelen

Een financiële analyse gaat na hoeveel het voorbeeldproject kost vanuit het standpunt van de particulier. Hierbij weegt het de private kosten en baten tegen elkaar af, in dit geval dus de additionele investeringskosten voor de laag-energiewoning tegen latere energiebesparingen. Deze analyse houdt tevens rekening met het BTW-tarief van 21% voor nieuwbouwprojecten.

De bijkomende investering van 18.845,31 euro voor het E62-project resulteert in een jaarlijkse aardgasbesparing van 8.009,45 kWh. Rekening houdende met het gemiddelde aardgastarief van 2007, inclusief heffingen en BTW, betekent dit dat de eigenaars jaarlijks een opbrengst van 501,81 euro realiseren. De terugverdientijd van deze initiële investering (abstractie makend van de herinvestering) bedraagt bijgevolg 37 jaar en 7 maanden. Vermits deze maatstaf geen rekening houdt met de tijds waarde van geld, wordt ook de netto contante waarde bekeken op een periode van 40 jaar. Deze neemt de meerkost van de herinvestering voor de zonnegascombi-gaswandketel van 12.666,9 euro anno 2027 echter wel in beschouwing. Tabel 29 toont dat de netto contante waarde toeneemt naarmate de discontovoet daalt en de energieprijzen stijgt. Bij een lage discontovoet hebben de toekomstige baten immers een grotere impact. Een hogere discontovoet focust zich daarentegen meer op het heden waardoor de initiële investering veel zwaarder doorweegt. Uiteindelijk leveren 6 van de 16 scenario's een winstgevende netto contante waarde op. Hiervan zijn er twee slechts nipt terugverdienbaar na 39 jaar. De overige rendabele scenario's leveren zelfs een mooie winstmarge op voor de particulier. Toch moeten de eigenaars er dus rekening mee houden dat de initiële investering slechts rendeert na een tamelijk lange termijn van minstens 25 jaar en enkel in geval van een lage rentevoet gecombineerd met een stijging van de energieprijzen.

De interne opbrengstvoet toont vervolgens de maximale discontovoet waarbij de netto contante waarde nog net een positief resultaat biedt. Uit tabel 29 blijkt duidelijk dat deze hoger ligt naarmate de energieprijzen toenemen. Indien deze daarentegen stagneren rendeert in dit geval de investering voor de laag-energiewoning sowieso niet. Rekening houdende met het feit dat de

grootste Belgische banken⁶⁹ momenteel gemiddeld een basisrente van 2% aanbieden op een spaarboekje, is eigenlijk het voorbeeldhuis uitsluitend interessant voor de particulier bij een energieprijsstijging van 4,3% of 6,5%. Als de aardgastarieven slechts 2,1% toenemen of stagneren, opteert de burger er echter beter voor om zijn budget op een spaarboekje te zetten.

Tabel 29: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse exclusief steunmaatregelen van de E62-woning t.o.v. een E85-project

Disconto- Voet Energie- Prijsstijging	NCW (€)				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	-2.079,43	-11.151,26	-13.183,5	-14.848,38	-	-	-	-	-0,46%
2,1%	10.416,73	-6.802,81	-10.686,78	-13.759,44	35 jaar	-	-	-	1,73%
4,3%	34.245,57	1.006,85	-6.383,1	-12.018,93	29 jaar	39 jaar	-	-	4,04%
6,5%	78.797,79	14.877,43	986,11	-9.243,1	25 jaar	31 jaar	39 jaar	-	6,32%

6.4.2.2 Financiële analyse met financiële steunmaatregelen

Tabel 30 geeft een overzicht van de financiële steunmaatregelen die van toepassing zijn op het voorbeeldproject en op de E85-woning. Hieruit blijkt dat de eigenaars van het laag-energieconcept recht hebben op 2.280 euro meer subsidies. Dit verschil is bovendien volledig toe te schrijven aan de zonneboiler.

⁶⁹ Hiervoor zijn Argenta, AXA, Ethias, Deutsche Bank, Bank van de Post, Dexia, Fortis, ING en KBC in beschouwing genomen (NBB, april 2007).

Tabel 30: Financiële steunmaatregelen

	Laag-energiewoning	Klassieke woning
Belastingaftrek (40% van de investering)	Beperkt tot € 3.380⁷⁰	Beperkt tot € 2.600
➤ Hoogrendementsglas (inclusief profielen)	€ 8.468,81	€ 7.769,17
➤ Dakisolatie	€ 742,46	€ 319,14
➤ Zonneboiler	€ 3.567,27	
Netbeheerder Interelectra		
➤ Condenserende aardgasketel	€ 125	€ 125
➤ Zonneboiler	€ 750	
Provincie Limburg		
➤ Zonneboiler	€ 250	
Gemeente Overpelt⁷¹		
➤ Zonneboiler	€ 500	
Totaal	€ 5.005	€ 2.725

Indien de financiële analyse van de laag-energiewoning de additionele premies incalculeert (exclusief de herinvestering anno 2027), resulteert dit in een terugverdiendtijd van 33 jaar. De extra subsidies verkorten deze termijn dus met 4 jaar en 7 maanden. Verder geeft tabel 31, waarbij de herinvestering wel is ingecalculeerd, weer dat de bijkomende financiële steunmaatregelen slechts één additioneel rendabel scenario opleveren. De winsten liggen uiteraard wel telkens 2.280 euro hoger. Dit vertaalt zich vervolgens in een verdisconteerde terugverdiendtijd die gemiddeld 2 jaar en 8 maanden korter is.

Een vergelijking van tabel 31 met tabel 29 verduidelijkt bovendien dat het incalculeren van de subsidies zich gemiddeld omzet in een extra rendement van 0,57%⁷². Dit levert het scenario met een stijging van de energietarieven van 2,1% nipt een hoger rendement op dan de gemiddelde basisrente van een spaarboekje. De financiële maatregelen hebben in dit geval dus veeleer een geringe impact op de rendabiliteit van duurzaam bouwen. Naar mijn mening is dit te wijten aan het feit dat enkel de zonneboiler bijkomende subsidies oplevert. De meerkost van de laag-energiewoning wordt echter ook in sterke mate bepaald door milieuvriendelijkere materialen en een meer doorgedreven isolatie. Hiervoor zijn echter geen additionele premies ter beschikking.

⁷⁰ Zoals vermeld in '4.4.1 Belastingvermindering' bedraagt de maximum aftrek per woning in aanslagjaar 2008 (inkomstenjaar 2007) 3.380 euro voor huizen met zonneboiler of fotovoltaïsche zonnepanelen en 2.600 euro voor woningen zonder.

⁷¹ 10 maart 2007 – Subsidiereglement voor het plaatsen van thermische zonne-installaties en fotovoltaïsche zonne-installaties. (Gemeenteraad van de gemeente Overpelt)

⁷² Dit is het gemiddelde van de rendementen bij constante energieprijzen en bij een stijging van 2,1%, 4,3% en 6,5%.

Tabel 31: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse inclusief steunmaatregelen van de E62-woning t.o.v. een E85-project

Disconto- Voet Energie- Prijsstijging	NCW (€)				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	200,57	-8.817,26	-10.903,5	-12.568,38	40 jaar	-	-	-	0,05%
2,1%	12.696,73	-4.522,81	-8.406,78	-11.479,44	33 jaar	-	-	-	2,29%
4,3%	36.525,57	3.286,85	-4.103,1	-9.738,93	28 jaar	37 jaar	-	-	4,64%
6,5%	81.077,79	17.157,43	3.266,11	-6.963,1	18 jaar	30 jaar	36 jaar	-	6,94%

6.4.2.3 Kosten-batenanalyse

De laag-energie woning vermijdt een bepaalde hoeveelheid externe milieukosten door een zuiniger verbruik. Een maatschappelijke kosten-batenanalyse neemt deze vermeden kosten in rekening vermits deze zowel de private als de externe kosten en baten incalculeert. Aangezien dit voor de eigenaar geen rechtstreekse kost of opbrengst betekent, verrekent een financiële analyse deze echter niet. Omdat de kosten-batenanalyse bovendien het standpunt van de maatschappij vertegenwoordigt, laat deze het BTW-tarief en eventuele heffingen buiten beschouwing.

Het is cruciaal om deze externe milieukosten onder de loep te nemen. De verschillende stoffen die ontstaan als gevolg van de verbranding van aardgas brengen immers ongunstige effecten teweeg voor zowel de bevolking als de vegetatie. Zoals besproken in hoofdstuk 2 draagt koolstofdioxide (CO₂) o.a. bij tot het broeikas effect. Koolstofmonoxide (CO), dat ontstaat bij een onvolledige verbranding, veroorzaakt zelfs rechtstreeks gezondheidsproblemen aangezien het de opname van zuurstof in het bloed belemmert. Bovendien heeft CO tevens een indirect aandeel in het broeikas effect⁷³. (De Ceuster, 2004) Ook vluchtige organische componenten (VOC) komen voort uit een onvolledige verbranding. Deze geven aanleiding tot longaandoeningen, irritatie van de ogen en troposferische ozonvorming. Verder zijn VOC-emissies carcinogeen. (De Borger en Proost, 1997) Stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO₂) bezitten dezelfde schadelijke effecten als de vluchtige organische componenten maar liggen bovendien tevens aan de basis van verzuring en zure regen. Tenslotte ontstaan er ook minuscule roetdeeltjes (PM) door de verbranding van aardgas. Naarmate de diameter van deze vaste stofdeeltjes daalt, neemt de impact op het ziekte- en sterftcijfer toe. Dit fijn stof schaadt immers de longfunctie en kan bij langdurige blootstelling aanleiding geven tot hart- en luchtwegaandoeningen en mogelijk zelfs longkanker. (De Ceuster, 2004) Vanuit het standpunt van de maatschappij is het dus uiteraard essentieel dat deze externe effecten ingecalculeerd worden. Tabel 32 geeft een overzicht van het exact aantal gram van de

⁷³ In de atmosfeer wordt CO omgezet tot CO₂ wat een negatieve invloed heeft op het broeikas effect (De Borger en Proost, 1997).

verschillende componenten per kWh aardgas na verbranding en de kostprijs van de bijbehorende schade. Deze tarieven zijn aangepast aan inflatie.

Tabel 32: Componenten van aardgas na verbranding en de bijbehorende milieukosten (Bewerkte versie uit De Coninck & Verbeeck (2005), Proost & Van Dender (1998), De Ceuster (2004) en U.S. Environment Protection Agency (EPA, 1996))

	CO ₂	CO	NO _x	PM	SO ₂	VOC
Gram/kWh	192	0,0727	0,1709	0,0279	0,0011	0,01
€/gram	0,00002114	0,00000319	0,00862004	0,4097421	0,01334335	0,00092105

Vermits de laag-energiewoning het jaarlijkse aardgasverbruik reduceert met 8.009,45 kWh in verhouding tot het verbruik van het meer traditionele bouwproject, dringt dit huis gedurende een levensduur van 40 jaar de schadelijke emissies terug met 61,5 ton CO₂, 54,75 kg NO_x, 352 g SO₂, 8,9 kg PM, 23,3 kg CO en 3,2 kg VOC. Jaarlijks betekent dit dat deze woning aanleiding geeft tot 136,06 euro minder milieukosten. Indien hierbij ook de energiebesparing van 401,31 euro (exclusief heffingen en BTW) in rekening wordt genomen, wil dit zeggen dat de meerkost van 15.574,64 euro (exclusief BTW) van de voorbeeldwoning is terugverdiend na een periode van 29 jaar (exclusief de herinvestering in 2027). Als de analyse de externe baten mee in beschouwing neemt, is de terugverdientijd dus beduidend korter dan wanneer enkel de private kosten en baten worden verrekend.

Voor het bepalen van de netto contante waardes, de verdisconteerde terugverdientijden en de interne opbrengstvoeten houdt de kosten-batenanalyse rekening met een herinvestering van 10.468,51 euro (exclusief BTW) anno 2027. Tabel 33 toont dat 7 scenario's een positieve netto contante waarde en bijgevolg een rendabel resultaat bieden. De opname van de vermeden milieukosten levert dus exact evenveel rendabele scenario's op als bij de financiële analyse met steunmaatregelen. De verdisconteerde terugverdientijden van het voorbeeldproject liggen vanuit het standpunt van de maatschappij gemiddeld wel 3 jaar en 8 maanden lager dan vanuit de positie van de particulier (tabel 29). Zelfs indien de burger rekening houdt met financiële steunmaatregelen (tabel 31), verdient de maatschappij de investering in de laag-energiewoning doorgaans 1 jaar en 5 maanden sneller terug. Ook levert deze investering naarmate de energieprijzen sneller stijgt een beter rendement op. Bij een jaarlijkse energieprijzstijging van 6,5% bedraagt het rendement zelfs 7%. Vanuit het oogpunt van investeringscalculatie is het laag-energieproject sowieso winstgevend voor de samenleving vermits alle interne opbrengstvoeten positief zijn. Als de energieprijzen stagneren levert een spaarboekje nochtans meer op.

Tabel 33: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E62-woning t.o.v. een E85-project

Disconto- Voet Energie- Prijsstijging	NCW (€)				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	5.475,09	-5.878,39	-8.560,8	-10.835,16	36 jaar	-	-	-	1,31%
2,1%	15.802,5	-2.276,11	-6.497,4	-9.935,21	31 jaar	-	-	-	3%
4,3%	35.495,75	4.178,16	-2.940,63	-8.496,77	27 jaar	35 jaar	-	-	4,96%
6,5%	72.315,78	15.641,45	3.149,62	-6.202,69	18 jaar	29 jaar	36 jaar	-	7%

Bovenstaande tabel geeft duidelijk weer dat het sterk afhankelijk is van de economische evolutie en van het verloop van de energieprijzen of de meer duurzame woning op basis van de netto contante waarde al dan niet aantrekkelijk is. Een exacte prognose maken is hierbij onmogelijk vermits de scenario's afhankelijk zijn verschillende indicatoren.

6.4.3 Analyse van E72-woning met als referentie E85-project

6.4.3.1 Financiële analyse

Indien de eigenaars niet hadden geopteerd voor een zonneboiler zou de woning een E72-peil bezitten (bijlage 6). In dit geval zouden ze recht hebben op exact dezelfde premies als het E85-project ondanks het grote verschil op vlak van isolatieniveau en materiaalkeuzes. De meerkost van het huis zou dan bovendien slechts 9.927,13 euro (inclusief BTW) bedragen. De energiebesparing daalt in dat geval tot 4.711,39 kWh per jaar, wat resulteert in een jaarlijkse besparing van 295,18 euro (inclusief heffingen en BTW). De initiële investering kan de eigenaar bijgevolg terugverdienen op 33 jaar en 7 maanden. In vergelijking met het laag-energieproject met zonneboiler (E62), is deze terugverdientijd dus 4 jaar korter. Bovendien moet de analyse voor het E72-gebouw ook geen herinvestering incalculeren in 2027 vermits zowel dit huis als de referentiewoning voorzien zijn van een gewone condensatieketel op aardgas.

Tabel 34 verduidelijkt dat de investering in de laag-energiewoning zonder zonneboiler winstgevend is voor de helft van de scenario's. In verhouding tot het voorbeeldproject inclusief zonneboiler (tabel 29), leveren nu dus twee extra scenario's een positief resultaat. De verdisconteerde terugverdientijden zijn bovendien ook gemiddeld 7 jaar en 8 maanden korter. De E72-woning resulteert bijgevolg in opmerkelijk betere uitkomsten dan het E62-concept. Dit creëert het vermoeden dat een zonneboiler vanuit economisch perspectief niet zo interessant is. Desalniettemin moet de particulier nog steeds rekening houden met een terugverdientijd van minstens 19 jaar.

De interne opbrengstvoeten bevestigen ook dat het project zonder zonneboiler veel rendabeler is. Bij substantiële energieprijsstijgingen zijn er zelfs enorme rendementen van 5,91% of zelfs 7,79% haalbaar, wat zelfs meer is dan een staatsobligatie momenteel oplevert⁷⁴. Zelfs indien de energieprijzen stagneren, biedt deze investering een hoger rendement dan de gemiddelde basisrente van een spaarboekje. Bijgevolg is op basis van de interne opbrengstvoet de investering in de laag-energiewoning zonder zonneboiler zeker interessant voor de particulier.

Tabel 34: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse van de E72-woning t.o.v. een E85-project

Disconto- Voet Energie- Prijsstijging	NCW (€)				Verdisconteerde terugverdiëntijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	7.386,08	-1.874,05	-4.308,21	-6.470,48	27 jaar	-	-	-	2,65%
2,1%	14.736,68	683,84	-2.839,57	-5.829,94	23 jaar	38 jaar	-	-	4,16%
4,3%	28.753,49	5.277,7	-308,02	-4.806,12	21 jaar	29 jaar	-	-	5,91%
6,5%	54.960,4	13.436,78	4.026,76	-3.173,29	19 jaar	25 jaar	31 jaar	-	7,79%

6.4.3.2 Kosten-batenanalyse

Vermits de jaarlijkse energiebesparing voor de E72-woning 4.711,39 kWh bedraagt, daalt de energiefactuur met 236,06 euro (exclusief heffingen en BTW). Gedurende een levensduur van 40 jaar vermindert de uitstoot van het voorbeeldhuis dus met 36,2 ton CO₂, 32,2 kg NO_x, 13,7 kg CO, 5,3 kg PM, 1,9 kg VOC en 207 g SO₂. Dit resulteert in een jaarlijkse vermeden milieukost van 80,04 euro. Beide baten zorgen ervoor dat de initiële investering van 8.204,24 euro (exclusief BTW) terugverdiend is na een periode van 26 jaar.

Rekening houdend met de tijds waarde van geld, blijken in de meerderheid van de scenario's de verdisconteerde terugverdiëntijden ook rendabel te zijn zoals tabel 35 aangeeft. In vergelijking met de financiële analyse (tabel 34) bieden nu twee bijkomende scenario's een gunstig resultaat en liggen de verdisconteerde terugverdiëntijden gemiddeld 3 jaar en 10 maanden lager. In verhouding tot de kosten-batenanalyse van het bouwproject met zonneboiler (tabel 33) leveren drie extra combinaties winst op, zijn de terugverdiëntijden zelfs doorgaans 8 jaar en 7 maanden korter en ligt het rendement gemiddeld 2,11% hoger.

Op basis van de netto contante waarde, blijkt dat de investering rendabel is tenzij de discontovoet escaleert door een oververhitte economie. De interne opbrengstvoet duidt er echter op dat deze

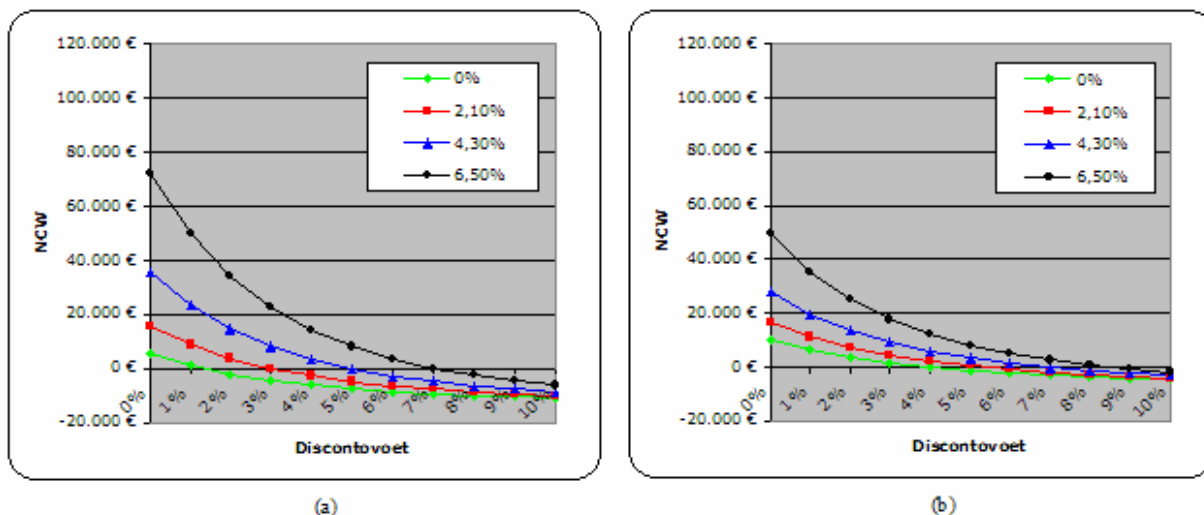
⁷⁴ De OLO op tien jaar bedraagt op 20 mei 2007 4,36% (NBB, 2007).

investering sowieso interessant is zelfs indien de energieprijzen constant zouden blijven. Ook voor de maatschappij biedt de E72-woning dus duidelijk betere resultaten hoewel in enkele scenario's grotere winsten mogelijk zijn bij het E62-project op basis van de netto contante waarde.

