

Kiezen voor nieuwbouw of het verbeteren van het huidige kantoor

Eindrapport

Agentschap-NL referentienummer KP33091013



Kiezen voor nieuwbouw of het verbeteren van het huidige kantoor

Opdrachtgever

Agentschap-NL
Postbus 8242
3503 RE Utrecht
Bezoekadres: Croeselaan 15
Contactpersoon: ir J.A.J. Korbee
T (030) 239 3759
E 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^E, Utrecht
Contactpersoon: ir D.A.F Anink
T (030) 677 8777
E anink@w-e.nl

W/E-7576
Utrecht, 7 juni 2010



Inhoudsopgave

Management samenvatting	4
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Leeswijzer	9
2 Inventarisatie	10
2.1 Afbakeningen	10
2.2 Bepalingsmethoden per thema	11
2.3 Instrumenten Duurzame (kantoor)gebouwen	14
2.4 Relevante benaderingen	23
3 Toegepaste bepalingmethoden	27
3.1 Selectie van thema's	27
3.2 Berekening: materiaalprestatie	28
3.3 Berekening: energieprestatie	34
3.4 Berekening: ruimtebeslag	36
3.5 Combinatie tot integraal 'afwegingsmodel'	37
4 Scenariostudie	39
4.1 Cases: 6 kantoorgebouwen	39
4.2 Keuze scenario's	42
4.3 Uitwerking Scenario's	46
4.4 Kanttekeningen bij scenario's	51
5 Resultaten en analyse scenariostudie	53
5.1 Materiaalprestatie	53
5.2 Energieprestatie	60
5.3 Integrale prestatie	67
5.4 Ruimtebeslag	69
5.5 Gebouwkwaliteit	71
5.6 Kanttekeningen bij resultaten	73
6 Conclusies en aanbevelingen	75
6.1 Conclusies keuze handelingsopties	75
6.2 Conclusies voor het afwegingskader en bepalingmethoden	77
6.3 Aanbevelingen	78
Bijlage 1: Rekenresultaten Materiaal	80
Bijlage 2: Rekenresultaten Energie	82
Bijlage 3: Rekenresultaten Integraal	84



Management samenvatting

In opdracht van Agentschap NL heeft W/E adviseurs deze studie verricht naar de milieuconsequenties van de keuze voor een nieuw kantoor of (het verbeteren van) een bestaand gebouw. Een klankbordgroep waarin vertegenwoordigd IVBN, NEPROM, RGD, ING-REIM, TNT Real Estate en DTZ Zadelhoff heeft op twee bijeenkomsten de opzet van de studie respectievelijk de concept-eindrapportage becommentarieerd.

Centrale vraag in de studie was: wat zijn de milieuconsequenties van nieuwbouw -al dan niet gecombineerd met een periode van leegstand van het bestaande pand- ten opzichte van doorexploiteren van het bestaande pand - al dan niet na verbeteringen-. Met daarbij te onderscheiden het energiegebruik, materiaalgebruik en ruimtegebruik.

Focus: milieu (planet)

In de studie is gekozen voor een LCA-benadering, waarin alle relevante milieueffecten met betrekking tot energie- en materiaalgebruik worden gekwantificeerd. De afbakening tot louter het aspect 'planet' is essentieel voor de juiste interpretatie van de resultaten. Deze afbakening 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: nieuwbouw of verbetering van bestaande gebouwen.

Benadering: de duurzame klant als koning

De huidige kantorenmarkt wordt gekenmerkt door een groot aanbod van kantoren en een achterblijvende opname. In principe geniet de huurder een grote mate van keuzevrijheid. Basis voor de studie is daarom de vraag geweest in welke richting deze keuze gaat, indien de huurder ook het aspect duurzaamheid wil betrekken bij het invullen van de keuze.

Vijf scenario's

In overleg de klankbordgroep is gekomen tot 5 scenario's:

1. een pand in ongewijzigde vorm huren;
2. een pand na lichte renovatie huren (vernieuwd: binnenwanden, plafonds, installaties)
3. een pand na ingrijpende renovatie huren (gebouw geheel gestript, dus ook gevels);
4. een nieuwbouwpand huren & slopen bestaande pand
5. een nieuwbouwpand huren & slopen bestaande pand na een periode van leegstand.

