



## **Milieubelasting energie-nul kantoren vervangende nieuwbouw en renovatie**

*Aanvulling onderzoek 'Kiezen voor nieuwbouw of het  
verbeteren van het huidige kantoor'*

*Agentschap NL referentienummer K010000022*

# Milieubelasting energie-nul kantoren vervangende nieuwbouw en renovatie

*Aanvulling onderzoek 'Kiezen voor nieuwbouw of het  
verbeteren van het huidige kantoor'*

*Agentschap NL referentienummer K010000022*

## **Opdrachtgever**

Agentschap NL  
Postbus 8242  
3503 RE Utrecht  
Bezoekadres: Croeselaan 15

Contactpersoon: ir J.A.J. Korbee  
T (088) 602 2759  
E [hans.korbee@agentschapnl.nl](mailto:hans.korbee@agentschapnl.nl)

## **Klankbordgroep**

David Anink (W/E adviseurs)  
Hans Cox (Rijksgebouwendienst)  
Simon van der Gaast (IVBN)  
Nikaj van Hermon (TNT Real Estate)  
Hans Korbee (Agentschap-NL)  
Han Machielsen (DTZ Zadelhoff)  
Selina Roskam (Agentschap-NL)  
Margriet Schepman (NEPROM)  
Ronald van der Waals (ING REIM)

## **Opdrachtnemer**

W/E adviseurs  
Postbus 227  
3500 AE Utrecht  
Bezoekadres: Mariaplaats 21<sup>E</sup>, Utrecht

Contactpersoon: ir D.A.F (David) Anink | ir. J.P. (John) Mak  
T (030) 677 8777  
E [anink@w-e.nl](mailto:anink@w-e.nl) | [mak@w-e.nl](mailto:mak@w-e.nl)

## **Projectnummer**

W/E 7855

# Inhoudsopgave

<b>Management samenvatting</b>	<b>1</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>4</b>
1.1 Achtergronden	4
1.2 Doelstelling	5
1.3 Definitie energie-nul	5
1.4 Onderzoeksaanpak	7
<b>2 Selectie en uitwerking cases en scenario's</b>	<b>8</b>
2.1 Selectie en uitgangspunten cases	8
2.2 Uitwerking varianten energie-nul	9
2.3 Scenario's	11
<b>3 Resultaten en analyse</b>	<b>12</b>
3.1 Materiaalprestatie	12
3.2 Energieprestatie	15
3.3 Integrale milieuprestatie	16
3.4 Kanttekening bij de resultaten	18
<b>4 Conclusies</b>	<b>19</b>
<b>Bijlage 1: Rekenresultaten Materiaal</b>	<b>20</b>
<b>Bijlage 2: Rekenresultaten Energie</b>	<b>21</b>
<b>Bijlage 3: Rekenresultaten Integraal</b>	<b>22</b>

# Management samenvatting

In opdracht van Agentschap NL voerde W/E adviseurs in 2010 het onderzoek “Kiezen voor nieuwbouw of het verbeteren van het huidige kantoor” uit. Een klankbordgroep met vertegenwoordigers van IVBN, NEPROM, RGD, ING-REIM, TNT Real Estate en DTZ Zadelhoff hebben het onderzoek begeleid. De resultaten van de studie tonen aan dat zowel door ingrijpende renovatie als door sloop en vervangende nieuwbouw een aanzienlijke verlaging van de milieubelasting van kantoren is te bereiken. Voor de nieuwbouwvariant en voor de variant met ingrijpende renovatie is aangenomen dat het kantoor presteert volgens de huidige eisen uit het Bouwbesluit. In de praktijk is er een groeiend aantal projecten dat (aanzienlijk) zuiniger is dan minimaal vereist in het Bouwbesluit. Dit ligt ook in de lijn van het Lenteakkoord waarin partijen zijn overeengekomen om vanaf 2020 energieneutraal te bouwen. In deze studie is de vraag in hoeverre deze ontwikkelingen leiden tot andere onderzoeksresultaten en conclusies.

## Afbakening

In de studie is gekozen voor een LCA-benadering, waarin alle relevante milieueffecten met betrekking tot energie- en materiaalgebruik worden gekwantificeerd met behulp van GPR Gebouw 4.1. De afbakening tot het aspect ‘Planet’ is bewust gekozen, omdat dit een scherper inzicht oplevert in een nog onderbelicht deel van de afweging. De resultaten vormen een belangrijke bouwsteen, die gecombineerd met de inzichten in de aspecten ‘People’ en ‘Profit’, een integraal beeld vormen bij de vraagstelling: kiezen voor vervangende nieuwbouw of verbetering van bestaande gebouwen.

## Varianten en scenario’s

Voor de uitwerking naar energie-nul zijn in de eerste plaats maatregelen doorgevoerd die het energiegebruik verder beperken: zeer goede isolatie en detaillering, TL5-hf kunstverlichting met goede regeling, minimale ventilatiecapaciteit, energie-efficiënte ventilatoren en pompen. Dit is zowel voor ingrijpende renovatie als voor vervangende nieuwbouw gedaan.

Vervolgens zijn twee energie-nul varianten uitgewerkt, één op basis van biomassa als brandstof en één met fotovoltaïsche zonnecellen (PV). Voor de variant PV is aanvullend een aantal energievraag beperkende maatregelen genomen om de voor een energie-nul resultaat benodigde hoeveelheid PV-panelen te beperken:

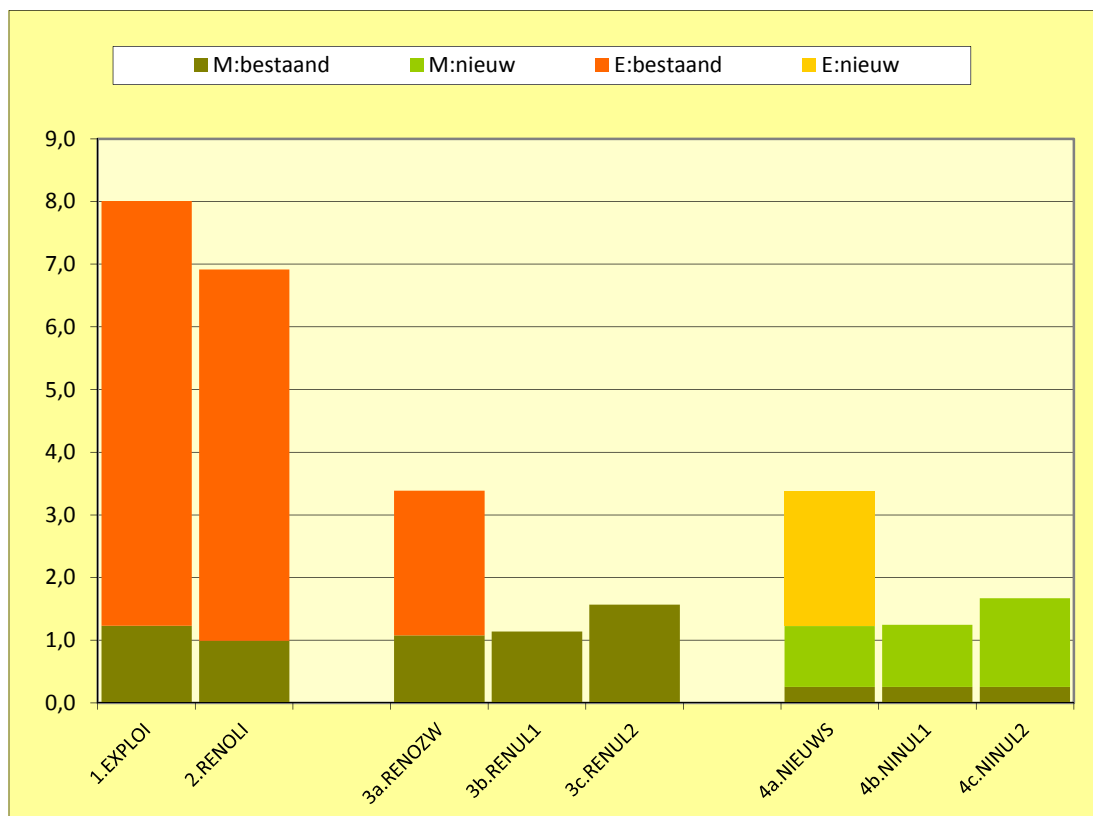
- isolatie van de gebouwschil op “passiefhuis”-niveau ( $R_c = 8 \text{ m}^2\text{K/W}$ )
- hybride ventilatiesysteem: natuurlijk als het kan en mechanisch als het moet, betekent beperking van de ventilatorenergie;
- vermindering van de koelbehoefte door optimalisering van het ontwerp (bijvoorbeeld open plafonds) en efficiëntere kantoorapparatuur;
- betonkernactivering, een warmtepomp en warmte- en koudeopslag in de bodem;
- daglichtoptimalisatie, werkplekverlichting en een lager algemeen verlichtingsniveau.

In totaal zijn acht verschillende scenario’s opgesteld:

- |  |             |
|--|-------------|
| 1. Door exploiteren (zonder verbeteringreep)                   | (1:EXPLOI)  |
| 2. Renovatie, licht (binnenwanden, plafonds, installaties)     | (2:RENOLI)  |
| 3. Renovatie, zwaar (gebouw geheel gestript, gevels vervangen) | (3a:RENOZW) |
| 4. Renovatie, zwaar, <i>ENERGIE-NUL BIOMASSA</i>               | (3b:RENUL1) |
| 5. Renovatie, zwaar, <i>ENERGIE-NUL PV</i>                     | (3c:RENUL2) |
| 6. Sloop + nieuwbouw   | (4a:NIEUWS) |
| 7. Sloop + nieuwbouw, <i>ENERGIE-NUL BIOMASSA</i>              | (4b:NINUL1) |
| 8. Sloop + nieuwbouw, <i>ENERGIE-NUL PV</i>                    | (4c:NINUL2) |

## Resultaten

In onderstaande figuur is de integrale milieubelasting (materiaal en energie) weergegeven bij de verschillende scenario's. De 'groene' tinten geven de materiaalgebonden belasting (M) weer, de 'oranje' tinten de energiegebonden belasting (E). Uit de figuur blijkt dat door energieneutraal te renoveren of nieuw te bouwen de milieubelasting over de totale levensloop ruim halveert ten opzichte van de renovatie en vervangende nieuwbouw volgens huidig Bouwbesluit niveau.