Tabel 35: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E72-woning t.o.v. een E85-project

Disconto- Voet Energie- prijsstijging	NCW (€)				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	10.335,7	419,45	-2.187,19	-4.502,67	22 jaar	38 jaar	-	-	4,1%
2,1%	16.410,58	2.533,4	-973,44	-3.973,3	20 jaar	30 jaar	-	-	5,31%
4,3%	27.994,72	6.329,98	1.118,75	-3.127,16	18 jaar	25 jaar	35 jaar	-	6,81%
6,5%	49.653,32	13.073,02	4.701,22	-1.777,72	17 jaar	22 jaar	28 jaar	-	8,5%

De NCW-profielen in grafiek 6 bevestigen dat het laag-energiegebouw zonder zonneboiler doorgaans gunstigere resultaten oplevert. Indien bijvoorbeeld uitgegaan wordt van de huidige OLO op tien jaar meer bepaald 4,36% (NBB, 20 mei 2007) als discontovoet, toont grafiek 6a uitsluitend winstgevendende resultaten bij een energieprijsstijging van 4,3% of 6,5%. Grafiek 6b geeft echter aan dat ook bij een toename van het aardgas tarief van slechts 2,1% de investering in de voorbeeldwoning exclusief zonneboiler rendabel is. Bij een energieprijsstijging van 6,5% levert het laag-energieproject met zonneboiler nochtans wel een grotere winstmarge op.



**Grafiek 6: NCW-profiel van de laag-energiewoning met als referentie een E85-project
a) inclusief zonneboiler (E62) en b) exclusief zonneboiler (E72)**

6.4.4 Analyse van E62-woning met als referentie E94-project

Zoals reeds vermeld, bevat de fictief omgevormde woning ook enkele duurzame concepten. Bovendien behaalt dit bouwproject een E85- en een K39-peil wat in verhouding tot het huidig Vlaams huizenbestand toch veeleer een positieve score is. Vermits de economische analyse de laag-energiewoning vergelijkt met een referentiegebouw dat reeds behoorlijk goed scoort op vlak van duurzaamheid, is het m.i. moeilijker om de bijkomende investeringen nog terug te verdienen. Daarom gaat dit onderdeel na hoe de resultaten wijzigen indien de analyse een slecht geïsoleerd gebouw als referentie hanteert.

Om een ongunstigere referentie te bekomen, wordt de hoeveelheid muur- en dakisolatie van de fictieve E85-woning gereduceerd tot respectievelijk 4 en 10 cm rotswol. De andere constructieonderdelen blijven ongewijzigd. Dit levert het referentiegebouw een E94- en K47-waarde op (bijlage 7). Uiteraard daalt hierdoor ook de kostprijs van dit project en bijgevolg stijgen de additionele kosten voor het laag-energiehuis. Onderstaande tabel vat deze wijzigingen samen.

Tabel 36: Prijscorrecties voor de E94-referentiewoning

	E94-woning			E62-woning	Additionele kosten
	Muurisolatie	Dakisolatie	Totale kosten	Totale kosten	
Exclusief BTW	€ 1.018,16	€ 789,54	€ 121.708,55	€ 137.937,58	€ 16.229,03
Inclusief 21% BTW	€ 1.231,97	€ 955,35	€ 147.267,34	€ 166.904,47	€ 19.637,13

Vermits de E94-woning slechter geïsoleerd is, verbruikt ze uiteraard meer. Voor de verwarming vereist dit huis jaarlijks 23.571,67 kWh aardgas en voor het warm tapwater 6.121,39 kWh. De slechte dakisolatie voldoet ook niet langer aan de voorwaardes voor een fiscale aftrek doordat de R-waarde of warmteweerstand nog slechts 1 m²K/W bedraagt. Dit heeft echter geen impact op de totale financiële steun aangezien de maximale aftrek per woning toch sowieso beperkt is tot 2.600 euro. De particulier bereikt dit maximum immers al met de fiscale aftrek voor de investering in de beglazing en de profielen. De E94-woning maakt bijgevolg aanspraak op exact dezelfde financiële steunmaatregelen als het E85-gebouw, meer bepaald 2.725 euro.

6.4.4.1 Financiële analyse zonder financiële steunmaatregelen

De laag-energiewoning verbruikt jaarlijks 10.867,23 kWh aardgas minder dan het E94-referentiegebouw. Dit zorgt voor een substantiële daling in de energiefactuur van 680,86 euro per jaar (inclusief heffingen en BTW). De initiële extra kosten van het voorbeeldproject van 19.637,13 euro zijn dus terugverdiend na 28 jaar en 11 maanden. Dit is 8 jaar en 8 maanden sneller dan wanneer de E85-woning als referentie fungeert.

Onderstaande tabel neemt de herinvestering anno 2027 in rekening. Een vergelijking van deze resultaten met tabel 29 toont aan dat de netto contante waardes in dit geval beduidend hoger liggen en de terugverdientijden significant lager, zelfs gemiddeld 7 jaar en 2 maanden. Vanuit het perspectief van de netto contante waarde, is de investering in het E62-project rendabel indien de energieprijzen drastisch stijgen en de discontovoet laag blijft wat duidt op een economie in regressie. De investering levert in dit geval gemiddeld een bijkomend rendement van 1,73%. Indien de energieprijzen een stijging ondervinden in de toekomst, biedt de laag-energiewoning in verhouding tot het E94-project aanzienlijke rendementen die boven de basisrente van een spaarboekje liggen. Bij een energieprijsstijging van 4,3% of 6,5% bedraagt het rendement zelfs meer dan de particulier ontvangt bij een staatsobligatie momenteel.

Tabel 37: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse exclusief steunmaatregelen van de E62-woning t.o.v. een E94-project

Disconto- Voet Energie- Prijsstijging	NCW (€)				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	7.630,39	-7.058,34	-10.567,06	-13.543,51	35 jaar	-	-	-	1,44%
2,1%	24.585,2	-1.158,36	-7.179,52	-12.066,04	29 jaar	-	-	-	3,5%
4,3%	56.916,19	9.437,8	-1.340,27	-9.704,51	19 jaar	32 jaar	-	-	5,7%
6,5%	117.364,7	28.257,42	8.658,28	-5.938,25	17 jaar	26 jaar	32 jaar	-	7,9%

6.4.4.2 Financiële analyse met financiële steunmaatregelen

In verhouding tot de E94-woning hebben de eigenaars van het laag-energieproject met zonneboiler ook dit keer recht op 2.280 euro extra subsidies. De opname van deze premies in de analyse zorgt er vervolgens voor dat de terugverdientijd 3 jaar en 5 maanden verkort. Concreet komt dit neer op een periode van 25 jaar en 6 maanden. Een vergelijking van tabel 38 met tabel 37, toont aan dat door deze financiële steunmaatregelen twee additionele scenario's een positieve netto contante waarde verkrijgen. Deze zijn echter slechts nipt terugverdienbaar op een termijn van 39 à 40 jaar wat zeer demotiverend is voor de doorsnee Vlaming. De premies leiden gemiddeld tot een daling van de verdisconteerde terugverdientijd van 1 jaar en 8 maanden. Verder nemen de rendementen gemiddeld 0,65% toe. Hierdoor is het zelfs nipt rendabel om te investeren in de laag-energiewoning als de energieprijzen constant blijven.

In vergelijking met de financiële analyse waarbij het E85-project als referentie fungeert (tabel 31), levert de analyse met een E94-referentiewoning significant betere resultaten. Zo liggen de rendementen gemiddeld zelfs 1,8% hoger. In dit geval is de investering zelfs rendabel, in verhouding tot de basisrente van een spaarboekje, als de energieprijzen stagneren. Bovendien zijn

de verdisconteerde terugverdiertijden doorgaans 6 jaar en 4 maanden korter. Tenslotte resulteren hierbij twee additionele scenario's in een winstgevende investering voor de particulier. Dit duidt echter naar mijn mening meer op de hoge rendabiliteit van extra isolatie dan op het succes van subsidies vermits beide analyses eenzelfde bedrag voor additionele premies in rekening brengen.

Tabel 38: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse inclusief steunmaatregelen van de E62-woning t.o.v. een E94-project

Disconto- Voet Energie- Prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdiertijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	9.910,39	-4.778,34	-8.287,06	-11.263,51	33 jaar	-	-	-	2,04%
2,1%	26.865,2	1.121,64	-4.899,52	-9.786,04	28 jaar	40 jaar	-	-	4,14%
4,3%	59.196,19	11.717,8	939,73	-8.204,51	17 jaar	30 jaar	39 jaar	-	6,37%
6,5%	119.644,7	30.537,42	10.938,28	-4.438,25	16 jaar	25 jaar	29 jaar	-	8,58%

6.4.4.3 Kosten-batenanalyse

Vermits de E62-woning per jaar 10.867,23 kWh minder aardgas verbruikt dan het E94-referentieproject, realiseert deze een jaarlijkse besparing van 544,49 euro (exclusief heffingen en BTW). Gedurende een levensduur van 40 jaar leidt het laag-energiehuis dus ook tot beduidend minder schadelijke emissies, meer bepaald een uitsparing van 83,46 ton CO₂, 74,29 kg NO_x, 478,16 g SO₂, 12,18 kg PM, 31,6 kg CO en 4,35 kg VOC. Concreet betekent dit dat de voorbeeldwoning jaarlijks 184,61 euro minder milieukosten veroorzaakt. Beide besparingen in beschouwing genomen, is de initiële investering van 16.229,03 euro terugverdiend na een periode van 22 jaar en 3 maanden. De opname van de externe baten zorgt dus voor een aanzienlijke daling van de terugverdiertijd. Vanuit het standpunt van de maatschappij is deze immers 3 jaar en 3 maanden korter dan wanneer de particulier de financiële steunmaatregelen incalculeert.

Indien de analyse overigens rekening houdt met de tijdswaarde van geld en de herinvestering in 2027, blijkt uit tabel 39 dat 9 van de 16 scenario's een winstgevend resultaat presenteren. Op basis van de netto contante waarde zijn dus voor de maatschappij exact dezelfde scenario's rendabel als voor de particulier indien die de subsidies incalculeert (tabel 38). Doorgaans verdient de maatschappij de investering in de E62-woning wel 4 jaar en 4 maanden sneller terug. Deze verkorting van de levensduur is naar mijn mening toch een belangrijk gegeven vermits ellenlange terugverdiertijden zoals o.a. een termijn van 40 jaar de particulier enorm ontmoedigen. De interne opbrengstvoeten geven aan dat ook deze keer alle scenario's rendabel zijn. De rendementen liggen nu wel gemiddeld 0,65% hoger.

Een vergelijking met tabel 33 toont opnieuw aan dat een analyse met het slecht geïsoleerde E94-referentieproject aanzienlijk betere resultaten oplevert dan wanneer de E85-woning als referentie fungeert. Indien de tijdswaarde van geld ingecalculeerd wordt, toont de sensitiviteitsanalyse bij de netto contante waardes aan dat twee bijkomende scenario's rendabel zijn. Bovendien verdient in dit geval de initiële investering zich zelfs gemiddeld zelfs 9 jaar en 2 maanden sneller terug. Op basis van de interne opbrengstvoeten, levert nu ook het scenario met constante energieprijzen een winstgevend resultaat op (in tegenstelling tot tabel 33). Het isolatieverschil tussen beide woningen is dus duidelijk een belangrijke factor.

Tabel 39: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E62-woning t.o.v. een E94-project

Disconto- Voet Energie- Prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	16.066,45	-1.301,92	-5.565,44	-9.244,29	19 jaar	-	-	-	3,32%
2,1%	30.078,68	3.582,61	-2.765,81	-8.023,24	18 jaar	34 jaar	-	-	4,92%
4,3%	56.798,51	12.339,77	2.060,01	-6.071,57	16 jaar	28 jaar	36 jaar	-	6,77%
6,5%	106.755,95	27.893,17	10.323,28	-2.958,96	15 jaar	24 jaar	28 jaar	-	8,73%

6.4.5 Analyse van E72-woning met als referentie E94-project

6.4.5.1 Financiële analyse

Indien de laag-energiewoning geen zonne-installatie zou bezitten, zou deze jaarlijks nog 7.569,17 kWh minder aardgas verbruiken dan het E94-huis wat neerkomt op een besparing van 474,23 euro (inclusief heffingen en BTW). De additionele investering van 10.718,94 euro (inclusief BTW) voor het E72-gebouw kan de particulier bijgevolg terugverdienen op een termijn van 22 jaar en 7 maanden. Een analyse met het E85-referentieproject levert daarentegen een terugverdientijd op die 11 jaar langer is.

Bovendien vertoont tabel 40 tevens opmerkelijk betere resultaten dan tabel 34. Bij de sensitiviteitsanalyse van de netto contante waarde genieten nu zelfs 4 bijkomende scenario's een winstgevende uitslag. De verdisconteerde terugverdientijd is doorgaans ook 7 jaar korter. In verhouding tot de E94-woning is het, op basis van de netto contante waarde, dus rendabel voor de particulier om te opteren voor een meer duurzaam huis, weliswaar zonder zonneboiler, tenzij in de toekomst de rentevoet echter zou escaleren en zo de economische groei zou afremmen.

Wat de interne opbrengstvoeten betreft, levert de investering bij alle vier de mogelijke energietoekomstscenario's een significant rendement op dat de basisrente van een spaarboekje aanzienlijk

overschrijdt en zelfs de rentevoet van een staatsobligatie overtreft. Ook als de energieprijzen niet zouden stijgen in de toekomst, wat toch veeleer wijst op een conservatief wereldbeeld gezien de huidige schaarste aan fossiele brandstoffen, zorgt de investering in het meer duurzame bouwproject nog voor een mooi rendement van 4,94%. De interne opbrengstvoeten tonen dus aan dat de investering in de E72-woning sowieso rendabel is.

Tabel 40: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse van de E72-woning t.o.v. een E94-project

Disconto- Voet Energie- prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	17.095,91	2.218,89	-1.691,77	-5.165,6	20 jaar	31 jaar	-	-	4,94%
2,1%	28.905,16	6.328,3	667,7	-4.136,52	18 jaar	25 jaar	37 jaar	-	6,46%
4,3%	51.424,12	13.708,66	4.734,82	-2.491,69	16 jaar	21 jaar	27 jaar	-	8,21%
6,5%	93.527,31	26.816,78	11.698,94	131,56	15 jaar	19 jaar	23 jaar	40 jaar	10,09%

6.4.5.2 Kosten-batenanalyse

De fictieve E72-woning zonder zonneboiler verbruikt zoals gezegd jaarlijks 7.569,17 kWh minder aardgas. Dit resulteert in een aanzienlijke daling in de energiefactuur van 379,17 euro (exclusief heffingen en BTW). Het verminderd verbruik leidt vervolgens op een termijn van 40 jaar ook tot een sterke reductie van de schadelijke emissies. De voorbeeldwoning zonder zonneboiler stoot gedurende haar levensduur immers 58,13 ton CO₂, 51,74 kg NO_x, 333 g SO₂, 8,45 kg PM, 22 kg CO en 3,03 kg VOC minder uit. Als externe baat kan de kosten-batenanalyse hier jaarlijks een bedrag van 128,59 euro voor in beschouwing nemen. De daling van de energie- en de externe milieukosten zorgen ervoor dat de initiële investering van 8.858,63 euro terugverdiend is na slechts 17 jaar en 5 maanden. De externe baten reduceren de terugverdientijd dus met 5 jaar en 2 maanden.

Onderstaande tabel verduidelijkt dat bovendien 13 van de 16 scenario's maatschappelijk gezien winstgevend zijn. In vergelijking met tabel 40 is dus op basis van de netto contante waarde één extra scenario rendabel. Enkel een zeer hoge rentevoet, zoals begin jaren '90, kan in dit geval de rendabiliteit van het meer duurzame project nog dwarsbomen. Verder verdient de samenleving deze investering doorgaans ook 4 jaar en 11 maanden sneller terug.

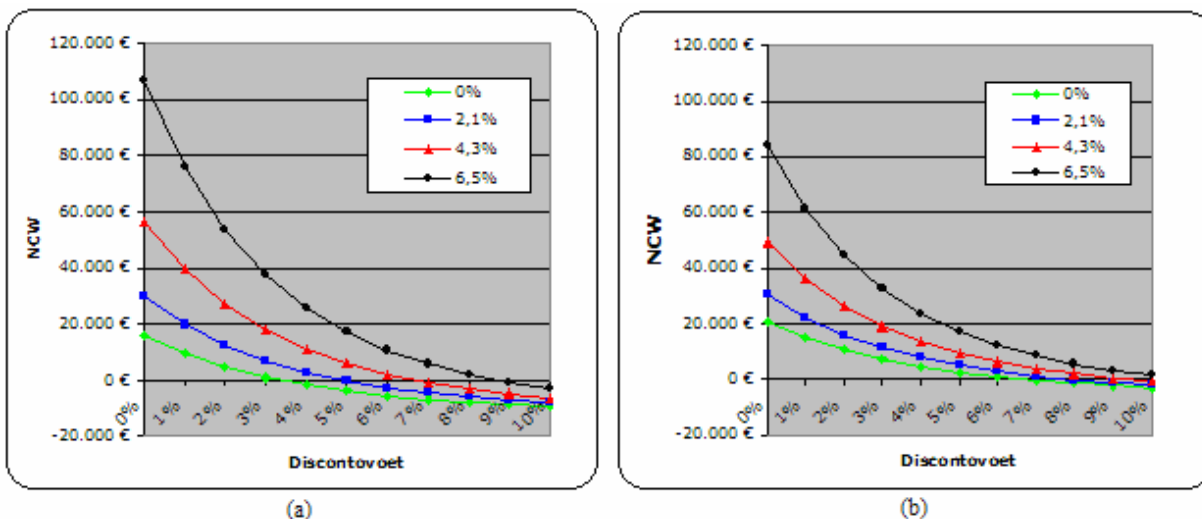
De interne opbrengstvoeten liggen gemiddeld 1,34% hoger voor de maatschappij dan voor de eigenaar van het E72-project. Tabel 41 toont dat de investering in de meer duurzame woning zonder zonneboiler dus tevens bij elk van de vier opgenomen energieprijsscenario's een aanzienlijk rendement oplevert. Zelfs indien de aardgastarieven stagneren, kan de investering de

maatschappij een rendement van 6,7% bieden. Op basis van de interne opbrengstvoeten is het bouwproject zonder zonneboiler voor de samenleving dus sowieso winstgevend. Tenslotte bevestigt een vergelijking met tabel 35 wederom dat het E94-project als referentie veel betere resultaten waarborgt dan het E85-gebouw.

Tabel 41: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E72-woning t.o.v. een E94-project

Disconto- Voet Energie- Prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	20.927,05	4.995,91	808,17	-2.911,81	16 jaar	22 jaar	33 jaar	-	6,7%
2,1%	30.686,76	8.392,12	2.758,14	-2.061,33	15 jaar	20 jaar	26 jaar	-	7,91%
4,3%	49,297,48	14.491,6	6.119,39	-701,96	14 jaar	18 jaar	22 jaar	-	9,4%
6,5%	84.093,5	25.324,75	11.847,87	1.446,01	13 jaar	16 jaar	19 jaar	32 jaar	11,06%

Ook indien het E94-project als referentie fungeert, bevestigen de NCW-profielen overigens dat de laag-energiewoning zonder zonneboiler bij meerdere scenario's rendabel is. Bij de huidige langetermijnrente van 4,36%, vertoont grafiek 7a enkel winstgevende resultaten bij een stijging van de energietarieven. Grafiek 7b levert daarentegen zelfs een rendabele uitslag op als de aardgasprices stabiel blijven in de toekomst. Bij deze discontovoet leveren beide figuren dus één bijkomend rendabel scenario op in vergelijking met grafiek 6.