Bij ongewijzigd doorexploiteren is uitgegaan van een resterende levensduur van het pand van 10 jaar. Aangenomen is dat het restant levensduur bij licht renoveren 25 jaar is, en bij ingrijpende renoveren 40 jaar. In deze 40 jaar is na 25 jaar een lichte renovatie verondersteld. Voor nieuwbouw is een levensduur van 50 jaar aangehouden met na 25 jaar een lichte renovatie.

Zes referentiekantoren

In de studie is gekozen voor een benadering op basis van referentiegebouwen. Dit maakt het mogelijk generieke uitspraken te doen, die in de praktijk met concrete gebouwgegevens gespecificeerd kunnen worden. Het onderzoek maakt gebruik van twee referentiekantoren van 3.000 respectievelijk 18.000 m²bvo en de bouwjaren 1980, 1990 en 2000. De scenario's met ingrijpende renovatie of sloop en nieuwbouw zijn niet reëel voor de gebouwen met bouwjaar 2000 en zijn daarom achterwege gebleven. De

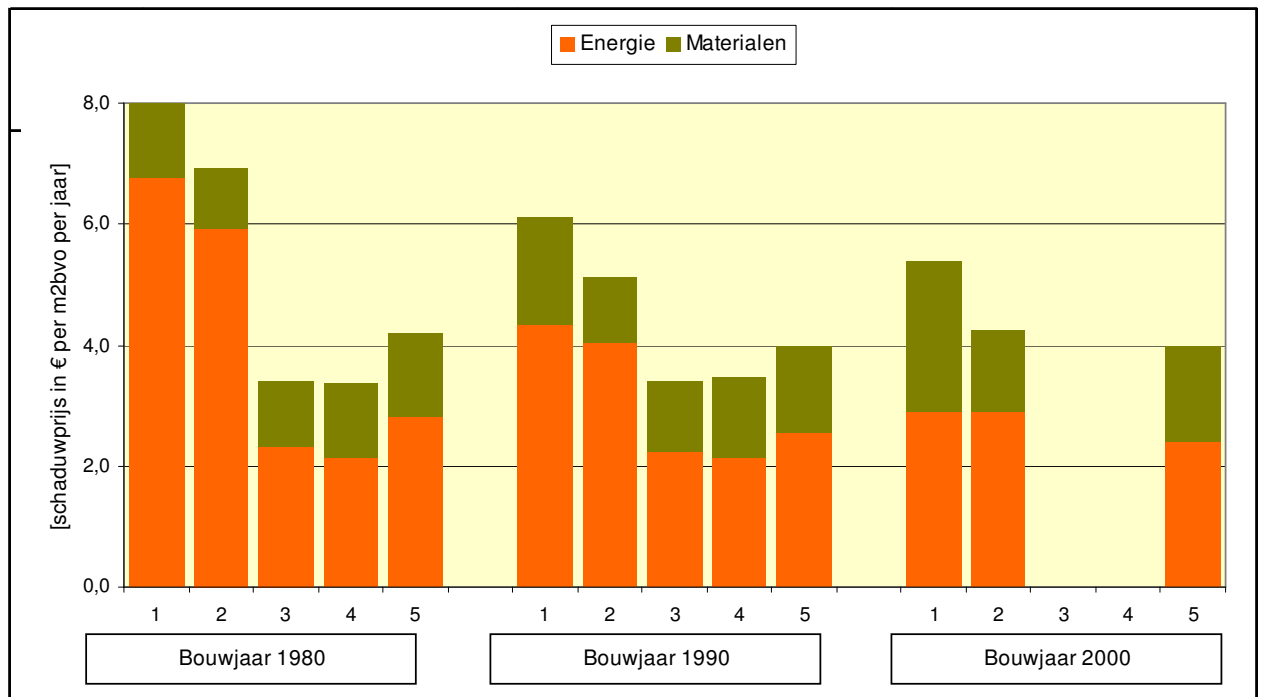
combinatie van referenties en scenario's levert 26 varianten op, waarvoor de milieueffecten zijn berekend. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van GPR Gebouw 4.1.