Figuur: schaduwprijs (energie en materialen)

Als we inzoomen op het onderdeel materialen blijkt dat de milieubelasting bij de ingrijpende renovatiescenario's lager is dan de milieubelasting bij sloop en nieuwbouw van een vergelijkbaar scenario. Verder is duidelijk dat de impact van de PV-installaties substantieel is (RENUL2 en NINUL2).

Voor energie geldt dat in scenario's RENUL2 en NINUL2 evenveel energie wordt opgewekt door de PV-panelen als wordt gebruikt voor ruimteverwarming, ventilatie, tapwater, pompenergie, koeling en verlichting. Voor de scenario's RENUL1 en NINUL1 geldt dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot ten gevolge van het energiegebruik gelijk is aan nul, omdat gebruik wordt gemaakt van energieneutrale biomassa. Voor de energie-nul scenario's geldt dus dat de milieubelasting door energiegebruik gelijk is aan nul.

## Conclusie

Er is geen reden om aan te nemen dat het binnenklimaat van energie-nul kantoren slechter is dan bij "gewone" nieuwbouwkantoren. Gezondheid van mensen die in een energie-nul kantoor werken zal dan ook niet slechter zijn door invloed van het gebouw dan van mensen die in een "normaal" kantoor werken. De duurzaamheid van People (triple P model) wordt dan ook gewaarborgd in energie-nul kantoren.

De integrale milieubelasting van de energie-nul scenario's is aanzienlijk lager dan de milieubelasting van de andere scenario's. De oorzaak is dat milieubelasting ten gevolge van energiegebruik gelijk is

aan nul. Een belangrijke conclusie is dan ook dat het zeer aanbevelenswaardig is om bij de aanpak van bestaande kantoorgebouwen het onderste uit de kan te halen: als je iets doet, doe het dan goed.

De milieubelasting van de energie-nul scenario's wordt volledig bepaald door omvang en aard van het materiaalgebruik. Met de steeds hogere eisen voor de energieprestatie van gebouwen krijgt de milieubelasting door materiaalgebruik een steeds groter aandeel in de integrale milieubelasting van gebouwen. Voor een gebouw uit 1980 dat niet energetisch wordt verbeterd is het aandeel van materialen circa 12% van de integrale milieubelasting. Bij een zware renovatie van dat gebouw of de keuze voor sloop met vervangende nieuwbouw met energieprestatie van 2011 is dat aandeel gestegen naar circa 33% en voor de energie- nul scenario's dus 100%. De keuze van toe te passen materialen bij zware renovatie of vervangende nieuwbouw wordt dus steeds belangrijker voor de integrale milieubelasting.

# 1 Inleiding

Het door W/E in 2010 uitgevoerde onderzoek “Kiezen voor nieuwbouw of het verbeteren van het huidige kantoor” toont aan dat zowel door ingrijpende renovatie als door sloop en nieuwbouw een aanzienlijke verlaging van de milieubelasting door kantoren is te bereiken.

In dit vervolgonderzoek staat de vraag centraal in hoeverre verdere verbetering mogelijk is door extreem energiezuinige renovatie of nieuwbouw. Wordt hiermee wederom een aanzienlijk winst behaald of dient de aandacht eerder uit te gaan naar het materiaalgebruik?

## 1.1 Achtergronden

### Onderzoekskader

In opdracht van het ministerie van BZK/WWI voert Agentschap NL het Werkprogramma Energie en Gebouwde omgeving uit. Dit programma heeft als doel bij te dragen aan het realiseren van de doelen van Schoon en Zuinig, op gebied van energiebesparing. Het accent ligt hierbij op de grootschalige inzet van ‘bedrijfszekere’ instrumenten. Het programma gaat vooral uit van de mogelijkheden en behoeften bij doelgroepen in de markt. De primaire doelgroepen in de utiliteitsbouw zijn projectontwikkelaars, institutionele beleggers, gebouwbeheerders en eindgebruikers.

### Aanleiding

In opdracht van Agentschap NL heeft W/E adviseurs het onderzoek “Kiezen voor nieuwbouw of het verbeteren van het huidige kantoor” uitgevoerd. De resultaten van de studie tonen aan dat zowel door ingrijpende renovatie als door sloop en nieuwbouw een aanzienlijke verlaging van de milieubelasting door het gebruik van kantoren is te bereiken. De studie is goed ontvangen en wordt gebruikt bij de discussie nieuwbouw of verbeteren van bestaande gebouwen.

In de eerder uitgevoerde studie (verder aangeduid met ‘basisonderzoek’) is zowel voor de nieuwbouwvarianten als voor de varianten met ingrijpende renovatie uitgegaan van de huidige eisen uit het Bouwbesluit. In de praktijk is er een groeiend aantal projecten dat (aanzienlijk) zuiniger is dan minimaal vereist in het Bouwbesluit. Dit ligt ook in de lijn van het Lenteakkoord waarin partijen zijn overeengekomen om vanaf 2020 energieneutraal te bouwen. Vraag is in hoeverre deze ontwikkelingen leiden tot andere onderzoeksresultaten en conclusies.

De behoefte aan deze aanvullende studie is in de conclusies en aanbevelingen van de managementsamenvatting bij het ‘basisonderzoek’ als volgt aangegeven:

- *Conclusie: Houdbaarheidsdatum van de studie?*

De studie is gebaseerd op actuele uitgangspunten ten aanzien van gebouwvoorraad en stand van techniek. Indien de komende vijf jaar een groot aantal gebouwen energetisch sterk worden verbeterd ontstaat een nieuwe situatie die tot andere prioriteiten kan leiden. Naarmate de energieprestatie van de gebouwen door verdere aanscherping van regelgeving verbetert, is het aandeel in de milieubelasting van het materiaalgebruik groter.

- *Conclusie: Energie-nul projecten veranderen het beeld*

Indien, in navolging van enkele koplopers, op grotere schaal nul-energieprojecten worden gerealiseerd, wordt de houdbaarheidsdatum van de eerste conclusie sterk verlengd. De bestaande voorraad komt daarmee opnieuw op een achterstand qua energieprestatie.

- *Aanbeveling: Zet in op een hoge energieprestatie.*

Bij een ingrijpende ingreep of nieuwbouw wordt de energetische kwaliteit voor lange tijd vastgelegd (40 tot 50 jaar). Om te voorkomen dat bij deze gebouwen dezelfde situatie ontstaat

als bij de huidige voorraad is het verstandig om de energetische kwaliteit direct op een hoog niveau te brengen.

- *Aanbeveling: Onderzoek de invloed van nul-energie op de conclusies.*  
Koplopers in de bouw laten zien dat nu al energie-nul nieuwbouw en –renovatie mogelijk is. Vraag is of deze ontwikkeling trendsettend is en zo ja, wat de consequenties voor de resultaten van deze studie zijn. Het verdient aanbeveling om hiernaar een rekenstudie te verrichten.

## 1.2 Doelstelling

### Probleemstelling

Het is niet bekend in welke mate energie-nul renovatie of - nieuwbouw leidt tot andere resultaten zowel in absolute als in relatieve zin.

### Doelstelling

De doelstelling van dit onderzoek is belangstellenden, zowel marktpartijen als WWI en Agentschap NL, inzicht verschaffen in de resultaten van energie-nul renovatie of nieuwbouw, in vergelijking met de eerder onderzochte varianten.

Aan de studie zijn als eisen gesteld, dat de studie ‘wetenschappelijk verantwoord’ is, aansluit bij de (toekomstige) praktijk en gedragen wordt door een aantal vooraanstaande marktpartijen. Daartoe is de klankbordgroep uit het ‘basisonderzoek’ wederom betrokken: IVBN, NEPROM, RGD, ING REIM, TNT Real Estate en DTZ Zadelhoff.

### Afbakening

Het onderzoek is puur een aanvulling op het ‘basisonderzoek’. Er wordt daarom voor zover mogelijk gebruik gemaakt van dezelfde referentiekantoren en overige aannames.

De duurzaamheidsaspecten zijn beperkt tot de milieubelasting door energie- en materiaalgebruik. Bij energie-nul wordt alleen het gebouwgebonden energiegebruik beschouwd. Op jaarbasis wordt dit op nul verondersteld, en dus is de energie gerelateerde milieubelasting nihil. Het (niet-gebouwgebonden) energiegebruik van apparaten blijft buiten beschouwing. Wat wel wordt meegenomen is de energie-input gedurende de levensloop van de materialen (ook wel energie-inhoud van materialen genoemd).

Er is geen reden om aan te nemen dat het binnenklimaat van energie-nul kantoren slechter is dan bij “gewone” nieuwbouwkantoren. Gezondheid van mensen die in een energie-nul kantoor werken zal dan ook niet slechter zijn door invloed van het gebouw dan van mensen die in een “normaal” kantoor werken. De duurzaamheid van People (triple P model) wordt dan ook gewaarborgd in energie-nul kantoren.