**Grafiek 7: NCW-profiel van de laag-energiewoning met als referentie een E94-project
a) inclusief zonneboiler (E62) en b) exclusief zonneboiler (E72)**

6.4.6 Zonneboiler

Voorgaande analyses van de E62- en E72-woning laten uitschijnen dat de installatie van een zonneboiler vanuit het economisch perspectief niet zo aantrekkelijk is voor zowel de maatschappij als de particulier. De financiële en de kosten-batenanalyse van het huis zonder zonnestelsel leveren immers meer winstgevend scenario's voor de netto contante waarde, kortere verdisconteerde terugverdientijden en hogere rendementen op in verhouding tot deze van het laag-energieproject inclusief zonneboiler. Om duidelijkheid te scheppen, gaat dit onderdeel expliciet na of een zonnestelsel voor sanitair warm water al dan niet rendabel is.

6.4.6.1 Financiële analyse zonder financiële steunmaatregelen

De eigenaars van de laag-energie woning betalen voor de zonneboiler een bijkomende kostprijs van 8.918,18 euro (inclusief BTW). Deze reduceert vervolgens hun energiefactuur voor de productie van sanitair warm water met 3.298,06 kWh of 206,63 euro (inclusief heffingen en BTW). De installatie verdient de particulier bijgevolg slechts terug na 43 jaar en 2 maanden. De terugverdientijd is dus zelfs meer dan twee maal langer dan de levensduur van een zonneboiler. Om interessant te zijn vanuit het standpunt van de burger zou dit systeem zich uiteraard binnen de levensduur, meer bepaald een periode van 20 jaar, moeten terugverdienen.

Voor de berekeningen van de netto contante waarde en de interne opbrengstvoet beschouwt de analyse opnieuw een termijn van 40 jaar vermits dit de levensduur van de woning is. Anno 2027 wordt dus ook een herinvestering voor de zonne-installatie ingecalculeerd van 12.666,9 euro. Tabel 42 verduidelijkt dat de zonneboiler wat de netto contante waarde betreft slechts bij 3 scenario's in een aantrekkelijke investering resulteert en zelfs dan bedragen de terugverdientijden nog minimaal 31 jaar. Bij geen enkel scenario slaagt de installatie er dus in om zichzelf terug te verdienen voor het einde van haar levensduur. Alleen bij een toekomstige stijging van de aardgas tarieven van 6,5%, levert de initiële investering een hoger rendement op dan een spaarboekje. Dus enkel indien de energieprijzen jaarlijks 6,5% zouden toenemen, wat m.i. toch zeer onwaarschijnlijk lijkt, is de zonneboiler op basis van de interne opbrengstvoet een aantrekkelijke investering.

Tabel 42: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse exclusief steunmaatregelen van de zonneboiler

Disconto- Voet Energie- prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	-9.465,51	-9.277,22	-8.875,29	-8.377,9	-	-	-	-	-4,71%
2,1%	-4.319,96	-7.486,65	-7.847,21	-7.929,5	-	-	-	-	-1,65%
4,3%	5.492,07	-4.270,86	-6.075,08	-7.212,81	37 jaar	-	-	-	1,49%
6,5%	23.837,39	1.440,65	-3.040,65	-6.069,8	31 jaar	39 jaar	-	-	4,37%

6.4.6.2 Financiële analyse met financiële steunmaatregelen

Zoals tabel 30 weergeeft, leidt een zonneboiler tot 2.280 euro bijkomende subsidies voor de eigenaars van de laag-energiewoning. Indien deze ingecalculereerd worden, daalt de terugverdientijd vervolgens tot 32 jaar en 2 maanden. In verhouding tot de levensduur van het systeem ligt deze uiteraard nog steeds te hoog. Tabel 43 geeft weer dat deze premies bovendien geen extra rendabele scenario's opleveren op vlak van de netto contante waarde. De winstmarges stijgen uiteraard wel 2.280 euro. Verder dalen de verdisconteerde terugverdientijden hierdoor gemiddeld 6 jaar en 5 maanden. Zelfs indien geen rekening wordt gehouden met de tijdswaarde van geld, slaagt de zonne-installatie er uitsluitend in om zichzelf terug te verdienen binnen haar levensduur als de energieprijzen jaarlijks zeer drastisch stijgen. De interne opbrengstvoeten tonen daarentegen aan dat er wel een bijkomend rendabel scenario ontstaat. De rendementen nemen immers doorgaans door de opname van de financiële steunmaatregelen 0,84% toe. Dit zorgt ervoor dat ook het scenario met aardgastarieven die jaarlijks 4,3% stijgen nu een rendement oplevert dat de basisrente van een spaarboekje overtreft. Vermits de burger echter vooraf geen garantie heeft van de mate waarin de energieprijzen jaarlijks stijgen (bovenop inflatie), bevat een investering in een zonnestelsel voor warm tapwater toch een beduidend risico.

Tabel 43: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse inclusief steunmaatregelen van de zonneboiler

Disconto- Voet Energie- prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	-7.185,51	-6.997,22	-6.595,29	-6.097,9	-	-	-	-	-4,25%
2,1%	-2.039,96	-5.206,65	-5.567,21	-5.649,5	-	-	-	-	-0,93%
4,3%	7.772,07	-1.990,86	-3.795,08	-4.932,81	35 jaar	-	-	-	2,48%
6,5%	26.117,39	3.720,65	-760,65	-3.789,8	18 jaar	35 jaar	-	-	5,55%

6.4.6.3 Kosten-batenanalyse

Doordat de zonneboiler het energieverbruik voor sanitair warm water reduceert met 3.298,06 kWh, reduceren ook de schadelijke emissies. Gedurende een periode van 40 jaar zorgt deze zonne-installatie voor een daling van de uitstoot van 25,33 ton CO₂, 22,55 kg NO_x, 145 g SO₂, 3,68 kg PM, 9,59 kg CO en 1,32 kg VOC. Dit vertaalt zich in een jaarlijkse verlaging van de milieukosten van 56,03 euro. Deze verminderde milieukosten en de jaarlijkse energiebesparing van 165,25 euro (exclusief heffingen en BTW) zorgen ervoor dat de initiële bijkomende investering van 7.370,4 euro terugverdiend is na 33 jaar en 4 maanden. Ook als de externe baten in rekening worden genomen, overschrijdt de terugverdientijd dus de levensduur van de installatie. Indien echter de tijdswaarde van geld en de herinvestering van 10.468,51 euro ingecalculereerd worden, blijkt dat er één scenario

ontstaat waarbij de zonneboiler wel terugverdiend is binnen zijn levensduur, meer bepaald na 19 jaar. Toch zorgt de opname van de externe milieukosten niet voor een bijkomend winstgevend scenario bij zowel de netto contante waardes als de interne opbrengstvoeten. De positieve rendementen liggen nu zelfs iets lager dan voor de particulier indien bij deze de financiële steunmaatregelen ingecalculeerd worden. Dit geeft aan dat de instanties in dit geval teveel financiële steunmaatregelen toekennen. Zowel voor de maatschappij als voor de particulier bevat deze investering toch een aanzienlijk risico vermits de vereiste omstandigheden voor een rendabel resultaat niet kunnen gewaarborgd worden in de toekomst.

Tabel 44: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de zonneboiler

Disconto- Voet Energie- prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	-4.860,61	-6.289,31	-6.373,61	-6.332,49	-	-	-	-	-2,7%
2,1%	-608,08	-4.809,51	-5.523,96	-5.961,91	-	-	-	-	-0,27%
4,3%	7.501,03	-2.151,83	-4.059,26	-5.396,6	35 jaar	-	-	-	2,42%
6,5%	22.662,45	2.568,42	-1.551,47	-4.424,97	19 jaar	36 jaar	-	-	5,02%

6.4.7 Isolatie

Indien het E94-project als referentie fungeert, leveren de economische analyses van de voorbeeldwoningen betere resultaten op dan wanneer het E85-huis deze referentierol vervult. Hierdoor groeit het vermoeden dat een investering in isolatie snel rendeert. Dit onderdeel gaat dit expliciet na door beide referentieprojecten onderling te vergelijken.

6.4.7.1 Financiële analyse

De bijkomende isolatie voor de E85-woning vereist een additionele investering van 791,8 euro (inclusief BTW). Hierdoor reduceert het energieverbruik voor verwarming vervolgens met 2.857,78 kWh per jaar. Dit betekent een daling in de energiefactuur van 179,05 euro (inclusief heffingen en BTW). Deze besparing zorgt er vervolgens voor dat de initiële investering in 3,5 cm extra isolatie in de spouwmuren en 2 cm in het dak terugverdiend is na 4 jaar en 5 maanden. Dit rendeert dus beduidend sneller voor de particulier dan bijvoorbeeld een investering in een zonneboiler. Tabel 45 toont bovendien aan dat alle scenario's bij de netto contante waarde winstgevendere resultaten opleveren. Ongeacht de evolutie van de energietarieven en de economie, blijkt de investering in een goede basisisolatie sowieso de moeite waard voor een particulier. Doorgaans verdient hij deze investering, indien de tijdswaarde wordt verrekend, zelfs al terug na 5 tot maximum 6 jaar. Ook de resultaten voor de interne opbrengstvoet geven aan dat de bijkomende isolatie sowieso winstgevend is. De bijbehorende rendementen overtreffen immers de basisrente van een spaarboekje en de rentevoet van een staatsobligatie in zeer sterke mate.

Tabel 45: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een financiële analyse van de E85-woning t.o.v. een E94-project

Disconto- Voet Energie- prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	9.709,84	4.092,95	2.616,46	1.304,89	5 jaar	5 jaar	6 jaar	6 jaar	24,47%
2,1%	14.168,49	5.644,48	3.507,29	1.693,43	5 jaar	5 jaar	5 jaar	6 jaar	25,97%
4,3%	22.670,64	8.430,97	5.042,85	2.314,44	5 jaar	5 jaar	5 jaar	6 jaar	27,63%
6,5%	38.566,92	13.380,01	7.672,19	3.304,86	5 jaar	5 jaar	5 jaar	6 jaar	29,36%

6.4.7.2 Kosten-batenanalyse

Vanuit het standpunt van de maatschappij is een investering in extra isolatie tevens uitermate rendabel. De meerkost hiervoor bedraagt in dit geval slechts 654,38 euro (exclusief BTW). Hier tegenover staat een jaarlijkse energiebesparing van 143,19 euro (exclusief heffingen en BTW) en een daling van de milieukosten van 48,58 euro per jaar. De schadelijke emissies reduceren immers, meer bepaald met 21,95 ton CO₂, 19,54 kg NO_x, 125 g SO₂, 3,19 kg PM, 8,31 kg CO en 1,14 kg VOC gedurende een levensduur van 40 jaar. De daling van deze energie- en externe milieukosten, zorgt er vervolgens voor dat de initiële investering vanuit het perspectief van de samenleving terugverdiend is na 3 jaar en 5 maanden of 1 jaar sneller dan voor de particulier. Tabel 46 geeft weer dat wanneer de tijdswaarde van geld wordt verrekend de maatschappij deze investering, ongeacht de evolutie van de aardgastarieven en de economie, terugverdient na 4 à 5 jaar. Op basis van de netto contante waarde zijn dus alle scenario's rendabel voor de maatschappij. De resultaten van de interne opbrengstvoet stemmen hier bovendien mee overeen. De rendementen liggen doorgaans zelfs nog 6,18% hoger dan bij de financiële analyse. Vanuit het oogpunt van de maatschappij is het dus buitengewoon interessant om te investeren in een goede basisisolatie.

Tabel 46: Sensitiviteitsanalyse van de investeringsmaatstaven bij een kosten-batenanalyse van de E85-woning t.o.v. een E94-project

Disconto- Voet Energie- prijsstijging	NCW				Verdisconteerde terugverdientijd				IOV
	0%	3,81%	6,08%	10,01%	0%	3,81%	6,08%	10,01%	
0%	10.591,36	4.576,48	2.995,37	1.590,87	4 jaar	4 jaar	4 jaar	5 jaar	31,16%
2,1%	14.276,19	5.858,73	3.731,59	1.911,98	4 jaar	4 jaar	4 jaar	5 jaar	32,33%
4,3%	21.302,76	8.161,62	5.000,65	2.425,21	4 jaar	4 jaar	4 jaar	5 jaar	33,63%
6,5%	34.440,19	12.251,73	7.173,66	3.243,74	4 jaar	4 jaar	4 jaar	4 jaar	35,02%

6.4.8 *Samenvatting*

Voorgaande financiële en kosten-batenanalyses leveren een aantal opmerkelijke resultaten op. Tabel 48 geeft een overzicht van de belangrijkste uitkomsten van de vergelijkingen van de voorbeeldwoning, inclusief en exclusief zonneboiler, met het E85-project en het E94-huis.

De resultaten tonen aan dat de opname van de financiële steunmaatregelen in het geval van de E62-woning veeleer een tamelijk beperkte impact uitoefent op de uitkomsten van de financiële analyse. Deze geringe invloed is m.i. vooral toe te schrijven aan het feit dat enkel de zonneboiler resulteert in bijkomende subsidies. Nochtans bestaat er tussen het laag-energieproject en de referentiewoningen tevens een groot verschil inzake de toegepaste materialen en het globale isolatieniveau.

Verder valt op dat de woning zonder zonneboiler steeds beduidend beter scoort op de diverse parameters. In vergelijking met de basisrente die een gemiddeld spaarboekje oplevert, meer bepaald 2%, rendeert het bouwproject exclusief zonneboiler immers altijd ongeacht de evolutie van de energieprijzen. Bij de analyses met de E94-referentiewoning, is het E72-huis zelfs steeds meer rendabel dan een staatsobligatie tegenwoordig. Toch rendeert een investering in het laag-energieproject inclusief zonneboiler in bepaalde scenario's ook, maar uiteraard in mindere mate.

Bovendien verduidelijkt de tabel dat een vergelijking met het E94-project steeds beduidend gunstigere uitkomsten oplevert dan wanneer het E85-huis als referentie fungeert. Dit verschil is wellicht te wijten aan het aanzienlijke isolatieverschil tussen beide referenties.

De tabel demonstreert tenslotte ook dat de opname van de externe baten, in de vorm van vermeden milieukosten, zich vertaalt in een opmerkelijke daling van de terugverdientijden en een toename van de rendementen. Vanuit het standpunt van de samenleving is het dus zeker van belang om deze in te calculeren.

Tabel 47: Samenvatting van de resultaten van de economische analyse van de voorbeeldwoning, met en zonder zonneboiler

	E85-woning als referentie		E94-woning als referentie	
INCLUSIEF ZONNEBOILER (E62)				
Financiële analyse zonder financiële steunmaatregelen				
➤ Terugverdientijd	37 jaar en 7 maanden		28 jaar en 11 maanden	
➤ Aantal scenario's met een positieve NCW	6		7	
➤ Interne opbrengstvoet bij verschillende energieprijsstijgingen	+0%: -0,46%	+4,3%: 4,04%	+0%: 1,44%	+4,3%: 5,7%
	+2,1%: 1,73%	+6,5%: 6,32%	+2,1%: 3,5%	+6,5%: 7,9%
Financiële analyse met financiële steunmaatregelen				
➤ Terugverdientijd	33 jaar		25 jaar en 6 maanden	
➤ Aantal scenario's met een positieve NCW	7		9	
➤ Interne opbrengstvoet bij verschillende energieprijsstijgingen	+0%: 0,05%	+4,3%: 4,64%	+0%: 2,04%	+4,3%: 6,37%
	+2,1%: 2,29%	+6,5%: 6,94%	+2,1%: 4,14%	+6,5%: 8,58%
Kosten-batenanalyse				
➤ Bespaarde uitstoot op 40 jaar	CO ₂ : 61,5 ton	NO _x : 54,75 kg	CO ₂ : 83,46 ton	NO _x : 74,29 kg
	CO: 23,3 kg	PM: 8,9 kg	CO: 31,6 kg	PM: 12,18 kg
	VOC: 3,2 kg	SO ₂ : 352 g	VOC: 4,35 kg	SO ₂ : 478 g
➤ Terugverdientijd	29 jaar		22 jaar en 3 maanden	
➤ Aantal scenario's met een positieve NCW	7		9	
➤ Interne opbrengstvoet bij verschillende energieprijsstijgingen	+0%: 1,31%	+4,3%: 4,96%	+0%: 3,32%	+4,3%: 6,77%
	+2,1%: 3%	+6,5%: 7%	+2,1%: 4,92%	+6,5%: 8,73%
EXCLUSIEF ZONNEBOILER (E72)				
Financiële analyse				
➤ Terugverdientijd	33 jaar en 7 maanden		22 jaar en 7 maanden	
➤ Aantal scenario's met een positieve NCW	8		12	
➤ Interne opbrengstvoet bij verschillende energieprijsstijgingen	+0%: 2,65%	+4,3%: 5,91%	+0%: 4,94%	+4,3%: 8,21%
	+2,1%: 4,16%	+6,5%: 7,79%	+2,1%: 6,46%	+6,5%: 10,09%
Kosten-batenanalyse				
➤ Bespaarde uitstoot op 40 jaar	CO ₂ : 36,2 ton	NO _x : 32,2 kg	CO ₂ : 58,13 ton	NO _x : 51,74 kg
	CO: 13,7 kg	PM: 5,3 kg	CO: 22 kg	PM: 8,45 kg
	VOC: 1,9 kg	SO ₂ : 207 g	VOC: 3,03 kg	SO ₂ : 333 g
➤ Terugverdientijd	26 jaar		17 jaar en 5 maanden	
➤ Aantal scenario's met een positieve NCW	10		13	
➤ Interne opbrengstvoet bij verschillende energieprijsstijgingen	+0%: 4,1%	+4,3%: 6,81%	+0%: 6,7%	+4,3%: 9,4%
	+2,1%: 5,31%	+6,5%: 8,5%	+2,1%: 7,91%	+6,5%: 11,06%

Gebaseerd op de resultaten van de voorgaande analyses van de woningen, toont tabel 48 aan of de vermoedens in verband met de rendabiliteit van de zonneboiler en de bijkomende isolatie al dan niet terecht zijn. In eerste instantie valt op dat voor de additionele isolatie die het E85-referentieproject bezit in verhouding tot het E94-huis, geen extra subsidies beschikbaar zijn. Zowel vanuit het standpunt van de particulier als vanuit het perspectief van de maatschappij, rendeert deze bijkomende isolatie trouwens zeer snel. Bovendien levert de vereiste additionele investering gigantische rendementen op ongeacht de evolutie van de energieprijzen. De zonneboiler verdient zich daarentegen zeer traag terug. De installatie slaagt er niet in om zichzelf terug te verdienen voor het einde van haar levensduur. Zelfs met inbegrip van de financiële steunmaatregelen, rendeert de zonneboiler voor de particulier enkel als de energieprijzen fors stijgen. Ook vanuit het oogpunt van de maatschappij blijkt een zonneboiler geen interessante investering. De installatie levert uitsluitend een gunstig resultaat voor de scenario's met een jaarlijkse energieprijsstijging van 4,3% of 6,5%. Om op een rendabele manier emissiereducties te bekomen, moedigt de overheid in dit geval dus beter additionele isolatie aan dan een prijzige zonneboiler.