Resultaat

Onderstaande figuur geeft de resultaten van de studie weer voor het referentiegebouw van 3.000 m² met als bouwjaar 1980, 1990 of 2000. De milieubelasting is weergegeven als schaduwprijs in € per m²bvo per jaar. De schaduwprijs ontstaat door de sommatie van 9 milieueffecten, zoals het broeikaseffect. De weegfactor per milieueffect is gebaseerd op de gedachte dat de schaduwprijs het voor de overheid hoogste toelaatbare kostenniveau per eenheid emissiebestrijding is. De resultaten voor het referentiegebouw van 18.000 m² geven hetzelfde beeld, maar de verschillen tussen de varianten zijn in absolute zin minder groot. Uit de figuur wordt duidelijk dat de duurzame klant inderdaad voor een relevante keuze staat, zeker als het bouwjaar 1990 of eerder is. Aan de hand van 6 conclusies zal het resultaat nader worden toegelicht.

Figuur: integrale milieubelasting bij de vijf scenario's:

1. een pand in ongewijzigde vorm huren;
2. een pand na lichte renovatie huren;
3. een pand na ingrijpende renovatie huren;
4. een nieuwbouwpand huren & slopen bestaande pand;
5. een nieuwbouwpand huren & slopen bestaande pand na leegstand.



Conclusies

1. *Energievraag is dominant*

Door de onderzochte varianten te voorzien van een energielabel is duidelijk: alle varianten zonder groen label (D of hoger) geven een hoge milieubelasting. Indien het scenario met licht renoveren niet leidt tot een groen label blijft de milieubelasting hoog. Een ingrijpende renovatie of slopen & nieuw bouwen resteren dan als milieuverantwoorde opties. Bij Duurzaam Inkopen kiest de Rijksoverheid voor minimaal een C-label. De resultaten van de studie ondersteunen deze keuze.
2. *Bij een groen label zijn de verschillen klein*

Bij varianten met een groen label (A, B of C) is beeld genuanceerder. Opmerkelijk is het resultaat dat de varianten met ingrijpend renoveren en slopen & nieuw bouwen qua milieubelasting elkaar weinig ontlopen. Dit geldt ook voor de variant met een lichte renovatie, mits conform conclusie 1 een groen label is verkregen. Kanttekening is dat deze conclusie geldt voor de in deze studie gekozen uitwerkingen. Vooral bij de ingrijpende renovatie zal de bandbreedte groot zijn (afhankelijk ingreepniveau en restlevensduur).
3. *Leegstand belast het milieu*

Vergelijk van de scenario's 4 en 5 toont het effect van langdurige leegstand. Energiegebruik en onderhoud lopen (gedeeltelijk) door, zonder dat er nuttig gebruik is. Alle varianten met leegstand tonen een relatief ongunstig resultaat.
4. *Functionele levensduur heeft grote invloed*

De gunstige uitkomsten voor de scenario's met ingrijpend renoveren en met slopen & nieuw bouwen zijn, naast de dominante invloed van het energiegebruik, vooral het gevolg van het gegeven dat de toegepaste materialen over een lange periode kunnen worden afgeschreven. Omgekeerd hebben gebouwen met een korte levensduur een relatief hoge milieubelasting als gevolg van materiaalgebruik. Het is daarom vanuit duurzaamheidsoogpunt van groot belang om flexibele, aanpasbare gebouwen te (ver)bouwen met een lange functionele levensduur.
5. *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 verbeterd, is het aandeel in de milieubelasting van het materiaalgebruik groter.
6. *Energienuit 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.

Aanbevelingen

1. Resultaten van de studie zijn helder, robuust en leggen grote verschillen in milieubelasting bloot. Het verdient daarom aanbeveling om de resultaten ruime bekendheid te geven bij alle relevante publieke en private partijen.
2. Om een integrale en zorgvuldige afweging te kunnen maken zijn vergelijkbare bouwstenen nodig voor de onderdelen 'profit' en 'people'. Het verdient aanbeveling om hiernaar geëigende studies te laten verrichten.