## 1.3 Definitie energie-nul

### Definities energie-, CO<sub>2</sub>- en klimaatneutraal

In opdracht van PeGo heeft W/E adviseurs in 2009 een definitiestudie uitgevoerd naar energie-, CO<sub>2</sub>- en klimaatneutraliteit: “Stevige ambities, klare taal!; Definiëring van doelstellingen en middelen bij energieneutrale, CO<sub>2</sub>-neutrale of klimaatneutrale projecten in de gebouwde omgeving.” De volgende definities zijn in deze studie vastgesteld:

### Ergieneutraal

Een project is *energieneutraal* als er op jaarbasis geen netto import van fossiele of nucleaire brandstof van buiten de systeemgrens nodig is om het gebouw op te richten, te gebruiken en af te breken. Dit betekent dat het energiegebruik binnen de projectgrens gelijk is aan de hoeveelheid duurzame



energie die binnen de projectgrens<sup>a</sup> wordt opgewekt of die op basis van externe maatregelen aan het project mag worden toegerekend. Het energieverbruik dat voortkomt uit de oprichting en sloop van het gebouw wordt verrekend naar een jaarlijkse bijdrage op basis van de verwachte levensduur van het gebouw.

### CO<sub>2</sub>-neutraal

Een gebouw (of verzameling gebouwen) is *CO<sub>2</sub>-neutraal* (ook wel: *klimaatneutraal*<sup>b</sup>) als er op jaarbasis geen netto uitstoot van broeikasgassen nodig is om het gebouw op te richten, te gebruiken en af te breken. Dit betekent dat de broeikasgasemissie binnen de projectgrens gelijk is aan de hoeveelheid broeikasgassen die binnen de systeemgrens<sup>c</sup> wordt vastgelegd, opgeslagen of gecompenseerd en die aan het project mag worden toegerekend. De emissie die voortkomt uit de oprichting en sloop van het gebouw wordt naar een jaarlijkse bijdrage verrekend op basis van de verwachte levensduur van het gebouw.

### Biomassa

Biomassa vergt wat nadere discussie. Er zijn bij biomassa in feite twee conversies: van zonne-energie in biomassa en van biomassa in finale energie (warmte en/of elektriciteit). De eerste conversiestap, dat wil zeggen de teelt en winning van biomassa, zal in veel gevallen buiten de projectgrens plaatsvinden, terwijl de omzetting van biomassa naar warmte en/of elektriciteit mogelijk binnen de projectgrens zal gebeuren. Is dit nu te karakteriseren als “interne” of als “externe” duurzame opwekking?

Bepalend voor de classificatie intern of extern moet volgens ons zijn of de eigenaar van het project zelf voldoende controle heeft over het proces waarbij de CO<sub>2</sub> wordt vastgelegd dan wel wordt vermeden. Met andere woorden kan hij zelf verantwoordelijkheid nemen voor de CO<sub>2</sub>-reductie of ligt die verantwoordelijkheid elders en dekt de projecteigenaar dit af middels een certificeringssysteem? Bij biomassa die van buiten het project wordt aangevoerd is ons inziens de verantwoordelijkheid voor CO<sub>2</sub>-reductie extern gelegd (hoe wordt de biomassa gekweekt?). Immers de teeltwijze bepaalt hoeveel netto CO<sub>2</sub> is opgeslagen in de biomassa. Alleen als er sprake is van intern geproduceerde biomassa kan men dus spreken van Interne Duurzame Energie, bijvoorbeeld snoeihout dat onder verantwoordelijkheid van de gemeente wordt ingezameld. Alle gevallen waarbij biomassa wordt ingekocht vallen in de categorie Externe Duurzame Energie.

Daarnaast stellen we eisen aan de duurzame productie van biomassa die wordt geïmporteerd van buiten de projectgrens. Voor biomassa van buiten zal altijd een certificaat van duurzaamheid overgelegd moeten kunnen worden. Certificeringssystemen voor diverse vormen van duurzame biomassa zijn momenteel in ontwikkeling.

### Betekenis voor dit onderzoek

In afwijking van eerdergenoemde definitiestudie is in voorliggend onderzoek alleen het gebouwgebonden energiegebruik beschouwd. Voor de scenario's in deze studie is de aanname dat de milieubelasting door gebouwgebonden energiegebruik gelijk is aan nul. Volgens de definitiestudie zijn de scenario's in elk geval CO<sub>2</sub>-neutraal in gebruiksfase<sup>d</sup>, en gedeeltelijk ook energieneutraal.

---

<sup>a</sup> De projectgrens omvat alle gebouwen en bijbehorende installaties voor energieconversie of CO<sub>2</sub> vastlegging die binnen de directe invloedssfeer van de projecteigenaar liggen.

<sup>b</sup> We betrekken ook de niet-CO<sub>2</sub> broeikasgassen in onze definitie van CO<sub>2</sub>-neutraal. Dit betekent dat we geen onderscheid maken tussen “klimaatneutraal” en “CO<sub>2</sub>-neutraal”. In de gebouwde omgeving vindt slechts weinig emissie van niet-CO<sub>2</sub> broeikasgassen plaats, dit maakt een eventueel onderscheid tussen klimaat- en CO<sub>2</sub>-neutraal niet zo zinvol.

<sup>c</sup> De *systeemgrens* omvat het project zelf plus diverse installaties voor energieconversie of CO<sub>2</sub>-vastlegging die *buiten* de directe invloedssfeer van de projecteigenaar liggen. De energie- of CO<sub>2</sub>-neutraliteit wordt bepaald op basis van uitwisseling van energie dan wel de uitstoot van CO<sub>2</sub> bij deze systeemgrens. De ligging van de systeemgrens is een keuze van de projecteigenaar en definieert de “zoekruimte” voor duurzame energieopwekking en/of CO<sub>2</sub>-compensatie.

<sup>d</sup> Gebruik van bouwmaterialen wordt niet meegenomen in de neutraliteit.

## 1.4 Onderzoeksaanpak

De studie is uitgevoerd als aanvulling op het 'basisonderzoek', "Kiezen voor nieuwbouw of het verbeteren van het huidige kantoor" uit 2010. Bij alle aannamen, die niet beïnvloed worden door de keuze voor energie-nul zijn de uitgangspunten uit het 'basisonderzoek' aangehouden. Ook is geput uit de cases (voorbeeldgebouwen) en de scenario's uit het 'basisonderzoek'.

In overleg met de opdrachtgever is een keuze gemaakt van door te rekenen cases en de bijbehorende nul-energie-varianten (energieconcepten gericht op nul-energie). Steeds zijn het scenario 'ingrijpende renovatie' en 'sloop en nieuwbouw' bekeken.

De varianten zijn uitgewerkt door de energieconcepten op de cases toe te passen. Hierna heeft de modellering plaatsgevonden, wat de voor de berekening benodigde invoergegevens heeft opgeleverd.

De doorrekening en presentatie van resultaten is op dezelfde wijze gebeurd als bij het 'basisonderzoek'. Na analyse is bekeken of een bijstelling van conclusies en aanbevelingen van het 'basisonderzoek' nodig is.

## 2 Selectie en uitwerking cases en scenario's

### 2.1 Selectie en uitgangspunten cases

#### Selectie cases

In het 'basisonderzoek' zijn voor de cases referentiegebouwen gebruikt. Gevarieerd is op grootte en bouwjaar. Dit levert de onderstaande cases op:

Case	Grootte	Bouwjaar
KAN1	3.000	1980
KAN2	3.000	1990
KAN3	3.000	2000
KAN4	18.000	1980
KAN5	18.000	1990
KAN6	18.000	2000

*Figuur 2.1: Kenmerken zes kantoorgebouwen 'basisonderzoek'*

Bij de analyse van de resultaten bij het 'basisonderzoek' bleek dat het verloop tussen de scenario's nauwelijks beïnvloed werd door de grootte. In dit onderzoek is daarom alleen het gebouw van 3000 m<sup>2</sup> bvo beschouwd. Bij het 'basisonderzoek' is verondersteld dat bij de gebouwen van 2000 geen zware ingreep of sloop zal plaatsvinden. Omdat in dit onderzoek juist deze scenario's bekeken worden valt KAN3 ook af. Uit het 'basisonderzoek' bleek verder dat de verschillen in milieubelasting door zware renovatie en sloop en nieuwbouw tussen KAN1 (1980) en KAN2 (1990) minimaal zijn. In dit onderzoek is daarom gekozen om de scenario's verder uit te werken voor KAN1 (1980, 3.000 m<sup>2</sup> bvo).

#### Uitgangspunten case

Bij KAN1 zijn de uitgangspunten uit het 'basisonderzoek' aangehouden. In figuur 2.2 zijn deze aannamen te vinden.

Case: 3000 m2	KAN1: 1980
Vloer; Rc-waarde	0,25 m2K/W
Gevel; Rc-waarde	1,0 m2K/W
Dak; Rc-waarde	1,3 m2K/W
Kierdichting; qv;10	1,5 dm3/s m2go
Beglazing; U-waarde	4,4 W/m2K*
Beglazing; ZTA-waarde	0,8
Zonwering / overstek	buitenzonwering
Warmteopwekking	CR
Warmterugwinning	geen
Warmteafgifte	radiatoren
Gebouwmassa	> 400 kg/m3
Koudeopwekking	compressiekoelmachine
Koeling	topkoeling
Bevochtiging	geen
Warmtapwater	elektrische boilers
Luchtbehandeling	mechanisch af- en toevoer
Ventilatievoud	v.v. 3
Nachtventilatie	geen
Recirculatie	45%
Gebouwbeheersysteem	geen
Verlichting; type	TL, 20 W/m <sup>2</sup>
Verlichting; regeling	centraal geschakeld

\* in 1980 werd enkel glas (U=5,8) en dubbel glas (U=3,0) toegepast (aannee 50%:50%-> gem. 4,4)

Figuur 2.2: Gebouw- en installatiekenmerken KAN1

## 2.2 Uitwerking varianten energie-nul

Voor de uitwerking van huidig Bouwbesluit niveau naar energie-nul zijn in de eerste plaats maatregelen doorgevoerd die de energiegebruik verder beperken: zeer goede isolatie en detaillering, TL5-hf kunstverlichting met goede regeling, minimale ventilatiecapaciteit, energie-efficiënte ventilatoren en pompen.