Tabel 48: Samenvatting van de resultaten van de economische analyse van de zonneboiler en de extra isolatie

	Zonneboiler		Isolatie	
Financiële analyse				
Zonder financiële steunmaatregelen				
➤ Terugverdientijd	43 jaar en 2 maanden		4 jaar en 5 maanden	
➤ Aantal scenario's met een positieve NCW	3		16	
➤ Interne opbrengstvoet bij verschillende energieprijsstijgingen	+0%: -4,71%	+4,3%: 1,49%	+0%: 24,47%	+4,3%: 27,63%
	+2,1%: -1,65%	+6,5%: 4,37%	+2,1%: 25,97%	+6,5%: 29,36%
Met financiële steunmaatregelen				
➤ Terugverdientijd	32 jaar en 2 maanden			
➤ Aantal scenario's met een positieve NCW	3			
➤ Interne opbrengstvoet bij verschillende energieprijsstijgingen	+0%: -4,25%	+4,3%: 2,48%		
	+2,1%: -0,93%	+6,5%: 5,55%		
Kosten-batenanalyse				
➤ Bespaarde uitstoot op 40 jaar	CO ₂ : 25,33 ton	NO _x : 22,55 kg	CO ₂ : 21,95 ton	NO _x : 19,54 kg
	CO: 9,59 kg	PM: 3,68 kg	CO: 8,31 kg	PM: 3,19 kg
	VOC: 1,32 kg	SO ₂ : 145 g	VOC: 1,14 kg	SO ₂ : 125 g
➤ Terugverdientijd	33 jaar en 4 maanden		3 jaar en 5 maanden	
➤ Aantal scenario's met een positieve NCW	3		16	
➤ Interne opbrengstvoet bij verschillende energieprijsstijgingen	+0%: -2,7%	+4,3%: 2,42%	+0%: 31,16%	+4,3%: 33,63%
	+2,1%: -0,27%	+6,5%: 5,02%	+2,1%: 32,33%	+6,5%: 35,02%

7. HUIDIGE KNELPUNTEN EN TOEKOMSTVISIE

De overgang van de traditionele Vlaamse bouwcultuur naar een meer duurzame bouwmethode verloopt tamelijk moeizaam. Ondanks de verschillende voordelen die het concept duurzaam bouwen oplevert voor zowel de eigenaars van een bouwproject als de samenleving, is er momenteel nog geen sprake van een grote, massale doorbraak. De heer Dillen, directeur-generaal van de Vlaamse Confederatie Bouw; de heer Simons, directeur van Centrum Duurzaam Bouwen en mevrouw Verbeeck, doctor ingenieur-architect geven elk tijdens een individueel half-gestructureerd interview een overzicht van de obstakels die het succes van duurzaam bouwen anno 2007 nog in de weg staan.

Hierbij duidt de heer Simons als eerste fundamenteel probleem op het **foutieve imago van duurzaam bouwen**. Doorgaans associeert het publiek dit begrip namelijk met uitzonderingen, zoals o.a. passiefhuizen, groendaken, zonneboilers en fotovoltaïsche zonnepanelen, waardoor de doorsnee particulier het concept veeleer beschouwt als iets te extreem en onhaalbaar. Dergelijke maatregelen zijn echter als het ware 'de kers op de taart' maar vormen niet het hoofdbestanddeel van een duurzame woning. Om het imago van duurzaam bouwen op te poetsen, moet het concept bijgevolg vanuit een andere hoek benaderd worden waarbij meer evidente technieken, zoals o.a. een degelijke isolatie, voorrang krijgen. Aanvullend merkt mevrouw Verbeeck op dat de visibiliteit van dit begrip tevens belemmerd wordt door een overaanbod aan **informatie** die de markt bovendien **op een ongestructureerde wijze** presenteert. De Vlaming wordt daadwerkelijk overdonderd door documentatie en dreigt hierdoor de juiste weg naar duurzaam bouwen te verliezen.

Als tweede cruciaal knelpunt wijst mevrouw Verbeeck op de **budgetrestricties** waarmee de particulier doorgaans te kampen heeft bij zijn bouwproject. Indien de Vlaming slechts een beperkt financieel vermogen bezit, spendeert hij dit namelijk doorgaans liever aan een mooie inrichting dan aan latente maatregelen zoals o.a. isolatie. De heer Simons merkt nochtans op dat veel eigenaars aanvankelijk wel bereid zijn om duurzame technieken in hun bouwproject te implementeren maar dat ze uiteindelijk nog terugdeinzen door de **hoge kostprijzen** ervan. Vooral bio-ecologische bouwmaterialen vereisen volgens de heer Dillen doorgaans een beduidende additionele kost omwille van de kleine productievolumes. Zowel de heer Simons als mevrouw Verbeeck zijn niet volledig overtuigd van de meerwaarde van dergelijke bouwmaterialen. Beiden zijn namelijk de mening toegedaan dat een materiaal in eerste instantie zijn functie op een betrouwbare wijze moet vervullen, afgestemd dient te zijn op de specifieke omgevingsfactoren en een voldoende lange levensduur hoort te garanderen. Bovendien vinden ze dat de energiebesparingen die materialen mogelijk tijdens de gebruiksfase van een woning verwezenlijken prioritair zijn ten opzichte van het beperkte verbruik dat de productie van de betreffende bouwmaterialen vereist. Globaal bekeken scoort een bio-ecologisch product overigens niet noodzakelijk beter op vlak van duurzaamheid dan een klassiek bouw materiaal geeft de heer Simons aan.

De **gebrekkige structuur** die de **financiële ondersteuningsmaatregelen** momenteel vertonen, vermeldt mevrouw Verbeeck als derde obstakel. Anno 2007 maken diverse instanties onvoldoende onderscheid op vlak van de prioriteit en de rendabiliteit van bepaalde technieken. De financiële tegemoetkomingen zijn vooral gericht op 'extraatjes', zoals o.a. zonnepanelen, in plaats van op elementaire en rendabele maatregelen, zoals o.a. een degelijke isolatie. De heer Simons merkt zelfs op dat zonnepanelen vanuit economisch perspectief absurd zijn. Hieraan voegt hij nochtans toe dat de subsidiëring ervan een positieve invloed uitoefent. Deze technologie bevat immers nog een aanzienlijke marge om verder te evolueren en krijgt op deze manier hier de kans voor. Zo bestaat de mogelijkheid om het rendement nog opmerkelijk te verbeteren en de kostprijs significant te laten dalen. Toch benadrukt hij dat eigenaars van nieuwbouwprojecten op korte termijn best een aanzienlijke reductie in het energieverbruik bewerkstelligen door meer aandacht te besteden aan een goed isolatieniveau. De heer Simons prefereert bijgevolg een financiële ondersteuning op basis van het E-peil van de woning in plaats van enkel de toegepaste technieken te bevoordelen. De heer Dillen is daarentegen geen voorstander van bijkomende financiële tegemoetkomingen voor nieuwbouwprojecten. Hij meent immers dat de diverse instanties beter het renoveren meer zouden stimuleren.

Als vierde knelpunt werpt mevrouw Verbeeck de **te ruime wettelijke normen** op. Woningen die voldoen aan de criteria E100 en K45 verbruiken immers nog steeds enorm veel energie. Onder invloed van de Europese Unie moet België deze normen sowieso in de toekomst verstrengen. Volgens mevrouw Verbeeck zou een wettelijke richtlijn van bij benadering E60 optimaal zijn. De heer Dillen wijst er echter op dat nieuwbouwprojecten doorgaans reeds een lager E-peil bereiken dan de norm voorschrijft. Hij wijt dit voornamelijk aan de invoering van het energieprestatiecertificaat. Een particulier die vooruitziend bouwt, streeft volgens hem hierdoor automatisch naar een zo laag mogelijk E-peil om de toekomstige marktwaarde van de woning veilig te stellen. Tevens vindt mevrouw Verbeeck het **tekort aan controles op de werf** een belangrijk aandachtspunt. Bepaalde maatregelen, zoals o.a. de plaatsing van isolatie in de spouwmuur, zijn achteraf namelijk moeilijk om te inspecteren.

De **te voordelige energietarieven** vormen een vijfde cruciaal probleem, aldus de heer Simons. Hij adviseert dat de overheid een bepaalde basishoeveelheid energie nagenoeg gratis ter beschikking stelt van elk gezin en vervolgens voor het additionele verbruik een woekerprijs aanrekent. Mevrouw Verbeeck bevestigt dat het energieverbruik van de gemiddelde Vlaming slechts zal wijzigen als de overheid de externe kosten internaliseert. Zijzelf is voorstander van een CO₂-taks vermits zij meent dat Vlaanderen de vooropgestelde koolstofdioxidereducties niet zal realiseren indien uitsluitend op de vrijwillige medewerking van de particulier beroep gedaan wordt.

Als laatste obstakel, oppert de heer Dillen het **tekort aan aannemers die vertrouwd zijn met duurzame bouwtechnieken**. Bepaalde technieken, zoals o.a. het plaatsen van zonnepanelen, vereisen immers specifieke vaardigheden. Een kleine bijscholing is dus onafwendbaar. De heer Simons voegt hieraan toe dat bouwgerelateerde studies doorgaans onvoldoende aandacht besteden aan het begrip duurzaam bouwen. De laatste jaren constateert hij nochtans een verbetering op dit vlak. Mevrouw Verbeeck merkt daarentegen op dat het probleem zich vooral bij de **architecten** lokaliseert. In tegenstelling tot architecten, beschikken aannemers volgens haar over voldoende mogelijkheden om zich bij te scholen en te informeren. Architecten deinzen bovendien vaak terug voor het ontwerpen van duurzamere bouwprojecten omdat ze vrezen dat ze daarbij hun creatieve vrijheid gedeeltelijk verliezen.

Ondanks voorgaande belemmeringen wijst de heer Dillen op drie duurzame concepten waarvan het succes al wel sterk toegenomen is. Het gebruik van **hemelwaterputten, fotovoltaïsche zonnepanelen en het E-peil** zit anno 2007 volgens hem reeds **sterk in de lift**. De heer Simons verklaart dat bovendien ook het tekort aan bouwgronden momenteel een positieve stimulans betekent voor het concept duurzaam bouwen. De hoge bouwgrondprijzen dwingen de doorsnee Vlaming immers automatisch om compacter te bouwen. Vermits er bovendien geen lange termijn oplossing bestaat voor dit tekort, zal de invloed hiervan nog aanzienlijk stijgen. De heer Simons is bijgevolg overtuigd dat de particulier in de toekomst spontaan meer aandacht zal besteden aan een aantal duurzame aspecten. De heer Dillen deelt deze mening overigens.

Het succes van duurzaam bouwen hangt volgens mevrouw Verbeeck erg af van de **evolutie van de energietarieven**. Naarmate deze prijzen meer toenemen, zal de interesse voor het concept immers automatisch groeien. Een exacte prognose maken van het toekomstige verloop van de energietarieven is echter onmogelijk. De heer Dillen vermeldt dat deze stijgingen vervolgens zullen leiden tot een verhoogd gebruik van hernieuwbare energiebronnen zoals o.a. water, zon en wind. Verder is de heer Simons de mening toegedaan dat waarschijnlijk in de toekomst nog milieunadelen gerelateerd aan hernieuwbare energiebronnen aan het licht zullen komen. De decentrale productie waarmee deze energiebronnen gepaard gaan, kunnen trouwens complexe problemen veroorzaken, aldus mevrouw Verbeeck. Aangezien de hoeveelheid energie die de zon en de wind kunnen opleveren zeer sterk fluctueert en overigens moeilijk te voorspellen valt, is het enorm gecompliceerd om het aanbod van het elektriciteitsnet hierop af te stemmen. Mevrouw Verbeeck voorspelt dat deze discrepantie tussen vraag en aanbod in de toekomst ertoe zal leiden dat België verschillende keren zonder stroom valt. Tenslotte zal ook de evolutie van de *wetgeving* een cruciale rol spelen voor het toekomstige succes van duurzaam bouwen. Een effectieve doorbraak kan volgens mevrouw Verbeeck uitsluitend bewerkstelligd worden via een strengere wetgeving.

Anno 2007 ervaart het concept duurzaam bouwen dus duidelijk nog **verschillende groeipijnen**. Uit de interviews blijkt echter dat een aantal daarvan vanzelf zullen verdwijnen naarmate de vraag toeneemt. Een stijging van de vraag impliceert immers dat het aanbod genoodzaakt is om te volgen. Door een overschakeling op massaproductie kunnen de materiaalkosten in de toekomst aanzienlijk reduceren. Om werkzekerheid te waarborgen zullen arbeiders en aannemers zich tevens automatisch genoodzaakt zien om zich de duurzame bouwtechnieken eigen te maken. Bovendien staan er momenteel nog verschillende technologieën in de kinderschoenen die een enorm potentieel inhouden. Gezien de aandacht die het concept duurzaam bouwen in het beginstadium reeds ontvangt, stellen de geïnterviewden dat de toekomst van dit begrip er rooskleurig uitziet.

HOOFDSTUK 8: BESLUIT

Deze thesis beoogde het begrip duurzaam bouwen te doorgronden en vooral meer inzicht te verschaffen in de rendabiliteit ervan. De verhandeling ging van start met een exploratie van het onderwerp aan de hand van een diepgaande literatuurstudie. Daarna volgde een eigen empirisch onderzoek waarbij de economische haalbaarheid van een bestaande duurzame woning werd bepaald op basis van een vergelijking met een fictief omgebouwd minder duurzaam project. Hierbij werd ook de rendabiliteit van enkele specifieke maatregelen nader bekeken. Vervolgens analyseerde deze thesis de huidige knelpunten van duurzaam bouwen op basis van enkele half-structureerde interviews. Tenslotte wordt dit onderzoek afgesloten met een terugblik op de theorie en met een bespreking van de resultaten die uit het empirisch onderzoek en de interviews naar voren kwamen.

Op basis van een grondige literatuurstudie, bepaalde deze thesis eerst **de verschillende aspecten van het concept duurzaam bouwen**. Deze term wordt doorgaans opgesplitst in zes afzonderlijke componenten namelijk proces, omgeving, welzijn, energie, water en materialen. Het onderdeel **proces** stelt dat duurzaam bouwen in eerste instantie impliceert dat de particulier voldoende tijd uittrekt om zich goed te informeren en doordacht te werk gaat bij de keuze van een geschikte architect en aannemer. De tweede categorie, meer bepaald **omgeving**, geeft weer dat de burger best voor een gesloten renovatieproject opteert. Deze rubriek beklemtoont bovendien het belang van de nabijheid van een stads- of dorpskern om vervoerskosten zoveel mogelijk te vermijden. Vervolgens adviseert het aspect **welzijn** eigenaars om voldoende aandacht te besteden aan de aanpasbaarheid en toegankelijkheid van de woning. Duurzaam bouwen staat immers ook voor levenslang bouwen. De volgende peiler, **energie**, heeft een beduidende impact op de duurzaamheid van een huis. De eigenaars van een duurzame woning kunnen een daling in de energiefactuur bewerkstelligen door een compacte bouwvorm, een zuidelijke oriëntatie, een degelijke verwarmingsketel en uiteraard een doorgedreven isolatie te implementeren. Het vijfde onderdeel, **water**, legt voornamelijk de klemtoon op recuperatie van het hemelwater en vervolgens een gescheiden afvoer van het hemel- en afvalwater. Tenslotte omvat duurzaam bouwen ook het aspect **materialen**. Om de juiste materiaalkeuzes te maken stelt dit concept dat de burger best rekening houdt met de levenscyclusanalyse van de producten. Bovendien dient hij bouwafval zo goed mogelijk te voorkomen. Het begrip duurzaam bouwen omhelst bijgevolg veel uiteenlopende facetten. Dit zorgt ervoor dat een bepaalde woning m.i. vrijwel niet kan bestempeld worden als duurzaam of niet duurzaam. De vraag is naar mijn mening niet of een gebouw al dan niet duurzaam is maar wel in welke mate het voldoet aan de zes peilers van duurzaam bouwen.

De **wetgeving** speelt tegenwoordig meer en meer in op het concept duurzaam bouwen. De invoering van de energieprestatieregelgeving, van kracht sinds 1 januari 2006, geeft een positieve stimulans aan de bouwsector wat betreft de reductie van het huishoudelijk energieverbruik. Deze

wet bepaalt dat de energieprestaties van een woning, uitgedrukt in een E-peil, moeten beperkt blijven tot E100. Verder dient het globale isolatieniveau van een huis hoogstens K45 te bedragen. Tekortkomingen op dit vlak worden vervolgens beboet. Deze regelgeving vormt duidelijk een succesvolle stap in de richting van duurzaam bouwen. Ook de stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten geeft aan dat de wetgeving meer en meer de juiste weg inslaat. In het kader van het concept 'rationeel watergebruik' verplicht deze namelijk de Vlaming om hemelwater op te vangen. Ondanks de positieve prikkel die beide eisen reeds geven, kunnen ze m.i. in principe nog een veel grotere invloed uitoefenen. De huidige normen van het E-peil en de K-waarde zijn namelijk ontoereikend om drastische reducties van het huishoudelijk energieverbruik te bewerkstelligen. Uit de interviews blijkt dat een norm van circa E60 haalbaar is. In het kader van de stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten, zou het Vlaams Gewest tenslotte de recuperatie van het opgevangen hemelwater nog extra kunnen stimuleren.

Via allerlei **financiële steunmaatregelen** pogen diverse instanties de rendabiliteit van duurzame bouwtechnieken voor de particulier te bevorderen. Zowel op federaal, gewestelijk, provinciaal als gemeentelijk niveau kan hij hiervoor tegemoetkomingen aanvragen. Zelfs de netbeheerders kennen voor bepaalde duurzame maatregelen premies toe. Een juridische literatuurstudie toont aan dat de klemtoon hierbij voornamelijk uitgaat naar nieuwe technologieën (vb. een zonneboiler) in plaats van naar 'gewone' maatregelen (vb. bijkomende isolatie). Nochtans blijkt uit het empirisch onderzoek en de bevraging van de bevoorrechte getuigen dat dergelijke technologieën momenteel nog niet economisch verantwoord zijn. De gevalstudie verduidelijkt bijvoorbeeld dat een zonneboiler er niet in slaagt om zichzelf terug te verdienen binnen zijn levensduur. Vanuit het standpunt van de maatschappij rendeert een investering in dergelijke installatie op een termijn van 40 jaar slechts nipt bij de scenario's met een jaarlijkse energieprijsstijging van 4,3% of 6,5%. Vermits er geen zekerheid bestaat over de mate waarin de energietarieven zullen toenemen, houdt deze investering dus een aanzienlijk risico in voor de samenleving. Het voorbeeld voor bijkomende isolatie, becijferd in de gevalstudie, levert daarentegen een rendement van minimum 31,16% op voor de maatschappij en dit zelfs bij constante energietarieven. Verder verdient de samenleving deze bijkomende investering al terug na slechts 3 jaar en 5 maanden. De geïnterviewden bevestigen trouwens deze resultaten. De financiële tegemoetkomingen die anno 2007 beschikbaar zijn, geven m.i. dus aan de foute maatregelen prioriteit. De verschillende instanties zouden beter meer 'gewone' maatregelen stimuleren (zoals bijkomende isolatie) vermits deze maatschappelijk meer rendabel zijn. De nieuwe technologieën (zoals o.a. een zonneboiler en fotovoltaïsche zonnepanelen) dienen daarentegen beschouwd te worden als de 'kers op de taart'. Zij mogen naar mijn mening zeker geen voorrang krijgen.

Bovendien kunnen duurzame maatregelen een gunstig effect uitoefenen op de huidige **energieproblematiek**. De bevoorrechte getuigen en verschillende gerenommeerde organisaties benadrukken dat bepaalde aspecten van duurzaam bouwen hierbij prioritair zijn. Om de

huishoudelijke energieconsumptie te verminderen, is het voornamelijk van belang om te opteren voor een compacte woning, een gunstige oriëntatie, een degelijke isolatie en een betrouwbare verwarmingsketel (met HR-top- of Optimaz-elite-label). Indien de particulier na voorafgaande nog over een bepaald budget beschikt, kan hij in laatste instantie opteren voor extra energiebesparende maatregelen zoals o.a. een warmtepomp, een zonneboiler en fotovoltaïsche zonnepanelen. Het empirisch onderzoek bevestigt deze bevindingen. Bij de gevalstudie resulteert een additionele investering van 791.8 euro (inclusief BTW) voor bijkomende isolatie immers al in een energiereductie van 2.857,78 kWh. Het zonneboiler-systeem vergt daarentegen een extra investering van zelfs 8.919,18 euro (inclusief BTW) maar levert in verhouding een lagere daling van het energieverbruik op, meer bepaald een reductie van 3.298,06 kWh. Het verhoogd isolatieniveau oefent bovendien ook een opmerkelijk effect uit op het milieu. Gedurende een levensduur van 40 jaar vermindert deze bijkomende isolatie de schadelijke emissies met 21,95 ton koolstofdioxide (CO₂), 8,31 kg koolstofmonoxide (CO), 1,14 kg vluchtige organische componenten (VOC), 19,54 kg stikstofoxiden (NO_x), 3,19 kg vaste stofdeeltjes (PM) en 125 g zwaveldioxide (SO₂). Bepaalde duurzame bouwtechnieken bezitten dus zeker de mogelijkheid om een gunstige bijdrage te leveren aan het behalen van de Kyoto-doelstelling. Het is m.i. vooral belangrijk dat de particulier hierbij doordacht te werk gaat en allereerst opteert voor die technieken die op korte termijn al beduidende reducties verwezenlijken.