3. Bij een aantal keuzevarianten liggen de resultaten zo dicht bijeen dat de invulling met concrete projectgegevens doorslaggevend zal zijn. Het verdient daarom aanbeveling om dit aan de hand van een aantal praktijksituaties nader in beeld te brengen.
4. 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.
5. Koplopers in de bouw laten zien dat nu al nulenergie 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 korte veldverkenning en rekenstudie te verrichten.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het beeld bestaat dat duurzaamheid vooral te bereiken is door nieuw te bouwen. De aanscherping van eisen voor nieuwbouw in het Bouwbesluit en het achterwege blijven van eisen voor bestaande gebouwen verscherpt dit. Aandacht voor het verduurzamen van bestaande kantoren dreigt op de achtergrond te blijven. IVBN pleit voor verduurzamen van de bestaande voorraad en het terugdringen van de bestaande leegstand. Zij wil dat de keuze voor nieuw vastgoed gebaseerd wordt op het saldo van positieve en negatieve milieueffecten. WWI en Agentschap-NL erkennen de problematiek en heeft W/E adviseurs opdracht verleend voor een onderzoek, waarmee meer grip verkregen wordt op de afweging tussen het nieuw bouwen of het verbeteren van bestaande kantoren.

Doelen van dit onderzoek zijn:

- inzicht geven in de milieuconsequenties van sloop/nieuwbouw en het verbeteren van bestaande kantoren, met een onderscheid naar direct en indirect energieverbruik en overige milieuaspecten;
- gevoeligheidsanalyse van de gebouweigenschappen die een dominante bijdrage aan de milieuconsequenties leveren, en daarom aandacht vragen in het afwegingsproces nieuwbouw of verbeteren.

De inzichten willen WWI en Agentschap-NL gebruiken in discussies met anderen en voor het inzetten van eventuele vervolgvactiteiten. Subdoelen van het onderzoek zijn het gebruik van de inzichten in de Advisory Group van de DGBC bij de ontwikkeling van BREEAM Bestaande Bouw, en het voorzien van de Taskforce Duurzaamheid van IVBN van objectieve informatie.

Het onderwerp kent vele facetten en raakvlakken. Agentschap-NL heeft daarom een scherpe afbakening aan deze studie meegegeven:

- het keuzemoment voor eindgebruiker om voor einde van huurcontract te gaan verduurzamen of te verhuizen naar nieuwbouw;
- duurzaamheid is afgebakend tot aspecten van 'Planet';
- gangbare naoorlogse kantoren van 2.500 tot 25.000 m²bvo;
- GEEN financiële en sociale aspecten (People en Profit)..



Figuur 1.1: Volkskrant 20-6-09

1.2 Leeswijzer

Deze rapportage heeft een onderzoeksmatige indeling en volgt de verschillende fasen en werkzaamheden in het project.

- Hoofdstuk 2: Inventarisatie
Er is een beknopte inventarisatie uitgevoerd van de bestaande en toepasbare methoden, die relevant zijn voor de afweging tussen nieuwbouw of verbetering van kantoorgebouwen. Hieronder valt ook informatie over de context.
- Hoofdstuk 3: Toegepaste bepalingsmethoden
Hierin is beschreven welke parameters binnen de afbakening relevant zijn en voor welke bepalingsmethoden is gekozen.
- Hoofdstuk 4: Scenariostudie
Door middel van cases en scenario's zijn een aantal huisvestingsopgaven gemodelleerd. De cases en scenario's zijn in dit hoofdstuk uitgewerkt.
- Hoofdstuk 5: Resultaten en analyse
De combinatie van cases en scenario's leverde 26 rekensessies op. De rekenresultaten zijn in beeld en tekst gepresenteerd. Er is een analyse uitgevoerd gericht op de in de doelstellingen gevraagde inzichten.
- Hoofdstuk 6: Conclusies en aanbevelingen
De conclusies hebben betrekking op in de scenariostudie verkregen inzichten. Daarnaast ook op de bruikbaarheid van de gebruikte bepalingsmethoden. De aanbevelingen zijn gericht zijn op de invulling van witte vlekken en verbreding van het onderwerp.

2 Inventarisatie

Als start van deze studie heeft W/E adviseurs een inventarisatie uitgevoerd van benaderingen en waarderingsmethoden, die relevant zijn voor de afweging tussen nieuwbouw of verbetering van kantorgebouwen. Bij de inventarisatie is bewust niet gestreefd naar volledigheid. Er zijn al vele onderzoeken uitgevoerd waarbij de waarderingsmethoden zijn verzameld en vergeleken. De inventarisatie en beschrijving/vergelijking van de waarderingsmethoden is in deze studie geen doel op zich. De inventarisatie moet vooral waarborgen dat er geen relevante benaderingen worden gemist. De verslaglegging ten aanzien van de beschouwde waarderingsmethoden is beperkt tot een opsomming, met, waar relevant voor de studie, een korte uitwijding. Er is hierbij een opsplitsing gemaakt in:

1. Bepalingsmethoden per thema (paragraaf 2.2)
2. Instrumenten Duurzame (kantoor)gebouwen (paragraaf 2.3)
3. Relevante benaderingen (paragraaf 2.4)

2.1 Afbakeningen

Door de opdrachtgever is een duidelijke afbakening meegegeven. De inventarisatie is gericht op de afweging op basis van duurzaamheid. Onder andere financiële waarderingsmethoden zijn buiten beschouwing gebleven.

Breed geaccepteerd is de 3P-benadering. Er is pas sprake van duurzaamheid als de aspecten Planet, People en Profit in balans zijn. Een energiezuinig kantoor, waar problemen met de toegankelijkheid zijn, wordt niet als duurzaam gezien. Figuur 2.1 toont dat gezondheid een People-aspect, met grote invloed op Planet en Prosperity is.

Kengetallen voor de effecten van het binnenmilieu in kantoren op productiviteit en ziekteverzuim		
	Productiviteitswinst	Ziekteverzuimvermindering
Binnenmilieu als geheel goed	10-15%	2,5 procentpunt
Geen luchtvervuilingsbron	3-7%	1,5 procentpunt
Voldoende ventilatie	1-2%	0,5 procentpunt
Temperatuur regelbaar	2-3%	0,5 procentpunt
Temp. niet te hoog of te laag	7%	-
Kamerkantoor (max. 4 pers.)	2-4%	Vermindering*
Goede verlichting	2-3%	-
Daglichttoetreding	-	0,5 procentpunt
Goede beeldschermernomie	Winst*	-
Minder geluidhinder	3-9%	-

** er is aangetoond dat er winst in productiviteit of vermindering van het ziekteverzuim is, de hoogte van de toename respectievelijk afname kon echter niet exact vastgesteld worden.*

Figuur 2.1: relatie tussen binnenmilieu en productiviteit¹

¹ Bron: Praktijkboek Gezonde Gebouwen; uitgave van SBR en ISSO



Een directe relatie van de aspecten People en Prosperity met het aspect Planet betreft de gebouwlevensduur en daarmee de materiaalgebonden milieubelasting. Vanwege de interactie worden People en Prosperity in deze inventarisatie toch kort belicht.

2.2 Bepalingsmethoden per thema

Energieprestatie

Voor energieverbruik in de gebruiksfase wordt het energieprestatie gerelateerde energieverbruik aangehouden. De Energieprestatie-coëfficiënt (EPC) is een maat voor de energetische eigenschappen van een gebouw inclusief gebouwinstallatie. Het geeft de verhouding weer tussen het karakteristieke energieverbruik en het genormeerde energiegebruik van de woning. De EPC wordt bepaald aan de hand van de genormeerde methode, de energieprestatienorm (EPN). De norm is beschreven in NEN 5128 (woningen) en NEN 2916 (utiliteitsgebouwen).

Het karakteristieke energieverbruik is de som van het berekende primaire energieverbruik voor ruimteverwarming, warmtapwater, ventilatie, verlichting, koeling en bevochtiging, met aftrek van het vermeden primair energieverbruik door elektriciteitsproductie door middel van gebouwgebonden fotovoltaïsche cellen. Het genormeerde energieverbruik is afhankelijk van de verwarmde zones in de woning en de totale verliesoppervlakte van de woning.

Voor de huidige bestaande bouw zijn het Besluit Energiebesparing Gebouwen (BEG) en Regeling Energiebesparing Gebouwen (REG) van toepassing. Hierin wordt geëist gebruik te maken van gecertificeerde EPA adviseurs en geattesteerde EPA-software (conform BRL9500 en 9501). Deze BRL's verwijzen vervolgens naar de ISSO-publicaties 75, 82 en 54. In ISSO 75 en 82 zijn de EPA bepalingen- en opnamemethoden beschreven voor zowel het wettelijk verplichte EP-certificaat alsook het Maatwerkadvies (EPA). ISSO 54 EDR (Energie Diagnose Referentie) geeft de eisen te stellen aan de berekeningssoftware.