Vervolgens zijn twee energie-nul varianten uitgewerkt in dit onderzoek:

- biomassa
- PV

Voor de variant PV is aanvullend een aantal energievraag beperkende maatregelen genomen om de voor een energie-nul resultaat benodigde hoeveelheid PV-elementen te beperken:

- hybride ventilatiesysteem: beperking van de ventilatorenergie;
- vermindering koelbehoefte door optimalisering ontwerp (open plafond) en efficiëntere kantoorapparatuur;
- betonkernactivering i.c.m. warmtepomp en warmte- en koudeopslag;
- daglichtsysteem om daglicht dieper gebouw in te krijgen;

- specifieke werkplekverlichting en lager algemeen verlichtingsniveau.

Alle uitgangspunten van de energie-nul varianten staan in figuur 2.3.

Case: 3000 m <sup>2</sup>	scenario biomassa	scenario pv
Vloer; Rc-waarde	5 m <sup>2</sup> K/W	8 m <sup>2</sup> K/W
Gevel; Rc-waarde	5 m <sup>2</sup> K/W	8 m <sup>2</sup> K/W
Dak; Rc-waarde	5 m <sup>2</sup> K/W	8 m <sup>2</sup> K/W
Koudebruggen	goede detaillering	passiefhuisniveau
Kierdichting; qv;10	0,2 dm <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> go	0,1 dm <sup>3</sup> /s m <sup>2</sup> go
Beglazing; U-waarde	1,1 W/m <sup>2</sup> K	0,8 W/m <sup>2</sup> K
Beglazing; ZTA-waarde	0,6	0,6
Zonwering / overstek	automatisch geregelde buitenzonwering	automatisch geregelde buitenzonwering
Warmteopwekking	biomassa wkk	warmtepomp + wko in aquifer
Warmterugwinning	hr-wtw: 90%	geen
Warmteafgifte	vloerverwarming	betonkernactivering
Gebouwmassa	> 400 kg/m <sup>3</sup>	> 400 kg/m <sup>3</sup>
Koudeopwekking	absorptiekoelmachine	koudeopslag
Koeling	topkoeling	betonkernactivering
Bevochtiging	geen	geen
Warmtapwater	elektrische boilers	elektrische boilers
Luchtbehandeling	mechanisch af- en toevoer	hybride ventilatie
Ventilatievoud	Bouwbesluit eis (ca. v.v. 1,5)	Bouwbesluit eis (ca. v.v. 1,5)
Ventilatoren en pompen	energie-efficiënt	energie-efficiënt
Nachtventilatie	ja	ja
Recirculatie	geen	geen
Gebouwbeheersysteem	ja	ja
Daglichtsysteem	nee	ja
Verlichting; type	TL, 8 W/m <sup>2</sup>	TL, 6 W/m <sup>2</sup> (werkplekverlichting + lager algemeen niveau)
Verlichting; regeling	aanwezigheid / daglicht / veegpuls	aanwezigheid / daglicht / veegpuls
Elektriciteitsopwekking	biomassa wkk	pv

Figuur 2.3: Uitgangspunten energie-nul varianten s

Volgens de definitiestudie (zie paragraaf 1.3) zijn beide varianten CO<sub>2</sub>-neutraal in de gebruiksfase. Variant PV is ook energieneutraal in de gebruiksfase, biomassa niet.

## 2.3 Scenario's

In het 'basisonderzoek' zijn 5 scenario's onderscheiden. Eén van deze scenario's laten we hier buiten beschouwing, namelijk de situatie dat een gebouw na vertrek van een huurder eerst 10 jaar leeg staat voordat sloop en nieuwbouw volgen. Voor de scenario's "zware renovatie" en "sloop en nieuwbouw" zijn beide energie-nul varianten zoals in de vorige paragraaf beschreven toepasbaar.

In totaal ontstaan 8 scenario's waarvan de milieueffecten worden berekend:

- |     |   |             |
|-----|---|-------------|
| 9.  | Scenario 1: Doorexpluiten                                   | (1:EXPLOI)  |
| 10. | Scenario 2: Renovatie, licht                                | (2:RENOLI)  |
| 11. | Scenario 3a: Renovatie, zwaar                               | (3a:RENOZW) |
| 12. | Scenario 3b: Renovatie, zwaar, <i>ENERGIE-NUL BIOMASSA</i>  | (3b:RENUL1) |
| 13. | Scenario 3c: Renovatie, zwaar, <i>ENERGIE-NUL PV</i>        | (3c:RENUL2) |
| 14. | Scenario 4a: Sloop + nieuwbouw                              | (4a:NIEUWS) |
| 15. | Scenario 4b: Sloop + nieuwbouw, <i>ENERGIE-NUL BIOMASSA</i> | (4b:NINUL1) |
| 16. | Scenario 4c: Sloop + nieuwbouw, <i>ENERGIE-NUL PV</i>       | (4c:NINUL2) |

## 3 Resultaten en analyse

In dit hoofdstuk staan de resultaten per thema en vervolgens integraal beschreven. Zowel de materiaal- en energiegebonden milieubelasting als de integrale milieubelasting zijn uitgedrukt in schaduwrijzen (eenheid €). De schaduwrijzen zijn bepaald door de gewogen somming van negen milieueffecten. Gericht op het klimaatbeleid is ook het afzonderlijke milieueffect Broeikaseffect gegeven, dat staat voor de CO<sub>2</sub>-emissie (eenheid kg CO<sub>2</sub>-equivalent).

### 3.1 Materiaalprestatie

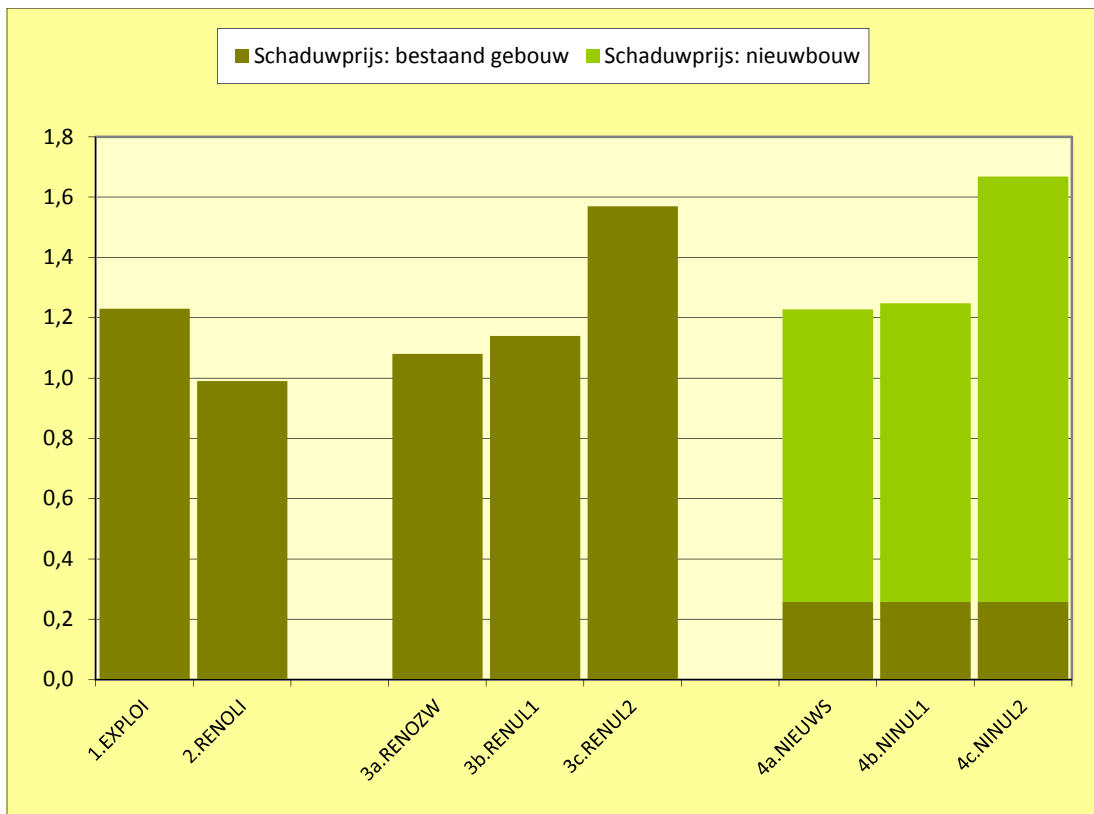
In de figuren is de totale materiaalgebonden milieubelasting opgebouwd uit:

- Bestaand: belasting door renovatie en onderhoud aan of restbelasting van het bestaande gebouw (mosgroen)
- Nieuw: belasting door bouw, renovatie en onderhoud van het nieuwe gebouw (lichtgroen)

In tabel 3.1 zijn de CO<sub>2</sub>-emissies en schaduwrijzen van de verschillende scenario's en varianten voor KAN1 bij elkaar gezet. In figuur 3.1 zijn de schaduwrijzen visueel weergegeven. De grafiek met CO<sub>2</sub>-emissies staat in bijlage 1.