Duurzaam bouwen speelt bovendien tevens in op het **tekort aan bepaalde bouwmaterialen**. Dit concept stelt immers dat de particulier in de mate van het mogelijke overdimensionering van de woning en dus onnodig materiaalverbruik dient te vermijden. Hij opteert overigens best voor nagroeibare en lokaal beschikbare materialen. Verder moet hij de totale levenscyclus van de materialen, vanaf de grondstofwinning tot de afvalfase, onder de loep nemen. Nochtans twijfelen enkele bevoorrechte getuigen nog over de kwaliteit van bio-ecologische bouwmaterialen. Zij beklemtonen dat de particulier bij de materiaalkeuzes in eerste instantie dient rekening te houden met de bijdrage van het product tot de totale energiebesparingen van de woonst. Bovendien stellen zij dat een bio-ecologisch materiaal op dit vlak niet noodzakelijk beter scoort inzake duurzaamheid dan een klassiek product. Naar mijn mening staat bij de materiaalkeuzes in de eerste plaats de functionaliteit van elk product voorop. Een bouw materiaal dient hierbij afgestemd te zijn op de omgevingsfactoren waarin het dienst moet doen.

Verder streeft duurzaam bouwen ook naar een beperking van het **leidingwaterverbruik** vermits er op dit vlak wereldwijd een tekort bestaat. Tengevolge van de eerder vermelde stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten, dragen tegenwoordig Vlaamse nieuwbouwprojecten hier sowieso tot bij. Aangezien de eigenaars immers verplicht een hemelwaterput dienen te installeren, zijn ze ook sneller geneigd om het opgevangen hemelwater effectief te benutten. De huidige wetgeving voorziet dus reeds in de meest elementaire en duurzame maatregel die een particulier kan nemen om zijn huishoudelijk leidingwaterverbruik te

reduceren. Verder hangt het verbruik in sterke mate af van zijn gedrag en van de gekozen sanitaire toestellen. Dit onderzoek ging hier echter niet dieper op in vermits beide aspecten zeer onvoorspelbaar zijn. Als de burger toch nog een bijkomende inspanning wenst te leveren op dit domein, kan hij tenslotte als surplus nog opteren voor een groendak of een infiltratievoorziening.

Duurzaam bouwen kadert tevens in de huidige **bouwgrondproblematiek**. Uit de interviews blijkt dat er op lange termijn geen afdoende oplossing bestaat om het tekort aan beschikbare percelen te reduceren. De oplossingen die de literatuur aanreikt vormen slechts een druppel op de hete plaat. De schaarste aan bouwgronden en de bijbehorende escalerende bouwgrondprijzen houden echter een positieve impact in op het concept duurzaam bouwen. De hoge prijzen dwingen de modale Vlaming immers om op zoek te gaan naar kleinere percelen en compacter te bouwen of om over te schakelen op de secundaire markt van bestaande woningen. Naar mijn mening bestaat er dus als het ware een interactie-effect tussen het bouwgrondtekort en het begrip duurzaam bouwen. Naarmate het succes van duurzaam bouwen toeneemt, meer bepaald op vlak van de peiler omgeving, zal m.i. ook de schaarste aan bouwgronden verminderen. Een daling van deze problematiek werkt echter op zijn beurt in de hand dat de particulier opnieuw meer kiest voor grotere percelen en open nieuwbouwprojecten waardoor de duurzaamheid terug daalt.

Voorgaande bemerkingen vormen een aanloop naar de essentie van deze thesis: **Is duurzaam bouwen economisch-financieel haalbaar voor de particulier en economisch rendabel voor de maatschappij?** Hiervoor bouwt het empirisch onderzoek 4 mogelijke energieprijsscenario's in, namelijk constante tarieven, een stijging van 2,1%, een toename van 4,3% en een verhoging van 6,5% bovenop inflatie. Voor de financiële analyse weegt het onderzoek de additionele investeringskosten en de bijbehorende financiële steunmaatregelen af tegen de jaarlijkse energiebesparingen. De maatschappelijke kosten-batenanalyse vergelijkt de vereiste extra investering echter met de jaarlijks vermeden externe milieukosten (van CO₂, CO, PM, VOC, NO_x en SO₂) en de energiebesparingen. De meer energiezuinige woning staat bovendien ook garant voor een aangeneramer binnenklimaat en een hogere restwaarde bij verkoop. Beide externe baten laat het onderzoek echter buiten beschouwing vermits ze moeilijk in monetaire termen weer te geven zijn. De analyses gaan uit van een tijdshorizon van 40 jaar.

De gevalstudie toont aan dat de E62-voorbeeldwoning voor de particulier, indien de energieprijzen jaarlijks toenemen, nipt een hoger rendement oplevert dan een gemiddeld spaarboekje (2%). Ook vanuit het perspectief van de maatschappij is de bijkomende investering uitsluitend rendabel als de energietarieven een stijgend verloop kennen. Wanneer de analyse daarentegen de bijkomende kosten voor de zonneboiler buiten beschouwing laat, rendeert het meer duurzame project voor zowel de burger als de samenleving ongeacht de evolutie van de aardgasprijzen. Bovendien liggen de rendementen in dit geval beduidend hoger. Tenslotte levert een vergelijking van het voorbeeldgebouw, inclusief en exclusief zonneboiler, met een slecht geïsoleerde woning

opmerkelijk gunstigere resultaten op. De bevindingen van dit onderzoek kunnen uiteraard niet zomaar geëxtrapoleerd worden naar het ganse woningbestand. Toch geven ze m.i. een indicatie dat duurzaam bouwen rendabel kan zijn voor zowel de particulier en de samenleving indien de juiste maatregelen prioriteit krijgen.

Ondanks het grote potentieel aan rendementen dat schuilgaat achter bepaalde duurzame bouwtechnieken, is er nog geen sprake van een grote doorbraak van het concept duurzaam bouwen. De bevoorrechte getuigen duiden op een aantal **obstakels** die het succes van deze bouwfilosofie anno 2007 nog in de weg staan. Uitzonderlijke bouwtechnieken en toepassingen eisen de aandacht op van het grote publiek, waardoor het concept 'duurzaam bouwen' een foutief imago krijgt naar de buitenwereld toe. Om dit beeld op te poetsen, moet de klemtoon meer en meer uitgaan naar evidentere technieken zoals isolatie. Hoewel de uitzonderlijke, nieuwe technologieën nog in hun kinderschoenen staan, hebben zij een niet te onderschatten progressiemarge in zich. Bijkomende knelpunten waarmee de sector van duurzaam bouwen geconfronteerd wordt, zijn de goedkope energieprijzen en het gebrek aan gespecialiseerde architecten en aannemers. Dit alles maakt dat het concept duurzaam bouwen te maken heeft met groeipijnen, die vermoedelijk bij een stijgende vraag van zelf zullen verdwijnen.

Als algemene conclusie geldt dat duurzaam bouwen rendabel kan zijn, mits de juiste maatregelen de voorkeur krijgen. Om de winstgevendheid voor de particulier nog te verhogen, moeten de overheden echter hun financiële ondersteuning herbekijken. De rendabiliteit van duurzaam bouwen zal naar alle waarschijnlijkheid zelfs geleidelijk aan toenemen tot alle groeipijnen tot het verleden behoren.

BIBLIOGRAFIE

Artikels

- Althaus, H.J. et al. (2005) 'Benchmarks for sustainable construction, a contribution to develop a standard', *Energy and buildings*, 37:11, p. 1147-1157
- Barber, J. en Vandenberghe C. (2005) 'FSC goed en wel, maar... Waarom niet meer lokaal hout?', *Wonen met de natuur*, 34, p. 20-21
- Beter Bouwen & Verbouwen (2006) 'De beste hypothecaire tarieven en richtprijzen voor de woningbouw', *Beter Bouwen & Verbouwen*, 221, p. 6-14
- Bleys, M. (2006) '125 budgettips: Hou je (ver)bouwwitgaven binnen de perken', *Beter Bouwen & Verbouwen*, 25:225, p. 97-110
- Casenave, A. (2005) 'Sea level and volcanoes', *Nature*, 438: 44, p. 35-36
- Cohen, J.E. (2005) 'Human population grows up', *Scientific American*, 293: 3, p. 26-33
- Cole, R.J. et al. (2000) 'Assessing Life Cycles: Shifting From Green To Sustainable Design', *International Conference Sustainable Building*, Maastricht
- Cyranoski, D. (2005) 'The long-range forecast', *Nature*, 438: 46, p. 275-276
- Desmyter, J. (2003) 'Duurzaam bouwen voor mens en milieu', *Het ingenieursblad*, 72:1 & 2, p. 36-42
- De Standaard (2006) 'Broeikaseffect kan wereld 5500 miljard kosten', *De Standaard*, 30 Oktober
- Driesen, D.M. (2004) 'The economic dynamics of environmental law: cost-benefit analysis, emissions trading, and priority-setting', *Boston College Environmental Affairs Law Review*, 31:3, p. 501-528
- European Environment Agency (EEA, 2002) 'Energy and environment in the European Union', *Environmental Issues Report*, 31, p. 23-35
- Foley, J.A. et al. (2005) 'Impact of regional climate change on human health', *Nature*, 438: 46, p. 310-315
- Gustavsson, L. en Sathre, R. (2006) 'Variability in energy and carbon dioxide balances of wood and concrete building materials', *Building and Environment*, 41:7, p. 940-951
- Hirono, R. en Schröder, H. (2004) 'The Road to and from the Kyoto Protocol: The Perspectives of Germany and Japan', *International Review for Environmental Strategies*, 5:2, p. 39-59
- Jefferson, M. (2005) 'Sustainable energy development: performance and prospects', *Renewable Energy*, 31:5, p. 571-582
- Kates, R.W. et al. (2005) 'What is sustainable development?', *Environment*, 47:3, p. 8-21
- Lence, B. J. et al. (2005) 'Assessing the performance of sustainable technologies for building projects', *Canadian Journal of Civil Engineering*, 32:1, p. 114-128
- Lovins, A.B. (2005) 'More profit with less carbon', *Scientific American*, 293: 3, p.52-61

- Manne, A.S. en Richels, R.G. (1999) 'The Kyoto Protocol: A Cost-Effective Strategy for Meeting Environmental Objectives', *Energy Journal*, speciale editie, p. 1-23
- Musser, G. (2005) 'The climax of humanity', *Scientific American*, 293: 3, p. 22-25
- Philibert, C. (2004) 'Lessons from the Kyoto Protocol: Implications for the Future', *International Review for Environmental Statistics*, 5:1, p. 311-322
- Ruddiman, W.F. (2005) 'How did humans first alter global climate?', *Scientific American*, 292: 3, p. 34-41
- Salama, A.M. (2006) 'A Trans-Disciplinary Approach for a Comprehensive Understanding of Sustainable Affordable Housing', *Global Built Environment Review*, 5:3, p. 35-50
- Socolow, R.H. (2005) 'Can we bury global warming?', *Scientific American*, 293: 1, p. 39-45
- Sunstein, C.R. (2005) 'Cost-Benefit Analysis and the Environment', *Ethics*, 115:1, p. 351-385
- Thormark, C. (2006) 'The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building', *Building and Environment*, 41:8, p. 1019-1026
- Vandenbosch, E. (2005) 'Het beste moment om een zonneboiler te plaatsen? Nu!', *Wonen met de natuur*, 34, p. 18-19
- Verthonghen, R. (1992) 'Multicriteria-analyse versus kosten-batenanalyse', *Tijdschrift voor Economie en Management*, 37:1, p. 87-110

Bestekteksten en Kwaliteitscertificaten

- Belgische Unie voor de technische goedkeuring in de bouw (2004) *Technische goedkeuring met certificatie: Onderdakfolie Delta Maxx*, Brussel, Federale Overheidsdienst Economie, Middenstand, KMO en Energie
- ETERNIT nv (2007) *Eternit Sidings Vezelcementstroken*, Kapelle-op-den-Bos, ETERNIT nv
- Klöber Benelux PGmbH (2006) *Ausschreibungstext: Gratlüftersysteme Roll-Fix*, Eupen, Klöber Benelux PGmbH
- Pittsburgh Corning Europe N.V. (2007) *Productfiche: Foamglas® Perinsul®*, Lasne, Pittsburgh Corning Europe N.V.
- Rockwool Belgium N.V. (2007a) *Bestekbeschrijving: SpouwPlaat Rockfit 434*, Zaventem, Rockwool Belgium N.V.
- Rockwool Belgium N.V. (2007b) *Bestekbeschrijving: Spijkerflensdeken 123*, Zaventem, Rockwool Belgium N.V.
- Stora Enso (2003) *Stora Enso Thermowood*, Porvoo (Finland), Stora Enso

Boeken

- Alexander, G. en Boyle, G. (2004) 'Introducing Renewable Energy' in Boyle, G. (eds), *Renewable Energy: Power for a sustainable future* (tweede editie), Oxford, Oxford University Press, p. 1-17

- Begg, D. et al. (2003) *Economics* (zevende editie), Londen, McGraw-Hill
- Berlage, L. en Decoster, A. (2000) *Inleiding tot de economie*, Leuven, Universitaire Pers Leuven
- Blauwens, G. (1988) *Welvaartseconomie en kosten-batenanalyse*, Antwerpen, MIM
- Boyle, G. (2003) 'Introductory Overview' in Boyle, G. et al. (eds), *Energy Systems and Sustainability: Power for a sustainable future*, Oxford, Oxford University Press, p. 3-56
- Boyle, G. et al. (2003) 'Penalties: Assessing the Environmental and Health Impacts of Energy Use' in Boyle G. et al. (eds), *Energy Systems and Sustainability: Power for a sustainable future*, Oxford, Oxford University Press, p. 519-572
- Brent, J.R. (2003) *Cost-Benefit Analysis and Health Care Evaluations*, Londen, Edward Elgar
- Centre interdisciplinaire de Formation de Formateurs de l'Université de Liège (CIFIUL, 2001) *Bouwmethodes : Ruwbouw : Platte en hellende daken*, Brussel, Fonds voor Vakopleiding in de Bouwnijverheid
- Chrystal, K.A. en Lipsey, R.G. (2004) *Economics* (tiende editie), Oxford, Oxford University Press
- De Borger, B. en Proost, S. (1997) *Mobiliteit: de juiste prijs*, Leuven, Garant
- De Brabander, B. (2005) *Investerings in verkeersveiligheid in Vlaanderen: een handleiding voor kosten-batenanalyse*, Tielt, Lannoo
- Franco, D. (2006) *Industriële scheikunde 2 en milieutechnologie, Deel 2: Milieutechnologie*, Diepenbeek, Universiteit Hasselt
- Fuguitt, D. en Wilcox, S.J. (1999) *Cost-Benefit Analysis for Public Sector Decision Makers*, Londen, Quorum Book
- Giancoli, D.C. (2005) *Physics International Edition* (zesde editie), New Jersey, Pearson Prentice Hall
- Harwood, W.S. et al. (2006) *General Chemistry, Principles and Modern Applications* (negende editie), New Jersey, Pearson Prentice Hall
- Horngren, C.T. et al. (2003) *Cost Accounting, A Managerial Emphasis* (elfde editie), United States, Prentice Hall
- Kalpakjian, S. en Schmid, S.R. (2006) *Manufacturing Engineering and Technology*, New Jersey, Pearson Prentice Hall
- Laveren, E. et al. (2004) *Handboek financieel beheer* (tweede druk), Antwerpen, Intersentia
- Lipsey, R.G. et al. (1999) *Macroeconomics* (twaalfde editie), United States, Addison-Wesley Publishing Company
- Mercken, R. (2004) *De investeringsbeslissing, Een beleidsgerichte analyse*, Antwerpen, Garant
- Van Geystelen, L. (2003) *Milieuvergunningen Uitgave 2003-2004*, Mechelen, Kluwer
- van Poll, R.M. (2002) *Financieel woordenboek* (vijfde editie), Amsterdam, Het Financieel Dagblad
- Van Rompuy, G. en Vertonghen, R. (2002) *Sociaal-economische kosten-batenanalyse, Evaluatie van investeringsprojecten in de publieke sector*, Leuven, Acco

- Van Rompuy, G. en Vochten, W. (1994) *Basismodellen voor economische analyse*, Leuven, Garant
- Verheyen, W. et al. (2003) 'Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse' in *Beleidsplan waterrecreatie en -toerisme*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Afdeling Waterwegen en Zeewezen, bijlage O p. 1-59
- Verver, M.W. (2002) *Materiaalkunde: bouwkunde en civiele techniek* (tweede editie), Houten, Educatieve Partners Nederland BV

Brochures

- Belgaqua (2005) *Blauw Boek: Alles wat u had willen weten over uw drinkwater en de behandeling van afvalwater*, Brussel, Belgaqua
- Belgisch Instituut voor Normalisatie (2006) *Invoering nieuwe Belgische normen voor PVC, PVC-C en PE afvoerbuizen en hulpstukken*, Brussel, Belgisch Instituut voor Normalisatie
- Centrum Duurzaam Bouwen, (CeDuBo, 2006) *Bouwen voor aan de toekomst, 21 duurzame tips voor de 21^{ste} eeuw*, Heusden-Zolder, Centrum Duurzaam Bouwen
- De Cuyper et al. (2002) *Voorkom legionellose*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Administratie Gezondheidszorg Afdeling Preventieve en Sociale Gezondheidszorg
- Electrabel (2006) *La libéralisation du marché de l'énergie, les nouvelles règles du jeu*, Brussel, Electrabel
- Federale Overheidsdienst Financiën (FOD Financiën, 2007), *Belastingvermindering voor energiebesparende investeringen*, Brussel, Federale Overheidsdienst Financiën
- Gemeentelijk Samenwerkingsverband voor Distributienetbeheer et al. (GeDIS et al., 2005) *Wegwijs in de vrije energiemarkt in Vlaanderen, We zijn er voor u!*, Brussel, Gemeentelijk Samenwerkingsverband voor Distributienetbeheer
- Interelectra (2005) *Slim omgaan met water ... kwestie van gezond verstand*, Hasselt, Interelectra
- IVEG (2003) *De vrije energiemarkt: wat, wie en hoe?*, Hoboken, IVEG
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2004) *Milieu, natuur ... en u, wijzer bij het Vlaamse Milieuplan*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer (AMINAL, 2006) *Bouw of verbouw gezond, Gezond wonen?*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE, 2000) *Elektriciteit uit zonlicht* (tweede editie), Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE, 2005) *Ideeën voor energiezuinig wonen, Praktische tips voor een energiezuinig huishouden*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie

- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE, 2006a) *Praktische gids voor als u binnenkort gaat bouwen of verbouwen*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE, 2006b) *Maak uw huis energiezuinig en betaal minder belastingen*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE, 2006c) *Energie besparen bij u thuis, Premies van uw netbeheerder in 2006*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE, 2007) *Energie besparen bij u thuis, Premies van uw netbeheerder in 2007*, Brussel, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
- Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen et al. (ODE-Vlaanderen et al., 2005) *Fotovoltaïsche zonne-energie, Elektriciteit uit de zon*, Kessel-Lo, ODE-Vlaanderen
- Organisatie voor Duurzame Energie Vlaanderen et al. (ODE-Vlaanderen et al., 2006), *Warmtepompen, De natuur als bron van verwarming*, Kessel-Lo, ODE-Vlaanderen
- Steunpunt Duurzaam Bouwen (2006), *Bouwinnovatie, Bouw met advies*, Heusden-Zolder, Steunpunt Duurzaam Bouwen
- Vaillant (2007) *Condensatiewandketels*, Drogenbos, Vaillant
- Verenigde Naties (2007) *Three European countries among the top ten deadliest disasters of 2006*, Genève, Verenigde Naties
- Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen en Wonen et al. (VIBE et al., 2006) *Wegwijs in duurzaam bouwen en verbouwen*, Berchem, Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen en Wonen
- Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW, 2005) *Voluit voor water*, Brussel, Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM, 2000) *Waterwegwijzer voor architecten: een handleiding voor duurzaam watergebruik in en om de particuliere woning*, Erembodegem, Vlaamse Milieumaatschappij

Internetbronnen

- Atag (online) (geconsulteerd op 11 mei 2007)
URL: <http://www.atagverwarming.be/>
- Belgian Woodforum (online) (geconsulteerd op 30 april 2007)
URL: <http://www.woodforum.be/>
- Belsolar (online) (geconsulteerd op 29 maart 2007)
URL: <http://www.belsolar.be>

- Bond Beter Leefmilieu (BBL, online) (geconsulteerd op 9 juli 2006)
URL: <http://www.bondbeterleefmilieu.be>
- Bouwteamwoning (online) (geconsulteerd op 9 juli 2006)
URL: <http://www.bouwteamwoning.be/>
- Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED, online) (geconsulteerd op 10 april 2007) URL: <http://www.em-dat.net/disasters/>
- Centrum Duurzaam Bouwen (CeDuBo, online) (geconsulteerd op 4 juli 2006)
URL: <http://www.cedubo.be/>
- Eandis (online) (geconsulteerd op 26 maart 2007)
URL: <http://www.eandis.be/>
- Ecomat (online) (geconsulteerd op 30 april 2007)
URL: <http://www.ecologischbouwen.be/>
- Greenpeace (online) (geconsulteerd op 15 augustus 2006)
URL: <http://www.greenpeace.org/belgium/>
- Meetlat Duurzaam Bouwen (online) (geconsulteerd op 6 mei 2007)
URL: <http://www.meetlatduurzaambouwen.be/>
- Milieurapport Vlaanderen (online) (geconsulteerd op 6 april 2007)
URL: <http://www.milieurapport.be/>
- Ministerie van Economische Zaken (online) (geconsulteerd op 15 april 2007)
URL: <http://www.mineco.fgov.be/>
- Nationale Bank van België (NBB, online) (geconsulteerd op 19 april 2007)
URL: <http://www.bnb.be/>
- Nationale Federatie der Houthandelaars (online) (geconsulteerd op 23 april 2007)
URL: <http://www.fnn.be/>
- Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij (OVAM, online) (geconsulteerd op 5 mei 2007)
URL: <http://www.ovam.be/>
- Passiefhuis-Platform vzw (online) (geconsulteerd op 30 april 2007)
URL: <http://www.passiefhuisplatform.be/>
- Provinciebestuur West-Vlaanderen (online) (geconsulteerd op 12 april 2007)
URL: <http://www.west-vlaanderen.be/>
- Statistics Belgium (online) (geconsulteerd op 26 november 2006)
URL: <http://www.statbel.fgov.be/>
- United Nations Environment Programme (UNEP, online) (geconsulteerd op 12 februari 2007)
URL: <http://www.unep.org>
- Vlaamse Gemeenschap (online) (geconsulteerd op 21 maart 2007)
URL: <http://www.energiesparen.be/>

Juridische Bepalingen

Europese Unie

- Europees parlement en de raad (1996) 'Richtlijn 96/92/EG van het Europees parlement en de raad van 19 december 1996 betreffende de gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor elektriciteit', *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen*, 30 januari 1997
- Europees parlement en de raad (2001) 'Richtlijn 2001/77/EG van het Europees parlement en de raad van 27 september 2001 betreffende de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen op de interne elektriciteitsmarkt', *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen*, 27 oktober 2001
- Europees parlement en de raad (2002) 'Richtlijn 2002/91/EG van het Europees parlement en de raad van 16 december 2002', *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen*, 4 januari 2003

België

- Ministerie van Financiën (2001) 'De Wet van 10 augustus 2001 houdende hervorming van de personenbelasting', *Belgisch Staatsblad*, 20 september 2001
- Ministerie van Economische Zaken (2002a) 'Het koninklijk besluit van 16 juli 2002 betreffende de instelling van mechanismen voor de bevordering van elektriciteit opgewekt uit hernieuwbare energiebronnen', *Belgisch Staatsblad*, 23 augustus 2002
- Ministerie van Financiën (2002b) 'Het koninklijk besluit van 20 december 2002 tot wijziging van het KB/WIB 92 inzake de belastingvermindering voor energiebesparende uitgaven in een woning', *Belgisch Staatsblad*, 28 december 2002
- Federale Overheidsdienst Financiën (2004a) 'Het koninklijk besluit van 23 juni 2004 tot wijziging van het KB/WIB 92 inzake de belastingvermindering voor energiebesparende uitgaven in een woning', *Belgisch Staatsblad*, 7 juli 2004
- Federale Overheidsdienst Financiën (2004b) 'De wet van 31 juli 2004 tot wijziging van artikel 145²⁴ van het Wetboek van de inkomstenbelastingen 1992 teneinde het rationeel energiegebruik in woningen nog meer aan te moedigen', *Belgisch Staatsblad*, 23 augustus 2004
- Federale Overheidsdienst Kanselarij van de eerste Minister (2006) 'De programmawet van 27 december 2006', *Belgisch Staatsblad*, 28 december 2006

Vlaanderen

- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2000) 'Het decreet van 17 juli 2000 houdende de organisatie van de elektriciteitsmarkt', *Belgisch Staatsblad*, 22 september 2000

- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2001) 'Het decreet van 6 juli 2001 houdende de organisatie van de gasmarkt', *Belgisch Staatsblad*, 3 oktober 2001
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2002) 'Het besluit van de Vlaamse Regering van 11 oktober 2002 betreffende de inwerkingtreding van de bepalingen van het Aardgasdecreet', *Belgisch Staatsblad*, 18 oktober 2002
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2004a) 'Het decreet van 7 mei 2004 houdende eisen en handhavingsmaatregelen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat voor gebouwen en tot invoering van een energieprestatiecertificaat', *Belgisch Staatsblad*, 30 juli 2004
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2004b) 'Het besluit van de Vlaamse Regering van 1 oktober 2004 houdende vaststelling van een gewestelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten, infiltratievoorzieningen, buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afvalwater en hemelwater', *Belgisch Staatsblad*, 8 november 2004
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2005a) 'Het besluit van de Vlaamse regering van 11 maart 2005 tot vaststelling van de eisen op het vlak van de energieprestaties en het binnenklimaat van gebouwen', *Belgisch Staatsblad*, 17 juni 2005
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap (2005b) 'Het besluit van de Vlaamse regering van 17 juni 2005 houdende de erkenning als energiedeskundige voor woningen en houdende de uitvoeringsvoorwaarden van de energieaudit voor woningen', *Belgisch Staatsblad*, 5 augustus 2005

Presentaties

- Dialoog vzw (2006a) *BouwTeam 1, Energiezuinig en Duurzaam*, Leuven, Dialoog vzw
- Dialoog vzw (2006b) *BouwTeam 2, Energiezuinig en Duurzaam*, Leuven, Dialoog vzw
- Manca, J. (2006), *Seminarie: Photovoltaics & Future*, Diepenbeek, Universiteit Hasselt

Rapporten

- Aernouts K. et al. (2005) 'Zoektocht naar milieuvriendelijke energievormen' in Vlaamse Milieumaatschappij (eds), *MIRA-T 2005*, Erenbodegem, Vlaamse Milieumaatschappij, p. 61-78
- Alberts, K. en van den Dobbelen, A. (2001) *Milieueffecten van bouwmaterialen*, Delft, TU Delft Faculteit Civiele Techniek en Faculteit Bouwkunde
- Boeckx, P. et al. (2006) *Milieurapport Vlaanderen Achtergronddocument 2005 Klimaatverandering*, Erenbodegem, Vlaamse Milieumaatschappij
- Buijsmans, E. (2004) *Jaaroverzicht luchtkwaliteit 2002*, Bilthoven, RIVM
- Couder, J. et al. (2005) *Milieurapport Vlaanderen Achtergronddocument 2005 Huishoudens*, Erenbodegem, Vlaamse Milieumaatschappij

- De Ceuster, G. (2004) *Internalisering van externe kosten van wegverkeer in Vlaanderen*, Leuven, Transport & Mobility Leuven
- De Coninck, R. en Verbeeck, G. (2005) *Technisch-economische analyse van de rendabiliteit van energiebesparende investeringen*, Brussel, Brussels Instituut voor Milieubeheer
- Defloor, W. et al. (2006) *Milieurapport Vlaanderen Achtergronddocument 2005 Verstoring van de waterhuishouding*, Erenbodegem, Vlaamse Milieumaatschappij
- D'hont, D. et al. (2006) 'Grondwater, geen kwantiteit zonder kwaliteit' in Vlaamse Milieumaatschappij (eds), *MIRA-T 2006*, Erenbodegem, Vlaamse Milieumaatschappij, p. 106-124
- European Environment Agency (EEA, 2006) *Greenhouse gas emission trends and projections in Europe 2006*, Kopenhagen, European Environment Agency
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007a) *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Genève, Intergovernmental Panel on Climate Change
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2007b) *Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report, Summary for Policymakers, Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Genève, Intergovernmental Panel on Climate Change
- Leemans, R. (2003) *Klimaatmodellen en wat ze ons leren*, Bilthoven, Natuur en Milieuplanbureau
- Nixon, S.C. et al. (2000) *Water in Europa : naar een duurzaam gebruik? Toestand, vooruitzichten en problemen*, Luxemburg, Bureau voor officiële publicaties der Europese gemeenschappen
- Proost en Van Dender (1998) *Effectiveness and welfare of alternative policies to address atmospheric pollution in urban road transport*, Leuven, Katholieke Universiteit Leuven departement Economie
- U.S. Environment Protection Agency (EPA, 1996) 'Natural Gas Combustion' in, *Compilation of Air Pollutant Emission Factors*, New York, U.S. Environmental Protection Agency
- Vlaamse Confederatie Bouw (VCB, 2005) *Duurzaam wonen voor alle Vlamingen, Vlaams woonbeleid 1980-2020 (jaar- en studierapport 2004-2005)*, Brussel, Vlaamse Confederatie Bouw
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM, 2004) *Milieurapport MIRA-T 2004*, Erenbodegem, Vlaamse Milieumaatschappij
- Vlaams Instituut voor Bio-ecologisch Bouwen en Wonen (VIBE, 2005) *Wat is bio-ecologisch bouwen?*, Berchem, Vlaams Instituut Voor Bio-ecologisch Bouwen en Wonen, VIBE-publicatie 18
- Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen & Wonen (VIBE, 2007a) *Afwerkingsmaterialen / harde vloerbekledingen*, Antwerpen, Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen & Wonen

- Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen & Wonen (VIBE, 2007b) *Bouwmaterialen: Isolatiematerialen*, Antwerpen, Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen & Wonen
- Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen & Wonen (VIBE, 2007c) *Hout zonder chemische verduurzaming*, Antwerpen, Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen & Wonen
- Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen & Wonen (VIBE, 2007d) *Afwerkingsmaterialen / binnenpleisters*, Antwerpen, Vlaams Instituut voor Bio-Ecologisch Bouwen & Wonen
- Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek (viWTA, 2004) *Bouwen, Wonen en Energie*, Brussel, Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Onderzoek
- Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG, 2006) *Rapport met betrekking tot de evolutie van de elektriciteits- en aardgasrijzen op de markt voor huishoudelijke en kleine afnemers*, Brussel, Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits- en Gasmarkt

BIJLAGEN

- Bijlage 1:** Overzicht van de premies per netbeheerder voor nieuwbouwwoningen (situatie op 1 januari 2007)
- Bijlage 2:** Afbeeldingen van de woning van het gezin Willems
- Bijlage 3:** Interviewnota: De heer en mevrouw Willems, eigenaars van de voorbeeldwoning
- Bijlage 4:** E-peil en K-peil van de laag-energiewoning (E62)
- Bijlage 5:** E-peil en K-peil van de meer conventionele woning (E85)
- Bijlage 6:** E-peil en K-peil van de laag-energiewoning zonder zonneboiler (E72)
- Bijlage 7:** E-peil en K-peil van de slecht geïsoleerde woning (E94)
- Bijlage 8:** Interviewnota: De heer Marc Dillen, Directeur-Generaal van de Vlaamse Confederatie Bouw
- Bijlage 9:** Interviewnota: De heer Berthold Simons, Directeur van Centrum Duurzaam Bouwen
- Bijlage 10:** Interviewnota: Mevrouw Griet Verbeeck, Doctor Ingenieur-Architect

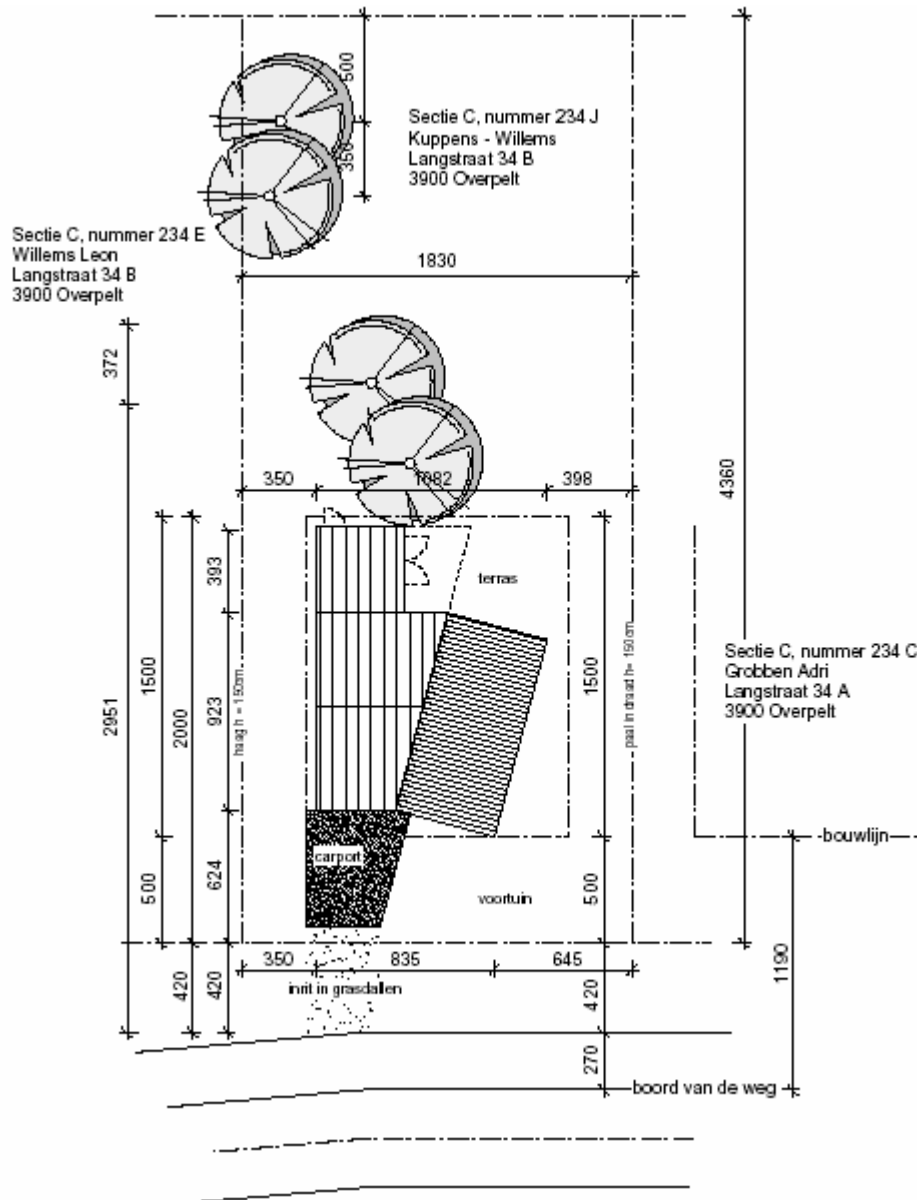
Bijlage 1: Overzicht van de premies per netbeheerder voor nieuwbouwwoningen (situatie op 1 januari 2007)

	AGEM	EANDIS	GHA ¹	INTERELECTRA	IVEG	PBE	WVEM
Supersolerende beglazing		€ 10/m ² , max. 50% factuur (U _{max} 1,3 W/m ² K)	€ 8/m ² , max. 50% factuur (U _{max} 1,1 W/m ² K)			€ 10/m ² , (U _{max} 1,1 W/m ² K)	
Radiatorfolie	€ 1/m ²	€ 1/m ²	€ 1/m ² , max. 50% factuur	€ 1/m ²	€ 1/m ²		€ 1/m ²
Ventilatiesysteem met warmterecuperatie		€ 150, max. 50% factuur	€ 150, max. 50% factuur	€ 150	€ 150	€ 150	€ 150
Aardgascondensatieketels (HR-top)	€ 125	€ 250, max. 50% factuur	€ 10/kW, min. € 125, max. 50% factuur	€ 125	€ 125	€ 125	€ 125
Stookoliecondensatieketel (Optimaz Elite)			€ 10/kW, min. € 125, max. 50% factuur				
Warmtepomp die instaat voor hoofdverwarming en niet gebruikt wordt voor koeling		€ 210/kW, max. € 1680, geen premie voor lucht-lucht of lucht-water warmtepompen, max. 50% factuur	€ 300/kW, min. € 625, max. 50% factuur, geen lucht-lucht types	€ 210/kW, max. € 1680, max. 50% factuur, geen premies voor lucht-lucht warmtepompen	€ 210/kW, max. € 1680, max. 50% factuur, geen premies voor lucht-lucht warmtepompen	€ 210/kW, max. € 1680, max. 50% factuur, geen premies voor lucht-lucht warmtepompen	€ 210/kW, max. € 1680, max. 50% factuur, geen premies voor lucht-lucht warmtepompen
Zonneboiler met kwaliteitslabel van Belsolar, niet voor zwembaden	€ 75/m ² , min. € 575, max. € 1500, max. 50% factuur, niet voor ruimteverwarming	€ 575 indien enkel voor sanitair warm water, € 75/m ² en max. € 1500 als ook voor ruimteverwarming, max. 50% factuur	€ 150/m ² , min. € 575, max. 50% factuur, niet voor ruimteverwarming	€ 75/m ² , min. € 575, max. € 1500, max. 50% factuur	€ 75/m ² , min. € 575, max. € 1500, max. 50% factuur	€ 75/m ² , min. € 575, max. € 1500, max. 50% factuur	€ 75/m ² , min. € 575, max. € 1500, max. 50% factuur
Warmtepompboiler			€ 625, max. 50% factuur				
Verlaagd E-peil 70		€ 850				€ 850	
Verlaagd E-peil 75		€ 750				€ 750	
Passiefhuis		€ 1500					
Huishoudelijk planadvies		€ 75, max. 50% factuur					
Bouwteams			€ 50				€ 50

¹ Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen

Bron: ANRE (2007) Energie besparen bij u thuis, Premies van uw netbeheerder in 2007

Bijlage 2: Afbeeldingen van de woning van het gezin Willems



Figuur 1: Inplanting van de woning

Bron: Bouwplan van de woning



Foto 1: Vooraanzicht van de woning in aanbouw

Bron: eigen foto



Foto 2: Achteraanzicht van de woning in aanbouw

Bron: eigen foto



Foto 3: Vooraanzicht van de woning

Bron: architect Dries



Foto 3: Achteraanzicht van de woning

Bron: architect Dries

Bijlage 3: Interviewnota: De heer en mevrouw Willems, eigenaars van de voorbeeldwoning

Datum: 30 april 2007

Keuze laag energiewoning	Op professioneel vlak is mevrouw Willems nauw betrokken bij het concept 'duurzame ontwikkeling'. De eigenaars proberen bijgevolg consequent volgens dit principe te leven, ook in hun woningkeuze. Ze informeerden ook naar passiefwoningen maar beiden vonden deze te duur en te benauwd. Bovendien hadden ze bij een houtskeletbouw onvoldoende mogelijkheden om de kosten te drukken door werken zelf uit te voeren.
Proces	<ul style="list-style-type: none"> - De eigenaars kenden vooraf <i>architect</i> J. Dries al. Omdat ze wisten dat deze architect ook heel goed op de hoogte is van het laag energieconcept was hun keuze bijgevolg snel gemaakt. Samen met deze architect hebben de heer en mevrouw Willems ruim een jaar gependend aan de <i>ontwerpfase</i>. - Vooraf hebben de eigenaars nauwkeurig het beschikbaar <i>budget</i> bepaald. Hierbij hadden ze echter de notariskosten en de schuld-saldoverzekeringsuit het oog verloren. Tijdens het verdere verloop van het bouwproces heeft het gezin daarentegen strikt het vooropgestelde budget gevolgd. Enkel voor de afwerking kozen ze soms duurdere materialen dan voorzien. - Voor de keuze van de <i>aannemer</i> hebben ze aanvankelijk drie aannemers gecontacteerd en vervolgens geselecteerd voor de goedkoopste. Gedurende het proces hebben de eigenaars echter zoveel mogelijk werken zelf uitgevoerd zoals o.a. het plaatsen van de isolatie, de elektriciteit, de lichte scheidingswanden, de vloeropbouw en het lemen van de muren.
Omgeving	<ul style="list-style-type: none"> - De laag energiewoning bevindt zich 3,5 km <i>buiten het centrum</i> van de gemeente Overpelt. Toch kozen de eigenaars voor deze groene omgeving omdat ze beiden graag veel tijd buiten spenderen. Het gezin wil deze afstand compenseren door meer gebruik te maken van de fiets. Bovendien zijn er in de nabije omgeving toch een aantal handelszaken aanwezig. - Hun liefde voor de natuur motiveerden de heer en mevrouw Willems tevens bij hun keuze voor een <i>open bebouwing</i>. Aangezien ze nu reeds veel tijd in de buitenlucht doorbrengen, prefereerden ze een woning met een grote tuin in plaats van bijvoorbeeld een appartement. - Het gezin Willems koos overigens voor een <i>nieuwbouwproject</i> omdat de woning dan volledig op hun behoeftes kon afgestemd worden. Verder beschikt de markt momenteel over voldoende recuperatiematerialen die de eigenaars via dit nieuw project weer kunnen benutten.