Case / scenario	Schaduwrijzen				CO <sub>2</sub>			
	bestaand gebouw	Nieuwb.	totaal	t.o.v. referentie	bestaand gebouw	Nieuwb.	totaal	t.o.v. referentie
1.EXPLOI	1,23		1,23	100%	13,10		13,10	100%
2.RENOLI	0,99		0,99	80%	10,26		10,26	78%
3a.RENOZW	1,08		1,08	88%	11,14		11,14	85%
3b.RENUL1	1,14		1,14	93%	11,70		11,70	89%
3c.RENUL2	1,57		1,57	128%	15,30		15,30	117%
4a.NIEUWS	0,26	0,97	1,23	100%	2,74	10,44	13,18	101%
4b.NINUL1	0,26	0,99	1,25	101%	2,74	10,40	13,14	100%
4c.NINUL2	0,26	1,41	1,67	136%	2,74	13,80	16,54	126%

Tabel 3.1: Schaduwrijzen en CO<sub>2</sub>-emissie voor diverse scenario's

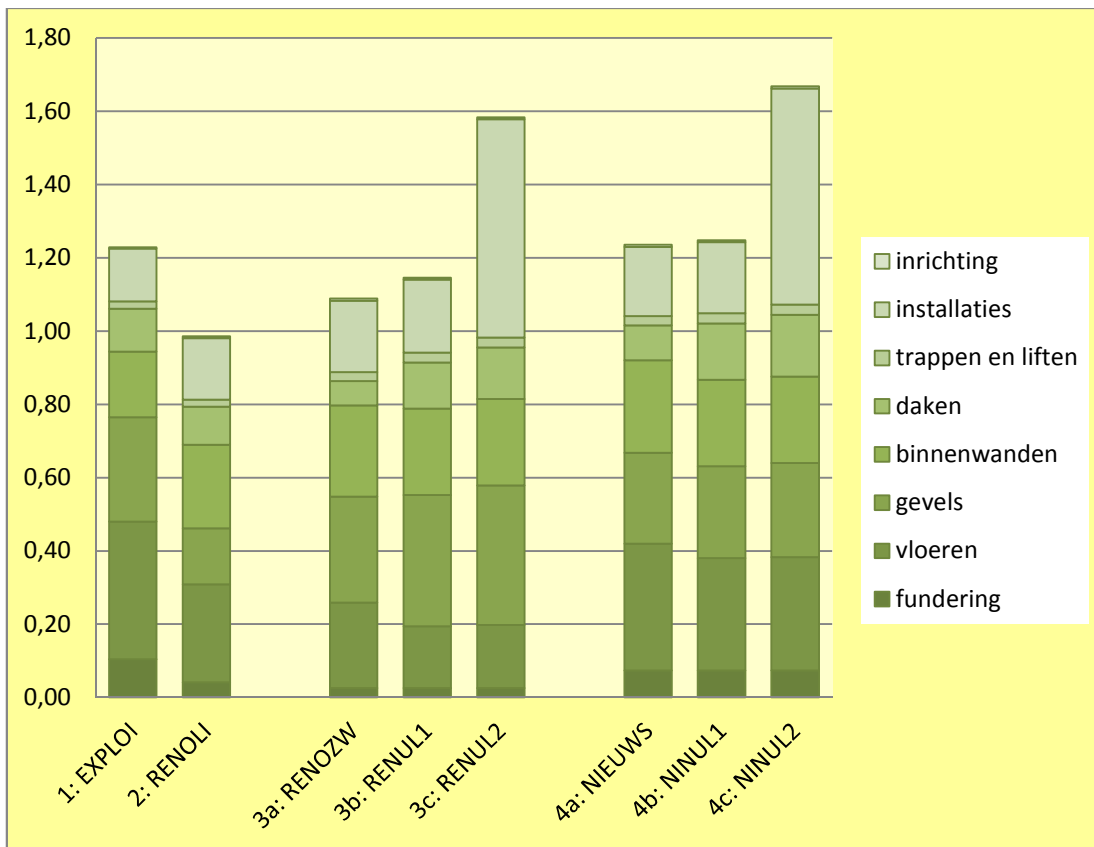


Figuur 3.1: Schaduwprijs materiaalgebruik bij diverse scenario's voor KAN1

Zowel bij de CO<sub>2</sub>-emissies als bij de schaduwrijzen blijkt de materiaalgebonden milieubelasting bij de zware renovatiescenario's lager is dan de milieubelasting bij sloop en nieuwbouw van een vergelijkbaar scenario. De milieubelasting van NIEUWS bijvoorbeeld is hoger dan de milieubelasting van RENOZW.

Bij scenario's RENUL2 (renovatie energie-nul PV) en NINUL2 (nieuwbouw energie-nul PV) is de materiaalgebonden milieubelasting duidelijk hoger dan bij de andere scenario's. Dit wordt veroorzaakt door de hoge materiaalgebonden milieubelasting van (een groot aantal) PV-panelen, zie figuur 3.2. De lichtgroene staafdelen zijn de installaties, waar de PV-panelen deel van uitmaken.

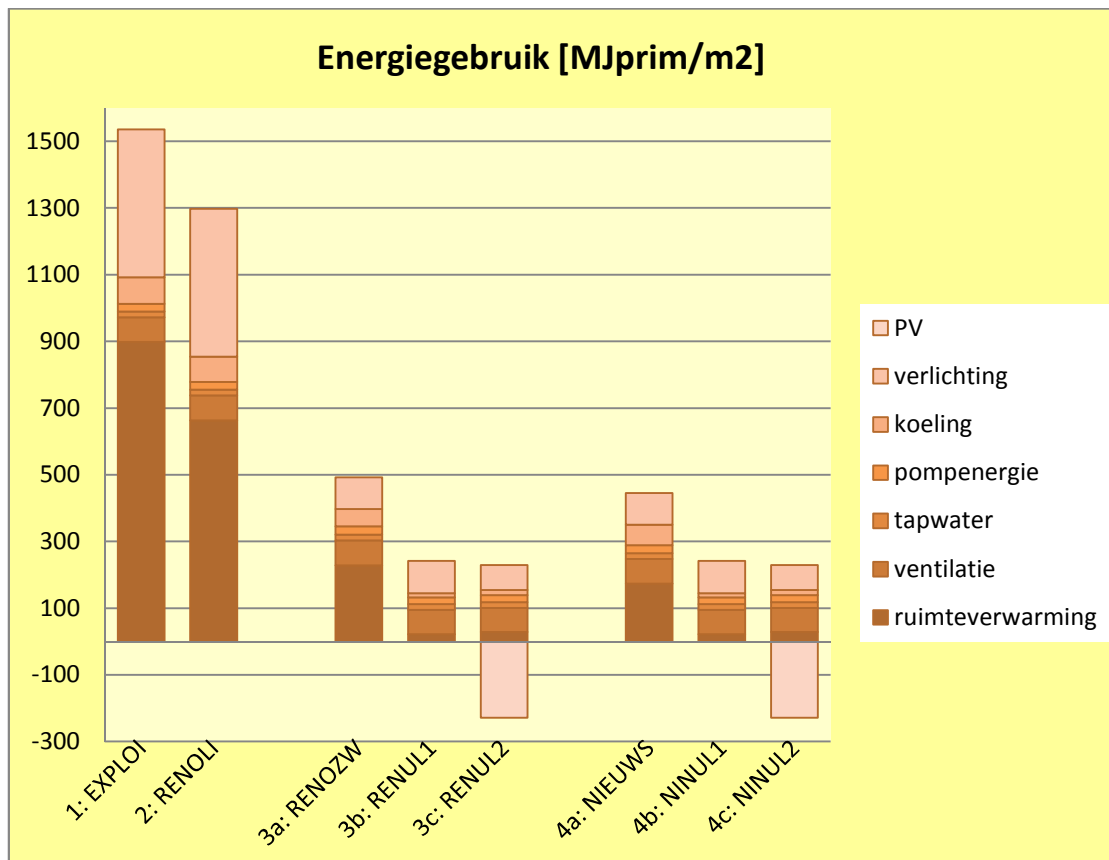




Figuur 3.2: Schaduwprijs per gebouwdeel bij diverse scenario's voor KAN1

### 3.2 Energieprestatie

In figuur 3.3 is het primair energiegebruik in MJ per m<sup>2</sup> bvo per jaar gegeven.



Figuur 3.3: Primair energiegebruik bij diverse scenario's voor KAN1

Uit figuur 3.3 blijkt dat voor ruimteverwarming en verlichting in de meeste scenario's het meeste energie nodig is. In de energie-nul scenario's is het aandeel ruimteverwarming in het totale energiegebruik echter klein. Dit komt doordat de gebouwen in deze scenario's extra goed geïsoleerd zijn, waardoor minder warmte verloren gaat door transmissie.

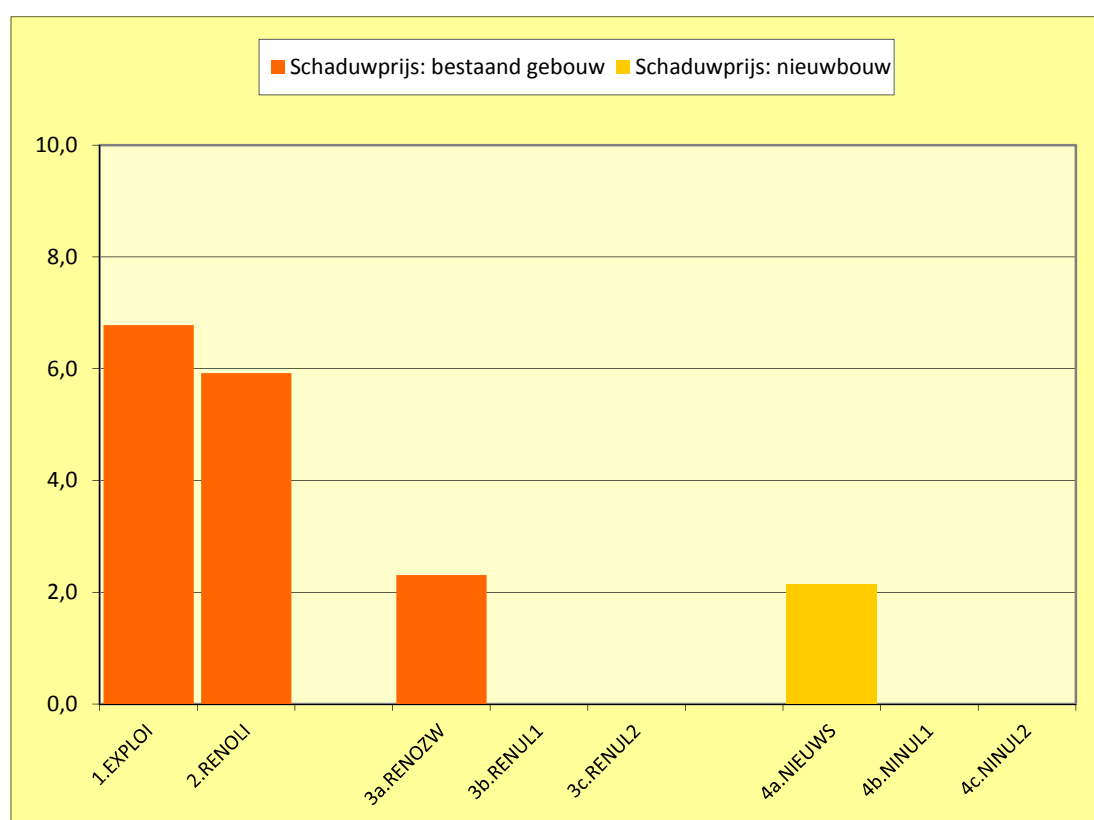
Daarnaast blijkt dat in scenario's RENUL2 en NINUL2 evenveel energie wordt opgewekt door de PV-panelen als wordt gebruikt voor ruimteverwarming, ventilatie, tapwater, pompenergie, koeling en verlichting.

Voor scenario's RENUL1 en NINUL1 geldt dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot ten gevolge van het energiegebruik gelijk is aan nul, omdat gebruik wordt gemaakt van energieneutrale biomassa (zie ook paragraaf 1.3).

In tabel 3.2 zijn de CO<sub>2</sub>-emissies en schaduwrijzen van de scenario's voor KAN1 bij elkaar gezet. In figuur 3.4 zijn de schaduwrijzen van de diverse scenario's visueel weergegeven. De grafiek met CO<sub>2</sub>-emissies staat in bijlage 2.

Case / scenario	Schaduwprijs				CO <sub>2</sub>			
	bestaand gebouw	Nieuwb.	totaal	t.o.v. referentie	bestaand gebouw	Nieuwb.	totaal	t.o.v. referentie
1.EXPLOI	6,78		6,78	100%	102,62		102,62	100%
2.RENOLI	5,92		5,92	87%	88,48		88,48	86%
3a.RENOZW	2,31		2,31	34%	34,20		34,20	33%
3b.RENUL1	0,00		0,00	0%	0,00		0,00	0%
3c.RENUL2	0,00		0,00	0%	0,00		0,00	0%
4a.NIEUWS	0,00	2,15	2,15	32%	0,00	31,43	31,43	31%
4b.NINUL1	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%
4c.NINUL2	0,00	0,00	0,00	0%	0,00	0,00	0,00	0%

Tabel 3.2: Schaduwprijs en CO<sub>2</sub>-emissie voor diverse scenario's



Figuur 3.4: Schaduwprijs energiegebruik bij diverse scenario's voor KAN1

Uit figuur 3.4 blijkt dat de schaduwprijs door energiegebruik bij energie-nul scenario's gelijk is aan nul. Dit komt overeen met de aanname voor deze scenario's dat de milieubelasting ten gevolge van energiegebruik gelijk moest zijn aan nul.

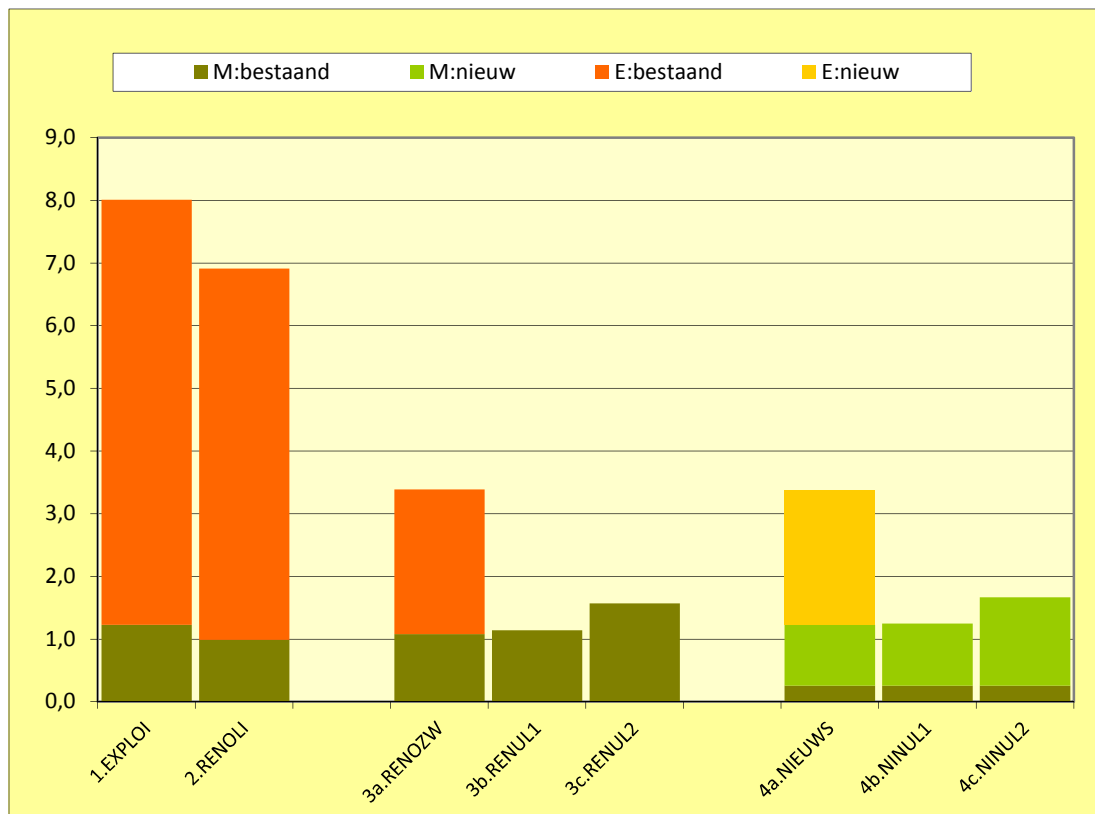
### 3.3 Integrale milieuprestatie

De centrale vraagstelling in het onderzoek is inzicht in de mogelijkheden om de milieueffecten van de huisvesting te verbeteren. De integrale prestatie (Materiaal en Energie) geeft inzicht in de milieuconsequenties van die mogelijkheden. De 'groene' tinten verwijzen naar de materiaalgeladen belasting (paragraaf 3.1) en de 'oranje' tinten naar de energiegebonden belasting (paragraaf 3.2). In

tabel 3.3 en figuur 3.5 is de schaduwprijs voor de verschillende scenario's voor KAN1 gegeven. De tabel en grafiek met CO<sub>2</sub>-emissies staan in bijlage 3.

Schaduwprijs						
Case / scenario	M:bestaand	M:nieuw	E:bestaand	E:nieuw	totaal	t.o.v. referentie
1.EXPLOI	1,23	0,00	6,78	0,00	8,01	100%
2.RENOLI	0,99	0,00	5,92	0,00	6,91	86%
3a.RENOZW	1,08	0,00	2,31	0,00	3,39	42%
3b.RENUL1	1,14	0,00	0,00	0,00	1,14	14%
3c.RENUL2	1,57	0,00	0,00	0,00	1,57	20%
4a.NIEUWS	0,26	0,97	0,00	2,15	3,38	42%
4b.NINUL1	0,26	0,99	0,00	0,00	1,25	16%
4c.NINUL2	0,26	1,41	0,00	0,00	1,67	21%

Tabel 3.3: Schaduwprijs voor diverse scenario's



Figuur 3.5: schaduwprijs (energie en materialen) bij KAN1

Uit figuur 3.5 blijkt dat de energie-nul scenario's, zowel zware renovatie als sloop en nieuwbouw, een aanzienlijk lagere milieubelasting hebben dan de overige scenario's. Dit komt doordat de milieubelasting ten gevolge van energieverbruik voor deze scenario's gelijk is aan nul. De integrale milieubelasting wordt in deze scenario's uitsluitend bepaald door het materiaalgebruik. Bij scenario RENUL1 is de integrale milieubelasting het laagst.

### 3.4 Kanttekening bij de resultaten

De kanttekeningen uit het 'basisonderzoek' zijn ook voor dit vervolgonderzoek van toepassing. Daarnaast gelden de volgende extra kanttekeningen bij dit onderzoek:

#### **Energie-nul**

In dit onderzoek is voor alle scenario's alleen het gebouwgebonden energiegebruik meegenomen. De energie-nul varianten zijn dan ook alleen CO<sub>2</sub>- en/of energieneutraal (zie paragraaf 1.3) voor dit deel van het energiegebruik en niet voor het gebruikersdeel en het materiaalgebonden deel.