Welzijn	<ul style="list-style-type: none"> - In de woning zijn op de beneden- en de bovenverdieping meerdere <i>lichte scheidingswanden</i> voorzien. De eigenaars willen namelijk dat ze het huis indien nodig in de toekomst kunnen opsplitsen in twee afzonderlijke wooneenheden. - Het gezin Willems opteert er voor om bepaalde ruimtes <i>multifunctioneel</i> te benutten. Zo is de zitkamer tevens voorzien van een speelhoek of bureauruimte en doet de gang op de bovenverdieping ook dienst als bureau. - Bovendien zijn er op bepaalde plaatsen <i>wachtbuizen</i> geïnstalleerd zodat de eigenaars later nog o.a. radiatoren kunnen plaatsen op de slaapkamers.
Energie	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Compactheid:</i> Over het algemeen scoort de woning hier zeer goed op met een waarde van 1,31. De keuze voor een carport in plaats van een garage in het huis heeft hier ook een positief effect op. De eigenaars zijn van mening dat een garage absoluut overbodig is en bovendien te veel kostbare ruimte zou innemen. Een nadelig aspect vormt daarentegen de dakconstructie. Het dak bestaat uit twee delen waardoor de compactheid daalt en er bijgevolg meer energie verloren gaat. De heer en mevrouw Willems vonden echter deze dakconstructie veel mooier en de bijbehorende zolderruimte gunstig. - <i>Oriëntatie:</i> Bij de zoektocht naar een geschikte bouwgrond was de belangrijkste factor voor de eigenaars de oriëntatie van het perceel. De bouwgrond die ze uiteindelijk hebben gekocht, is op het zuiden georiënteerd zodat ze de passieve zonne-energie maximaal kunnen benutten. Om oververhitting te vermijden, behouden ze de bestaande loofbomen. Daarom hebben ze ook gekozen voor een dakrandoversteek aan de achterzijde van de zitkamer. Om dezelfde reden opteerden ze voor een conventioneel dak boven de serre in plaats van een glazen constructie. - <i>Isolatie:</i> Voor de muurisolatie installeren de eigenaars 2 lagen rotswolplaten (Rockwool 434) met een totale dikte van 15 cm. Ze kozen voor dit materiaal omdat er weinig duurzame alternatieven beschikbaar zijn voor een geïsoleerde spouwmuur. Voor de isolatie van het dak prefereerden ze echter het meer milieuvriendelijke cellulose (dikte 23 cm). De vloeren zijn geïsoleerd met een isolerende chape van 5 cm en polystyreenplaten met een dikte van 10 cm. Verder opteerden de heer en mevrouw Willems voor hoogrendementsbeglazing met thermowood profielen. De eigenaars wilden immers absoluut geen gebruik maken van tropisch hout vanwege de hoge transportkosten. Bovendien moeten ze thermowood vensters niet meer verven achteraf, wat voor hen doorslaggevend was. Om de woning winddicht te maken, plaatsten ze zelf een onderdak bestaande uit Celit 4D-platen. Dit natuurlijk product zorgt voor een voldoende damp open constructie.

Energie	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Ventilatie</i>: De eigenaars twijfelden lange tijd tussen een mechanisch ventilatiesysteem en een natuurlijk. Ze kozen uiteindelijk voor een natuurlijke ventilatie omdat een mechanische installatie voor een optimale werking vereist dat de ramen en deuren steeds gesloten blijven. Het gezin Willems leeft echter liever met open ramen om een claustrofobisch gevoel te vermijden. - <i>Verwarminginstallatie en hernieuwbare energie</i>: De woning is voorzien van een zonnegascombi-gaswandketel. De eigenaars bepaalden reeds tijdens de ontwerpfase dat ze sowieso een zonneboiler wensten te installeren omdat dit systeem zichzelf kan terugverdienen. Ze hopen op deze manier jaarlijks vanaf maart tot oktober het sanitair warm water gratis op te warmen. Voor de overige maanden en voor de verwarming van de woning opteerden ze voor aardgas als energiebron. Van de beschikbare fossiele brandstoffen is dit immers de meest milieuvriendelijke. De benedenverdieping verwarmen de eigenaars aan de hand van vloerverwarming en een extra kachel in de zitruimte. Ze kozen voor vloerverwarming omdat de bijbehorende stralingswarmte er voor zorgt dat de ruimte bij een lagere temperatuur reeds aangenaam aanvoelt.
Materialen	<p>De heer en mevrouw Willems hebben tijdens het ganse bouwproces getracht <i>milieuvriendelijke materialen</i> te implementeren. Aangezien de aannemer met bepaalde producten niet zo vertrouwd was, zijn de eigenaars van sommige beslissingen afgeweken. Zo is de uiteindelijke woning niet opgetrokken uit <i>kalkzandsteen</i> maar uit de meer energie-intensieve snelbouwsteen. Als gevelsteen prefereerden ze een <i>recuperatiesteen</i>. Voor de dakwerken kozen ze vervolgens voor de houtsoort <i>Douglas</i> omdat deze lokaal kan gewonnen worden en over een goede natuurlijke duurzaamheid beschikt. De vensters zijn vervaardigd uit het ecologisch <i>thermowood</i>. Deze houtsoort bezit zelfs het Europese <i>ecolabel PEFC</i>. Verder hebben de eigenaars de muren geleemd in plaats van bepleisterd. Lemen is milieuvriendelijker en bovendien gemakkelijker om zelf uit te voeren. Door de woning te <i>lemen</i>, proberen de heer en mevrouw Willems de kosten te drukken.</p>
Water	<ul style="list-style-type: none"> - De woning ligt in de <i>zuiveringszone A</i> en is bijgevolg verplicht aangesloten op het openbaar rioleringsstelsel. - De <i>regenwaterput</i> bestaat uit beton waardoor een zelfreinigend effect kan optreden. De put bezit echter geen BENOR-keurmerk. Het opgevangen regenwater gebruiken de eigenaars o.a. voor de wasmachine en de toiletten.

Bijlage 4: E-peil en K-peil van de laag-energiewoning⁷⁵ (E62)

RESULTATEN

E-peil

E-peil: 62

Karakteristiek jaartijks primair energieverbruik: 73.557 MJ

Referentiewaarde voor het karakteristiek jaartijks primair energieverbruik: 119.473 MJ

Primair energieverbruik:

	JAN	FEB	MAA	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAAR
Verwarming	11480	9448	8189	4535	950	12	0	0	170	3370	8153	11302	57.609
Koeling	0	0	1	7	91	328	502	475	134	5	0	0	1.541
Tapwater	1540	1155	961	571	294	222	307	404	631	1074	1395	1609	10.164
Hulpenergie	845	696	603	334	70	1	0	0	13	248	600	832	4.242
PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

K-peil

K-peil: 26

Maximaal K-peil: 45

Verliesoppervlakte: 424,23 m²

Beschermde Volume: 554,50 m³

Gemiddelde U-waarde: 0,29 W/m²K

Compactheid: 1,31 m

U-max/R-min

Lijst van de scheidingsconstructies (excl. totaal vensteroppervlakte):

Naam scheidingsconstructie	U-waarde [W/m ² K]	U-max [W/m ² K]	R-waarde [m ² K/W]	R-min [m ² K/W]
Argesvloer	0,18	0,40	4,30	1,00
Voorgevel	0,20	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand	0,20	0,60	-	-
Voordeur	2,70	2,90	-	-

⁷⁵ Dit formulier is aangemaakt met de EPB-software versie 1.1

Wand 1	0,20	0,60	-	-
Venster 1-beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-
Venster 1-beglazing	1,54	1,60	-	-
Venster 2-beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-
Venster 1-beglazing	1,54	1,60	-	-
Venster 2-beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-
Venster 1-beglazing	1,29	1,60	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-
Deur	2,70	2,90	-	-
Venster 1-beglazing	1,54	1,60	-	-
Venster 2-beglazing	1,54	1,60	-	-
Venster 3-beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand 1	0,19	0,40	-	-
Wand 1	0,19	0,40	-	-
Wand 1	0,19	0,40	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-

Risico op oververhitting

Risico op oververhitting per energiesector: (de maximale toegelaten waarde van de oververhittingsindicator is 17.500 Kh)

Naam energiesector	Oververhittingsindicator [Kh]
Woning	10.099

Bron: Juffrouw Evers, studente industrieel ingenieur in de afdeling bouwkunde aan de Xios Hogeschool Limburg

Bijlage 5: E-peil en K-peil van de meer conventionele woning⁷⁶ (E85)

RESULTATEN

E-peil

E-peil: 85

Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik:

100.849 MJ

Referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik:

119.473 MJ

Primair energieverbruik:

	JAN	FEB	MAA	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAAR
Verwarming	14388	11951	10566	6204	1737	53	0	0	442	4700	10377	14150	74.570 MJ
Koeling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 MJ
Tapwater	1872	1691	1872	1811	1872	1811	1872	1872	1811	1872	1811	1872	22.037 MJ
Hulpenergie	818	680	601	353	99	3	0	0	25	267	590	805	4.242 MJ
PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 MJ

K-peil

K-peil: 39

Maximaal K-peil: 45

Verfiesoppervlak: 424,23 m²

Beschermd Volume: 554,50 m³

Gemiddelde U-waarde: 0,43 W/m²K

Compactheid: 1,31 m

U-max/R-min

Lijst van de scheidingsconstructies (excl. totaal vensteroppervlak):

Naam scheidingsconstructie	U-waarde [W/m ² K]	U-max [W/m ² K]	R-waarde [m ² K/W]	R-min [m ² K/W]
Angevloer	0,27	0,40	2,51	1,00
Voorgevel	0,36	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand	0,36	0,60	-	-
Voordeur	2,70	2,90	-	-

⁷⁶ Dit formulier is aangemaakt met de EPB-software versie 1.1

Wand 1	0,35	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,36	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Venster 2- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,35	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Venster 2- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,36	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,36	0,60	-	-
Deur	2,70	2,90	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Venster 2- beglazing	1,64	1,60	-	-
Venster 3- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,36	0,40	-	-
Wand 1	0,36	0,40	-	-
Wand 1	0,36	0,40	-	-
Wand 1	0,35	0,60	-	-

Risico op oververhitting

Risico op oververhitting per energiesector: (de maximale toegelaten waarde van de oververhittingsindicator is 17.500 Kh)

Naam energiesector	Oververhittingsindicator [Kh]
Woning	7.804

Bron: Juffrouw Evers, studente industrieel ingenieur in de afdeling bouwkunde aan de Xios Hogeschool Limburg

Bijlage 6: E-peil en K-peil van de laag-energiewoning zonder zonneboiler⁷⁷ (E72)

RESULTATEN

E-peil

E-peil: 72

Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik: 85.420 MJ

119.473 MJ

Referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik:

Primair energieverbruik:	JAN	FEB	MAA	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAAR
Verwarming	11480	9448	8189	4535	950	12	0	0	170	3370	8153	11302	57.609 MJ
Koeling	0	0	1	7	91	328	502	475	134	5	0	0	1.541 MJ
Tapwater	1872	1691	1872	1811	1872	1811	1872	1872	1811	1872	1811	1872	22.037 MJ
Hulpenergie	845	696	603	334	70	1	0	0	13	248	600	832	4.242 MJ
PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 MJ

K-peil

K-peil: 26

Maximaal K-peil: 45

Verliesoppervlak: 424,23 m²

Beschermd Volume: 554,50 m³

Gemiddelde U-waarde: 0,29 W/m²K

Compactheid: 1,31 m

U-max/R-min

Lijst van de scheidingsconstructies (excl. totaal vensteroppervlak):

Naam scheidingsconstructie	U-waarde [W/m ² K]	U-max [W/m ² K]	R-waarde [m ² K/W]	R-min [m ² K/W]
Argexvloer	0,18	0,40	4,30	1,00
Voorgevel	0,20	0,60	-	-
Venster 1 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand	0,20	0,60	-	-
Voordeur	2,70	2,90	-	-

⁷⁷ Dit formulier is aangemaakt met de EPB-software versie 1.1

Wand 1	0,20	0,60	-	-
Venster 1 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-
Venster 1 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Venster 2 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-
Venster 1 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Venster 2 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-
Venster 1 - beglazing	1,29	1,60	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-
Deur	2,70	2,90	-	-
Venster 1 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Venster 2 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Venster 3 - beglazing	1,54	1,60	-	-
Wand 1	0,19	0,40	-	-
Wand 1	0,19	0,40	-	-
Wand 1	0,19	0,40	-	-
Wand 1	0,20	0,60	-	-

Risico op oververhitting

Risico op oververhitting per energiesector: (de maximale toegelaten waarde van de oververhittingsindicator is 17.500 Kh)

Naam energiesector	Oververhittingsindicator [Kh]
Woning	10.099

Bron: Juffrouw Evers, studente industrieel ingenieur in de afdeling bouwkunde aan de Xios Hogeschool Limburg

Bijlage 7: E-peil en K-peil van de slecht geïsoleerde woning⁷⁸ (E94)

RESULTATEN

E-peil

E-peil: 94

Karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik: 111.137 MJ

Referentiewaarde voor het karakteristiek jaarlijks primair energieverbruik: 119.473 MJ

Primair energieverbruik:

	JAN	FEB	MAA	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAAR
Verwarming	16133	13452	11993	7208	2245	100	0	0	654	5500	11713	15860	84.858
Koeling	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tapwater	1872	1691	1872	1811	1872	1811	1872	1872	1811	1872	1811	1872	22.037
Hulpenergie	806	672	600	360	112	5	0	0	33	275	585	793	4.242
PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

K-peil

K-peil: 47

Maximaal K-peil: 45

Verliesoppervlak: 424,23 m²Beschermd Volume: 554,50 m³Gemiddelde U-waarde: 0,52 W/m²K

Compactheid: 1,31 m

U-max/R-min

Lijst van de scheidingsconstructies (excl. totaal vensteroppervlak):

Naam scheidingsconstructie	U-waarde [W/m ² K]	U-max [W/m ² K]	R-waarde [m ² K/W]	R-min [m ² K/W]
Argexvloer	0,27	0,40	2,51	1,00
Voorgevel	0,58	0,60	-	-
Venster 1 - beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand	0,58	0,60	-	-
Voordeur	2,70	2,90	-	-

⁷⁸ Dit formulier is aangemaakt met de EPB-software versie 1.1

Wand 1	0,54	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,58	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Venster 2- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,54	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Venster 2- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,58	0,60	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,58	0,60	-	-
Deur	2,70	2,90	-	-
Venster 1- beglazing	1,64	1,60	-	-
Venster 2- beglazing	1,64	1,60	-	-
Venster 3- beglazing	1,64	1,60	-	-
Wand 1	0,33	0,40	-	-
Wand 1	0,33	0,40	-	-
Wand 1	0,33	0,40	-	-
Wand 1	0,54	0,60	-	-

Risico op oververhitting

Risico op oververhitting per energiesector. (de maximale toegelaten waarde van de oververhittingsindicator is 17.500 Kh)

Naam energiesector	Oververhittingsindicator [Kh]
Woning	6.826

Bron: Juffrouw Evers, studente industrieel ingenieur in de afdeling bouwkunde aan de Xios Hogeschool Limburg

Bijlage 8: Interviewnota: De heer Marc Dillen, Directeur-Generaal van de Vlaamse Confederatie Bouw

Datum: 7 mei 2007

<p>Huidige knelpunten van duurzaam bouwen</p>	<p>De heer Dillen onderscheidt twee belangrijke knelpunten waarmee duurzaam bouwen momenteel te kampen heeft. Als eerste probleem wijst hij op het <i>tekort aan aannemers die vertrouwd zijn met de duurzame bouwtechnieken</i>. Specifieke vaardigheden zijn immers vereist voor bijvoorbeeld het verlijmen van kalkzandsteen, het plaatsen van zonnepanelen en het installeren van verwarmingsketels op houtpellets. Naar de toekomst toe dringt zich bijgevolg een kleine bijscholing op. Als tweede knelpunt duidt de heer Dillen op de <i>hoge kostprijs van ecologische bouwmaterialen</i>. Momenteel bestaat slechts een kleine vraag naar deze producten waardoor maar een beperkte productiehoeveelheid vereist is. Dit heeft tot gevolg dat de productiekosten nog zeer hoog liggen. Bovendien zijn deze <i>materialen slechts op een beperkt aantal locaties verkrijgbaar</i>. Volgens de heer Dillen zullen beide problemen in de toekomst echter automatisch verdwijnen. De vraag naar duurzaam bouwen kent immers een stijgend verloop waardoor het aanbod genoodzaakt is om te volgen. Als aannemers in de toekomst voldoende werkzekerheid willen hebben, zullen ze zich de duurzame bouwtechnieken sowieso dienen eigen te maken. Een toename van de vraag naar duurzaam bouwen zal bovendien leiden tot massaproductie van ecologische bouwmaterialen waardoor de productiekosten per eenheid zullen afnemen.</p>
<p>Verstrenging van de wetgeving inzake E-peil en K-peil</p>	<p>In het verleden werd het K-peil weinig nageleefd. Momenteel bouwt de doorsnee Vlaming echter aan een lager E-peil dan wettelijk voorgeschreven. De voornaamste oorzaak hiervan is de komst van het energieprestatiecertificaat. In de toekomst zullen potentiële kopers hierdoor woningen kunnen beoordelen op basis van hun energieprestaties. Particulieren die vooruitziend bouwen zullen bijgevolg streven naar een zo laag mogelijk E-peil om de toekomstige verkoopwaarde van de woning niet in gevaar te brengen. Verder zullen ook de stijgende energieprijzen de particulier sowieso motiveren om een lager E-peil na te streven. De heer Dillen vindt het overigens belangrijk dat de Vlaamse bouwsector eerst voldoende tijd neemt om vertrouwd te geraken met het E-peil alvorens de wetgeving opnieuw te wijzigen.</p>

Financiële steunmaatregelen optrekken	De heer Dillen is van mening dat de overheid niet alle duurzame technieken dient te subsidiëren. Volgens hem hangt de beslissing van de particulier om bijvoorbeeld extra te isoleren niet af van de hoeveelheid financiële steunmaatregelen die daar tegenover staan maar van het geloof dat de particulier heeft in stijgende energieprijzen. Bovendien vindt de heer Dillen de normen verstrengen een beter alternatief dan de steunmaatregelen wijzigen. Indien er echter toch veranderingen doorgevoerd worden, meent hij dat deze beter renovatieprojecten ondersteunen dan nieuwbouwprojecten.
Onvoldoende visibiliteit van het concept duurzaam bouwen	In 2005 bleek uit een enquête van de Vlaamse Confederatie Bouw dat de doorsnee Vlaming geen concrete invulling kan geven aan het begrip duurzaam bouwen. De laatste twee jaar is deze situatie echter enorm verbeterd. De recente aandacht rond van het Kyoto-protocol en de energieprestatieregelgeving zorgt voor meer naamsbekendheid van duurzaam bouwen.
Internaliseren van milieukosten	De heer Dillen is de mening toegedaan dat extra belastingen op het energieverbruik geen goede oplossing zijn om de huidige milieuproblematiek in te perken. Vanuit een louter economisch perspectief is dit nochtans allicht de beste methode maar in de realiteit acht hij het invoegen van bijkomende belastingen een negatieve aangelegenheid. De heer Dillen verkiest het opleggen van strengere normen om de particulier bewust te maken van het probleem boven bijkomende heffingen.
Toekomst van duurzaam bouwen	Hij schat de toekomst van duurzaam bouwen binnen de Vlaamse bouwsector zeer hoog in. Hierbij stelt hij een groei van het gebruik van hernieuwbare energiebronnen voorop. Nochtans mag het succes hiervan ook niet overschat worden. Hernieuwbare energiebronnen zullen volgens de heer Dillen nooit het aandeel van kernenergie kunnen opvangen. Hij wijst er trouwens op dat momenteel al drie duurzame concepten sterk in de lift zitten, namelijk systemen om regenwater op te vangen, zonnepanelen en hogere energieprestaties dan wettelijk voorgeschreven.
Doe-het-zelf versus aannemer	Duurzaam bouwen vergt volgens de heer Dillen een zeer delicate afwerking (bv. naar luchtdichtheid toe). Naar zijn mening reduceert het doe-het-zelf en het zwart werk omwille van deze stijgende complexiteit. Wie wordt er immers aansprakelijk gesteld indien de woning achteraf niet aan de energieprestatieregelgeving blijkt te voldoen? De verslaggever heeft trouwens behoefte aan degelijk bewijsmateriaal om een gegronde EPB-aangifte te kunnen opstellen. Omwille van de verstrengde wetgeving is de particulier dus naar zijn mening net sneller geneigd om te opteren voor een gekwalificeerde aannemer.

Sensitiviteitsanalyse: het meest realistische scenario	Als energieprijsstijging opteert de heer Dillen voor een toename van 4,3%. Hij gaat er namelijk van uit dat de prijzen sowieso een drastische verhoging zullen ondergaan in de toekomst. Als discontovoet stelt hij bovendien 4,5% voorop. Hiermee schat hij in de toekomst de OLO hoger in dan 3,81% en lager dan 6,08%. Hij meent dat de overheid immers rekening dient te houden met toekomstige technologische ontwikkelingen. Het is volgens hem belangrijk om op lange termijn te focussen in plaats van enkel aandacht te besteden aan het heden.
---	--

Bijlage 9: Interviewnota: De heer Berthold Simons, Directeur van Centrum Duurzaam Bouwen

Datum: 16 mei 2007

<p>Huidige knelpunten van duurzaam bouwen</p>	<p>De heer Simons duidt op twee fundamentele problemen waar duurzaam bouwen momenteel mee te kampen heeft. Enerzijds bezit het begrip een <i>foutief imago</i>. Duurzaam bouwen wordt door het grote publiek gelinkt aan concepten zoals o.a. leembouw, strobalenbouw, passiehuizen, groendaken en zonne-energie waardoor de doorsnee particulier het als <i>te extreem en te duur</i> gaat bestempelen. Maatregelen zoals fotovoltaïsche zonnepanelen moet de Vlaming echter beschouwen als 'kers op de taart'. Het grote publiek associeert dergelijke doorgedreven maatregelen met duurzaam bouwen hoewel dit concept in de eerste plaats staat voor 'goed' bouwen (bijvoorbeeld op vlak van isolatie). Anderzijds zijn veel eigenaars in eerste instantie wel bereid om duurzame technieken in hun woning te implementeren maar houden de <i>hoge prijzen</i> hen uiteindelijk nog tegen. Vermits een gemiddelde particulier vooral gefocust is op zijn huidig budget, is het enorm moeilijk om de mensen te overtuigen om duurzamer te bouwen aan de hand van terugverdientijden.</p>
<p>Verstrenging van de wetgeving inzake E-peil en K-peil</p>	<p><i>Sowieso</i> zullen de huidige <i>normen in de toekomst verstrengen</i> volgens de heer Simons. Hij is echter de mening toegedaan dat België niet noodzakelijk slechter scoort op vlak van duurzaam bouwen dan bijvoorbeeld Nederland en Duitsland. Wat de isolatie betreft is het wel zo dat de Belgische woningen in het verleden doorgaans slechter waren geïsoleerd. Inzake bouw- en sloopafval, scoort België echter veel beter dan Duitsland en Nederland. Ook voor de invoering van het E-peil, heeft België veel geleerd uit fouten van Nederland en Duitsland.</p>
<p>Financiële steunmaatregelen optrekken</p>	<p>De heer Simons meent dat de financiële steunmaatregelen beter <i>op basis van het E-peil</i> zouden toegekend worden. Als de maatschappij op korte termijn een aanzienlijke reductie in het energieverbruik van de Vlaamse huishoudens wil realiseren, kan deze bovendien best de subsidies inzetten op het plaatsen van voldoende isolatie en het vervangen van enkele beglazing door hoogrendementsglas bij renovatieprojecten. Momenteel worden echter vooral technieken zoals <i>zonnepanelen</i> sterk gesubsidieerd welke zonder deze subsidies <i>vanuit economisch standpunt absurd</i> zouden zijn. Enerzijds heeft dit een gunstig effect omdat deze technologieën <i>nog sterk kunnen evolueren</i> en op deze manier hier de kans toe krijgen.</p>

Financiële steunmaatregelen optrekken	Zo kan het rendement nog sterk verbeteren en kunnen de kosten aanzienlijk dalen indien deze producten in massa zouden geproduceerd worden. Anderzijds maakt vooral de leeftijdscategorie 40 tot 60-jarigen anno 2007 gebruik van deze technieken. Zij zien dit als een ideale investering nu hun woning reeds afbetaald is. Op die manier kent de maatschappij volgens de heer Simons subsidies toe aan een doelgroep die niet de oorspronkelijke bedoeling was.
Tekort aan vertrouwde aannemers en architecten	Gedurende de studies wordt er doorgaans onvoldoende aandacht besteed aan duurzaam bouwen. De laatste jaren stelt de heer Simons echter vast dat dit aanzienlijk verbetert. In de toekomst zal dit probleem dus wellicht niet meer voorkomen.
Beschikbaarheid van bio-ecologische bouwmaterialen	De heer Simons wijst erop dat bio-ecologische bouwmaterialen slechts voor een nichemarkt bestemd zijn. Hij is overigens van mening dat een <i>materiaal in de eerste plaats zijn taak naar behoren moet uitvoeren</i> onafhankelijk van of het nu een bio-ecologisch materiaal is of niet. Bij de materiaalkeuze is het essentieel om te opteren voor producten die inspelen op de aanwezige omgevingsfactoren en die een gewaarborgde levensduur bezitten. Bovendien beklemtoont hij dat de energie die de productie van materialen vergt slecht een fractie uitmaakt van de energiebesparing die een materiaal in een woning kan realiseren. De heer Simons is geen tegenstander van bio-ecologische bouwmaterialen maar wil beklemtonen dat deze producten niet noodzakelijk duurzamer zijn. Veel hangt immers af van hoe de eigenaars achteraf het materiaal behandelen en in welke omstandigheden ze het gebruiken.
Onvoldoende visibiliteit van het concept duurzaam bouwen	Als men duurzaam bouwen vooral blijft relateren aan uitzonderingen zoals o.a. passiehuizen, dan ontstaan er <i>twee categorieën bouwen</i> namelijk klassiek en duurzaam bouwen. Om een positieve visibiliteit te verkrijgen, moet men dit concept echter anders te benaderen en de meer evidente maatregelen beter aanmoedigen.
Internaliseren van milieukosten	De heer Simons meent dat de overheid best een <i>bepaalde hoeveelheid energie</i> nagenoeg <i>gratis</i> aan elk gezin kan aanbieden om vervolgens al het <i>additioneel verbruik gigantisch duur</i> aan te rekenen. Dit systeem zou de overheid overigens ook voor het waterverbruik kunnen toepassen.
Toekomst van duurzaam bouwen	Anno 2007 bouwt de Vlaming <i>al duurzamer dan in het verleden</i> . De hoge bouwgrondprijzen dwingen de particulier om compacter te bouwen en zo het energieverbruik te beperken. Ook het waterverbruik is al verbeterd. De heer Simons is dus van mening dat <i>in de toekomst iedereen duurzamer zal bouwen</i> . Specifiek voor <i>bio-ecologisch bouwen</i> voorspelt hij een aandeel van 4 à 5%.

<p>Aandeel hernieuwbare energie in de toekomst in de Vlaamse bouwsector</p>	<p>Het huidige woningbestand zal waarschijnlijk nog het moment ervaren dat de fossiele brandstoffen uitgeput geraken (binnen ongeveer 50 jaar). Er bestaat dus een <i>dringende behoefte aan alternatieve energiebronnen</i>. Bovendien biedt kernenergie ook geen langdurige oplossing. Nochtans veroorzaakt kernenergie geen CO₂-emissies maar de grondstof uranium is slechts beperkt voorradig. Volgens de heer Simons bestaan er twee mogelijke scenario's voor de toekomst. Ofwel breken hernieuwbare energiebronnen zoals water, wind en zon door en wordt elektriciteit bijgevolg decentraal geproduceerd. Ofwel stoot kernfusie door en wordt er dus gekozen voor gigantische centrales. De heer Simons is bovendien van mening dat er nog geen enkele energievorm zonder milieunadelen bestaat. Vroeger was de bevolking ook niet op de hoogte dat CFK's en asbest schadelijk zijn. Hij denkt dat men in de toekomst dus nadelen van de nieuwe energievormen zal ontdekken.</p>
<p>Doe-het-zelf versus aannemer</p>	<p>De heer Simons gelooft niet dat meer en meer particulieren in de toekomst zelf werken zullen uitvoeren bij een bouwproject. De <i>mens</i> is volgens hem <i>van nature lui</i>. Natuurlijk zal de evolutie van de economie hierop een grote invloed uitoefenen. Bovendien meent hij dat als bijvoorbeeld concepten als luchtdichtheid aan belang winnen, dat de technieken daarop zullen anticiperen en vereenvoudigen.</p>
<p>Bouwgrondtekort</p>	<p>Volgens de heer Simons bestaat er <i>geen langdurige oplossing</i> voor dit probleem. Zelfs als bepaalde grondbezitters hun bouwgronden op de markt brengen, verhoogt dit het aanbod slechts met een fractie.</p>
<p>Sensitiviteitsanalyse: het meest realistische scenario bepalen</p>	<p>De heer Simons opteert voor een <i>langetermijnrente van 3,81%</i>. Wat de <i>energieprijzen</i> betreft, stelt hij tenslotte dat de fossiele brandstoffen binnen 40 jaar zo goed als uitgeput zullen zijn. Het is dus zeer <i>onvoorspelbaar</i> hoe drastisch de prijzen zullen stijgen. Bovendien verhogen de brandstofprijzen volgens de heer Simons niet lineair maar trapsgewijs.</p>

Bijlage 10: Interviewnota: Mevrouw Griet Verbeeck, Doctor Ingenieur-Architect**Datum: 15 mei 2007**

Huidige knelpunten van duurzaam bouwen	Mevrouw Verbeeck onderscheidt twee fundamentele struikelblokken die momenteel het succes van duurzaam bouwen vertroebelen. Enerzijds biedt de markt te veel <i>informatie</i> aan op een <i>ongestructureerde</i> wijze, waardoor de Vlaming anno 2007 overspoeld wordt door documentatie. Hierdoor dreigen veel particulieren de weg naar duurzaam bouwen te verliezen. Verder beschikken veel Vlamingen over een <i>te beperkt budget</i> als ze gaan bouwen. Dit geld spenderen ze bovendien vaak liever aan een mooie keuken of badkamer dan aan onzichtbare zaken zoals isolatie.
Verstrenging van de wetgeving inzake E-peil en K-peil	Mevrouw Verbeeck is van mening dat de huidige wettelijke normen <i>niet streng genoeg</i> zijn. Woningen met een peil E100 en K45 verbruiken nog steeds te veel energie. België zal in de toekomst deze normen sowieso moeten verstrengen onder invloed van de Europese Unie. Volgens mevrouw Verbeeck zal deze wijziging stapsgewijs doorgevoerd worden om uiteindelijk optimaal te stranden bij een norm van ongeveer <i>E60</i> . Tevens wijst ze op de noodzaak aan <i>betere controles</i> . Momenteel wordt er nog onvoldoende gecontroleerd op de werf. De plaatsing van isolatie in een spouwmuur is een typisch voorbeeld dat zeer moeilijk is om achteraf te inspecteren waardoor het essentieel is om dit op het moment van de plaatsing reeds te controleren.
Financiële steunmaatregelen optrekken	De huidige financiële steunmaatregelen vertonen volgens mevrouw Verbeeck een <i>gebrek aan structuur</i> . Er wordt onvoldoende onderscheid gemaakt inzake de <i>prioriteit</i> van bepaalde maatregelen. Diverse instanties moedigen het plaatsen van bijkomende isolatie bijvoorbeeld financieel zeer beperkt aan maar belonen daarentegen particulieren met fotovoltaïsche zonnepanelen ruimschoots. Zonnepanelen dienen echter als een soort 'kers op de taart' beschouwd te worden, in tegenstelling tot een degelijke isolatie wat elementair is. Mevrouw Verbeeck vindt het bijgevolg noodzakelijk dat meer onderscheid gemaakt wordt tussen de diverse maatregelen wat betreft financiële steun. Hierbij moet het belang uitgaan naar het <i>aanmoedigen van 'gewone' ingrepen</i> zoals additionele isolatie plaatsen.
Tekort aan vertrouwde aannemers en architecten	Mevrouw Verbeeck vindt dat er <i>voldoende informatie voor bouwheren</i> beschikbaar is maar <i>te weinig voor architecten</i> . Bovendien hebben veel architecten de vrees dat ze een deel van hun creatieve vrijheid moeten inboeten indien ze meer aandacht dienen te besteden aan het aspect duurzaamheid.

Tekort aan arbeidskrachten	De doelstellingen die de huidige klimaatplannen vooropstellen voor de Vlaamse bouwsector zijn volgens mevrouw Verbeeck niet haalbaar met het actuele aanbod aan arbeidskrachten. Dit <i>aanbod is te beperkt</i> om deze doelen tijdig te realiseren. Doordat er te weinig arbeiders beschikbaar zijn, stijgt bovendien de kostprijs voor de particulier wat opnieuw een ongunstig effect oplevert.
Beschikbaarheid van bio-ecologische bouwmaterialen	Mevrouw Verbeeck is <i>geen specifieke voorstander van milieuvriendelijke bouwmaterialen</i> . Zij stelt zich vragen bij de levensduur van dergelijke materialen vermits deze nog niet bewezen is. Garandeert cellulose bijvoorbeeld binnen 20 jaar nog steeds een goede isolatiewaarde? Bovendien vindt ze dat energiezuinigheid tijdens de gebruiksduur van de woning prioriteit moet krijgen. Het energieverbruik bij de productie van bouwmaterialen is namelijk veel beperkter dan het energieverbruik dat uitgespaard kan worden tijdens de levensduur van een gebouw. Mevrouw Verbeeck heeft bijgevolg haar twijfels over de zin en onzin van diverse ecologische bouwmaterialen.
Onvoldoende visibiliteit van het concept duurzaam bouwen	Veel particulieren hebben reeds gehoord van het begrip 'duurzaam bouwen' maar kunnen er moeilijk een exacte invulling aan geven. Nochtans vormt een beperkte visibiliteit volgens een enquête van de overheid geen probleem. Deze enquête toonde overigens aan dat vooral een tekort aan tijd en budget de Vlaming belet om duurzaam te bouwen.
Internaliseren van milieukosten	Mevrouw Verbeeck is de mening toegedaan dat energie anno 2007 te voordelig wordt aangeboden aan de consument. Zij adviseert om een <i>CO₂-taks</i> in te voeren zodat een particulier die meer verbruikt ook meer betaalt voor de bijbehorende milieuvervuiling. Indien de CO ₂ -reducties moeten gerealiseerd worden door enkel beroep te doen op de vrijwillige medewerking van de consumenten, zal België de doelstellingen immers niet behalen.
Toekomst van duurzaam bouwen	Volgens mevrouw Verbeeck is het toekomstige succes van duurzaam bouwen afhankelijk van twee factoren. Enerzijds oefent de <i>evolutie van de energieprijzen</i> een sterke invloed uit. Indien deze prijzen stijgen, zal immers de interesse van de particulieren sowieso toenemen. Anderzijds vervult de wetgeving een cruciale rol. Indien België een effectieve doorbraak van duurzaam bouwen wenst te bewerkstelligen, kan dit volgens mevrouw Verbeeck enkel gerealiseerd worden via een <i>strengere wetgeving</i> .

<p>Aandeel hernieuwbare energie in de toekomst in de Vlaamse bouwsector</p>	<p>Mevrouw Verbeeck meent dat het <i>aandeel van de hernieuwbare energiebronnen</i> in de toekomst zal <i>stijgen</i>. Tegelijkertijd zal dit tot <i>complexe problemen</i> leiden. De hoeveelheid energie die de wind en de zon bijvoorbeeld kunnen leveren, fluctueert immers zeer sterk in de tijd. Deze schommelingen zijn echter enorm moeilijk op te vangen met het elektriciteitsnet. Aangezien de vraag vooraf onmogelijk kan voorspeld worden, is het gigantisch ingewikkeld om het aanbod hier op af te stemmen. Door deze moeilijkheid om een evenwicht te bepalen tussen vraag en aanbod, voorspelt mevrouw Verbeeck dat <i>België</i> in de toekomst een aantal maal <i>zonder stroom</i> zal vallen.</p>
<p>Doe-het-zelf versus aannemer</p>	<p>Mevrouw Verbeeck is van mening dat de particulier sowieso de kosten bij een bouwproject zoveel mogelijk wenst te drukken, onafhankelijk van of het om een meer of minder duurzame woning gaat. Of een particulier effectief meer of minder werken zelf uitvoert, is volgens haar afhankelijk van de kostprijs van het gebouw. Deze prijs wordt op zijn beurt beïnvloed door een hele resem andere factoren. Mevrouw Verbeeck beklemtoont bijgevolg dat het zeer <i>moeilijk</i> is om neveneffecten zoals dit <i>in te schatten</i>.</p>
<p>Sensitiviteitsanalyse: het meest realistische scenario bepalen</p>	<p>Als <i>langetermijnrente</i> stelt mevrouw Verbeeck <i>ongeveer 4%</i> voorop. Wat de energiescenario's betreft, is het volgens haar echter zo goed als onmogelijk om te voorspellen hoe deze exact zullen evolueren. In haar studies houdt zij voor aardgas steeds rekening met een mogelijke stijging van 2,1% of 4,3%. Bovendien voegt zij ook telkens de optie 0% toe. Dit is echter niet omdat ze het mogelijk acht dat de prijzen niet zullen stijgen maar vooral om te bewijzen dat bepaalde maatregelen zelfs bij een zeer conservatief scenario reeds aantrekkelijk zijn. Mevrouw Verbeeck verwacht echter sowieso een stijging maar waagt zich niet aan een specifieke prognose.</p>

Auteursrechterlijke overeenkomst

Opdat de Universiteit Hasselt uw eindverhandeling wereldwijd kan reproduceren, vertalen en distribueren is uw akkoord voor deze overeenkomst noodzakelijk. Gelieve de tijd te nemen om deze overeenkomst door te nemen, de gevraagde informatie in te vullen (en de overeenkomst te ondertekenen en af te geven).

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Economische haalbaarheid van duurzaam bouwen. Macro-economisch, technisch en juridisch kader m.i.v. kosten-batenanalyse gevalstudie

Richting: **Handelsingenieur**

Jaar: **2007**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Ik ga akkoord,

Marienda MOLLEN

Datum: **05.06.2007**