#### **Biomassa**

In de energie-nul varianten met biomassa (RENUL1 en NINUL1) is uitgegaan van CO<sub>2</sub>-neutrale biomassa. Als bewijs voor de CO<sub>2</sub>-neutraliteit van biomassa zijn certificaten nodig (zie paragraaf 1.3).

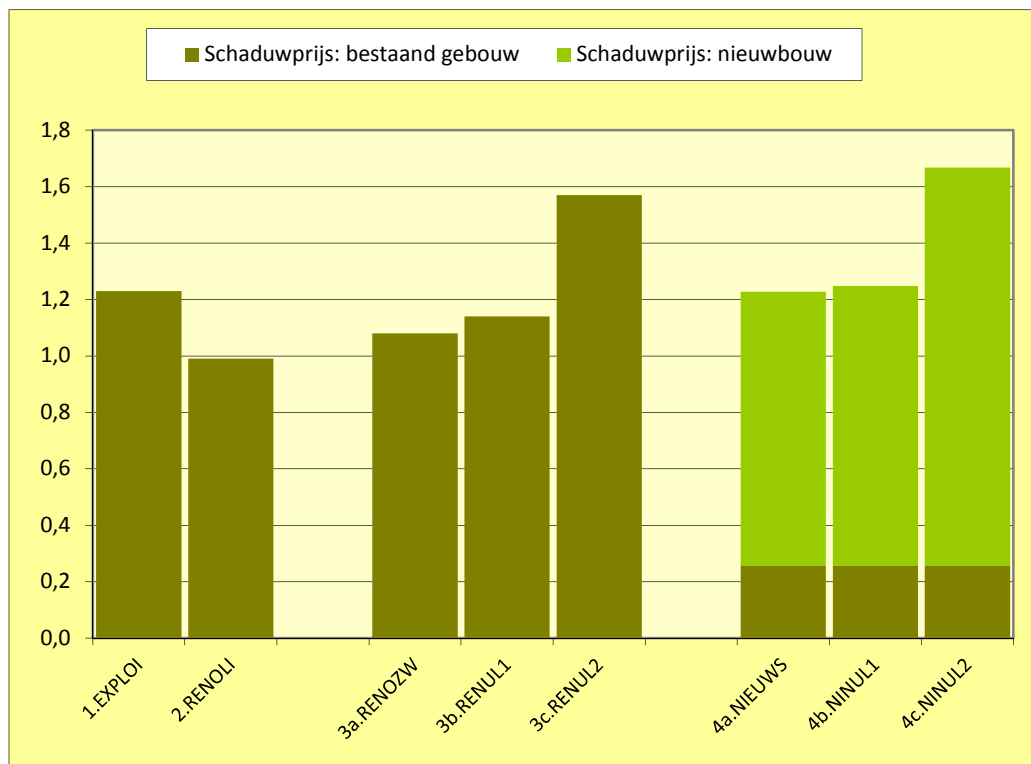
## 4 Conclusies

In dit onderzoek is het 'basisonderzoek' aangevuld met een vier extra energie-nul scenario's, twee voor zware renovatie en twee voor sloop en nieuwbouw. In paragraaf 3.3 is een aantal kanttekeningen bij dit onderzoek geplaatst. Met deze kanttekeningen in het achterhoofd kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

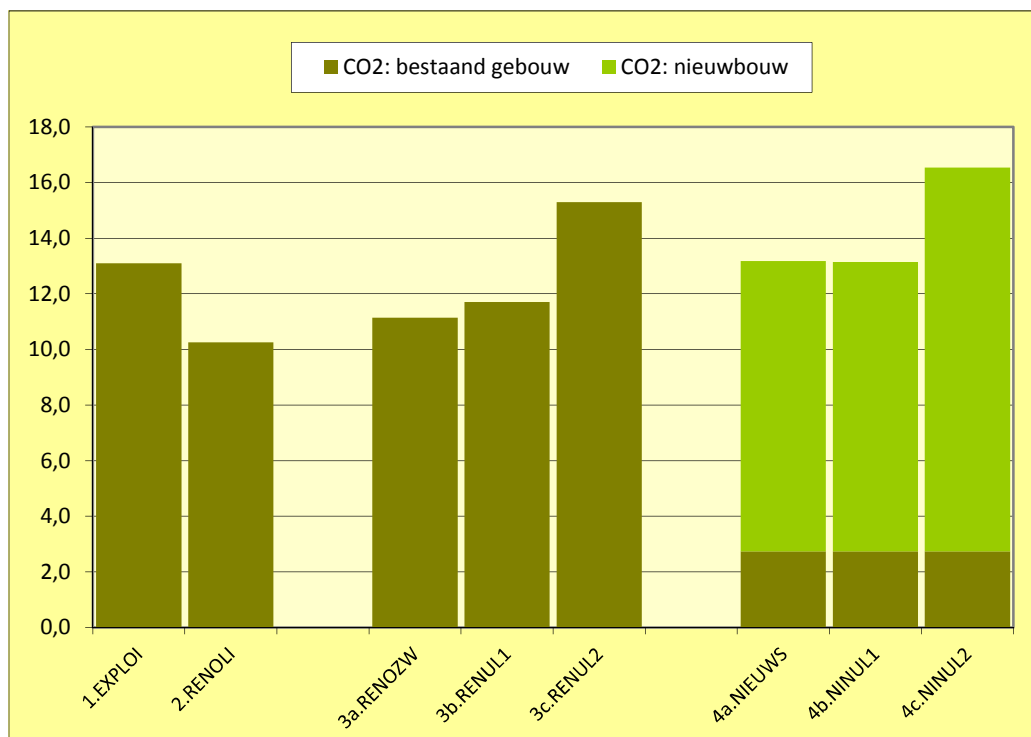
- Er is geen reden om aan te nemen dat het binnenklimaat van energie-nul kantoren slechter is dan bij "gewone" nieuwbouwkantoren. Gezondheid van mensen die in een energie-nul kantoor werken zal dan ook niet slechter zijn door invloed van het gebouw dan van mensen die in een "normaal" kantoor werken. De duurzaamheid van People (triple P model) wordt dan ook gewaarborgd in energie-nul kantoren.
- De integrale milieubelasting van de energie-nul scenario's is aanzienlijk lager dan de milieubelasting van de andere scenario's. De oorzaak hiervoor is dat milieubelasting ten gevolge van energiegebruik gelijk is aan nul. De integrale milieubelasting van deze scenario's wordt dus alleen veroorzaakt door het materiaalgebruik.
- Het verschil in milieubelasting van de energie-nul scenario's onderling is aanzienlijk. De schaduwprijs van RENUL2 is circa 1,4 keer zo hoog als schaduwprijs van RENUL1. Deze schaduwprijs (milieubelasting) wordt voor 100% veroorzaakt door materiaalgebruik. In de toekomst, met steeds hogere eisen voor de energieprestatie van gebouwen, heeft de milieubelasting door materiaalgebruik een steeds groter aandeel in de integrale milieubelasting. Voor het scenario waarin het gebouw uit 1980 niet energetisch wordt verbeterd is het aandeel van materialen ca. 12% van de integrale milieubelasting. Voor de zware renovatie en de nieuwbouw met energieprestatie van 2011 is dat ca. 33% en voor de energie-nul scenario's dus 100%. De keuze van toe te passen materialen bij zware renovatie of nieuwbouw wordt dus steeds belangrijker voor de integrale milieubelasting.

# Bijlage 1: Rekenresultaten Materiaal

## Schaduwprijs

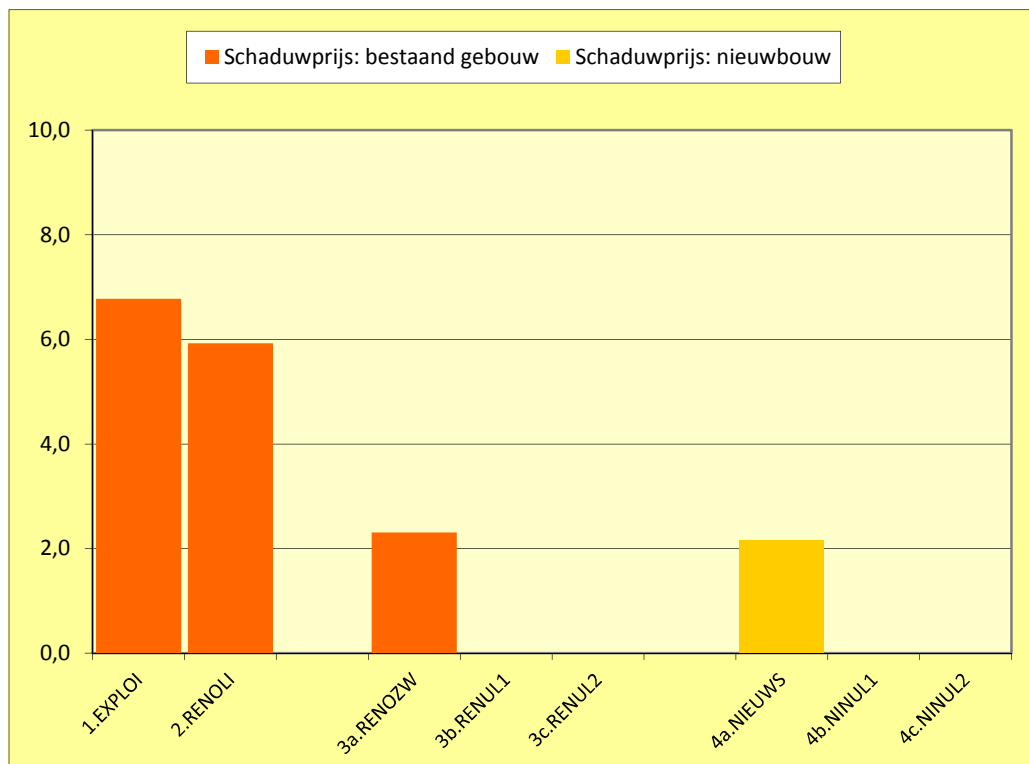


## CO<sub>2</sub>-emissie

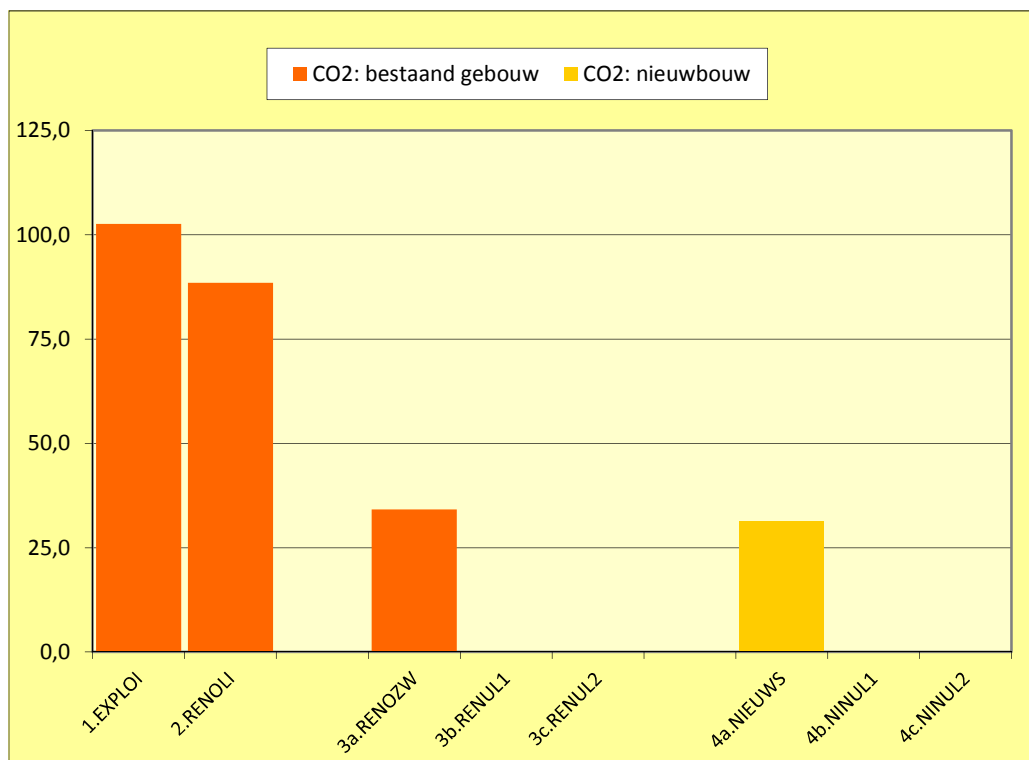


## Bijlage 2: Rekenresultaten Energie

### Schaduwprijs



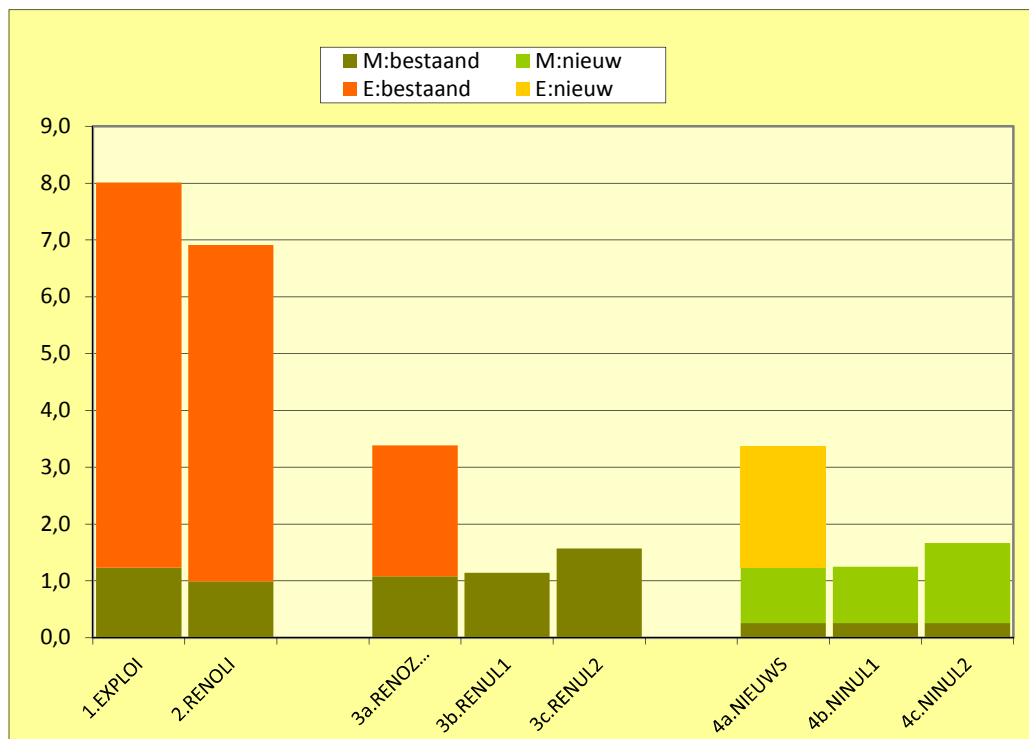
### CO<sub>2</sub>-emissie



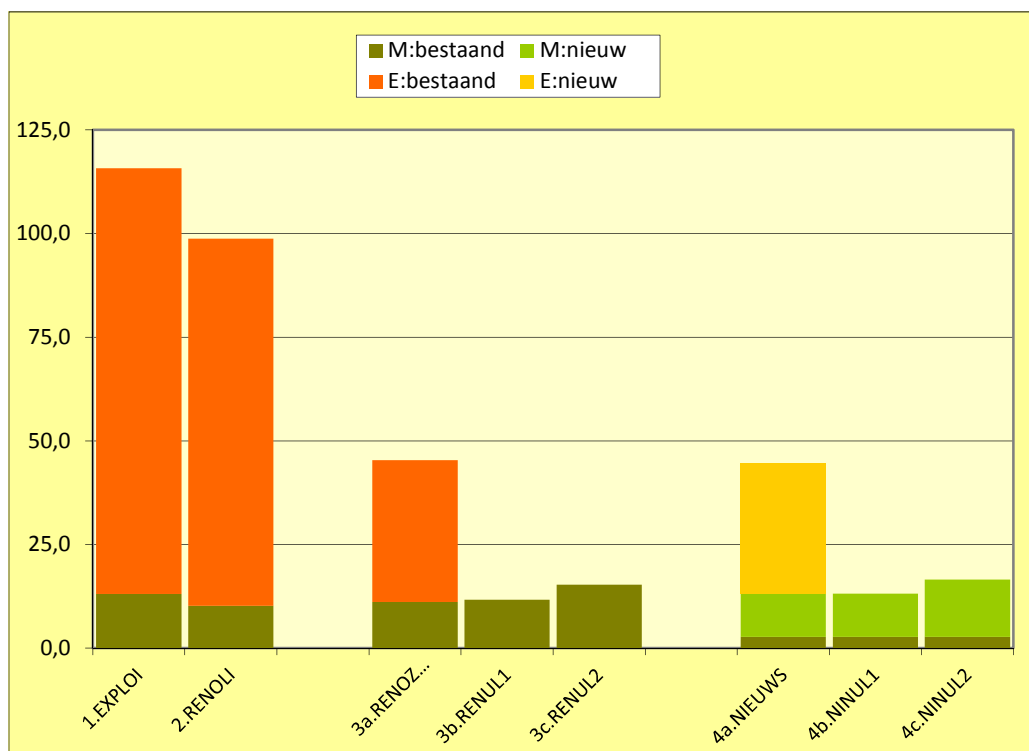


## Bijlage 3: Rekenresultaten Integraal

### Schaduwprijs



### CO<sub>2</sub>-emissie



Schaduwprijs						
Case / scenario	M:bestaand	M:nieuw	E:bestaand	E:nieuw	totaal	t.o.v. referentie
1.EXPLOI	1,23	0,00	6,78	0,00	8,01	100%
2.RENOLI	0,99	0,00	5,92	0,00	6,91	86%
3a.RENOZW	1,08	0,00	2,31	0,00	3,39	42%
3b.RENUL1	1,14	0,00	0,00	0,00	1,14	14%
3c.RENUL2	1,57	0,00	0,00	0,00	1,57	20%
4a.NIEUWS	0,26	0,97	0,00	2,15	3,38	42%
4b.NINUL1	0,26	0,99	0,00	0,00	1,25	16%
4c.NINUL2	0,26	1,41	0,00	0,00	1,67	21%
CO <sub>2</sub>						
Case / scenario	M:bestaand	M:nieuw	E:bestaand	E:nieuw	totaal	t.o.v. referentie
1.EXPLOI	13,10	0,00	102,62	0,00	115,72	100%
2.RENOLI	10,26	0,00	88,48	0,00	98,74	85%
3a.RENOZW	11,14	0,00	34,20	0,00	45,34	39%
3b.RENUL1	11,70	0,00	0,00	0,00	11,70	10%
3c.RENUL2	15,30	0,00	0,00	0,00	15,30	13%
4a.NIEUWS	2,74	10,44	0,00	31,43	44,61	39%
4b.NINUL1	2,74	10,40	0,00	0,00	13,14	11%
4c.NINUL2	2,74	13,80	0,00	0,00	16,54	14%