De Energie Index (EI) is een maat voor de energieprestatie van een bestaand gebouw. Hoe lager de EI, hoe beter de energetische eigenschappen van het gebouw. De EI maakt het mogelijk de energieprestatie van de woning te vergelijken met die van andere woningen van een vergelijkbaar type. Op basis van de EI krijgt de woning een energielabel toegekend. Het energielabel geeft met letters A tot en met G de energiezuinigheid van de woning aan. Klasse A staat hierbij voor zuinig en is donkergroen gekleurd, klasse G staat voor onzuinig en is rood gekleurd.

Materiaalprestatie

In Nederland is er verregaande consensus over de wijze waarop de materiaalgebonden milieuprestatie van gebouwen wordt bepaald. Onderstaande tekst (zie kader) is afkomstig van uit het Dossier Duurzaam bouwen en verbouwen op de VROM-site.

Duurzaam bouwen en verbouwen

Harmonisatie bepaling materiaalgebonden milieuprestatie gebouwen

In 2008 is de Handleiding Milieuprestaties Gebouwen tot stand gekomen. Deze publicatie is gemaakt in verband met de harmonisatie van bestaande instrumenten en bepalingsmethoden voor de berekening van milieueffecten van materiaalgebruik in gebouwen. Ook werken marktpartijen momenteel aan een geharmoniseerde database als normatieve input voor milieueffectberekeningen conform de Handleiding.

Handleiding Milieuprestaties Gebouwen

Basis voor de milieueffectberekening van gebouwen, het bepalen van de milieuscore of integrale milieuprestatie van het gebouw gedurende zijn levensloop, is de milieulevenscyclusanalyse (LCA).

In Nederland worden aan de hand van die methode diverse "instrumenten" ingezet om de milieu-effecten van gebouwen en bouwwerken te kunnen bepalen (waaronder GreenCalc, EcoQuantum, GPR Gebouw en DuboCalc voor in de Grond-, Weg- en Waterbouwsector).

Deze instrumenten berekenen de milieueffecten van het materiaalgebruik voor de realisatie van het gebouw of het bouwwerk, maar geven nu een verschillende uitkomst, doordat verschillende milieudata als invoer worden gebruikt voor het bepalen van de milieuscore.

Op initiatief van de ontwikkelaars/eigenaren van deze instrumenten heeft een harmonisatie van de bepalingsmethoden plaatsgevonden en is de Handleiding Milieuprestaties Gebouwen geschreven. Deze handleiding is in 2008 gereedgekomen. De ontwikkelaars van de instrumenten hebben afgesproken de methode uit deze handleiding te gebruiken als dé rekenmethode voor de bepaling van de milieueffecten van het materiaalgebruik binnen de bestaande instrumenten.

De rekenregels in de bovenstaande Handleiding zijn gericht op nieuwbouw. Aan de bestaande bouw is in de Handleiding een korte paragraaf gewijd. Hierin is alleen een basisgedachte vastgelegd, zie kader.

Er zijn onderzoeken uitgevoerd, waarbij de materiaalgebonden milieuconsequenties van ingrepen in de bestaande bouw zijn bepaald. Hierbij is alleen meegenomen wat er bij de sloop/nieuwbouw of renovatie aan nieuw materiaal wordt toegevoegd. Eventueel nog aangevuld met de milieubelasting als gevolg van sloop van het bestaande gebouw of gebouwonderdelen. Of het gebouw 10 jaar oud is of 100 jaar oud is heeft geen invloed. Dit is een smalle benadering en dan ook niet conform de paragraaf in de Handleiding. Immers, bij de sloop van een gebouw van 10 jaar oud is er sprake van (milieu)kapitaalvernietiging.

W/E adviseurs heeft de basisgedachte in de paragraaf uitgewerkt tot een afschrijvingsmodel, dat gelijkens vertoont met financiële modellen. Het model dekt ook de benadering bij nieuwbouw. Het afschrijvingsmodel is in het instrument GPR Gebouw geoperationaliseerd.

Bestaande bouw²:

Renovatie kent dezelfde kenmerken als nieuwbouw. Een oude cyclus wordt afgebroken volgens de bij nieuwbouw gehanteerde breukenmethode³. *De renovatie start met de inbreng van 1x het product (geen breuk), daaropvolgende vervangingen (gelijke materialen en cycli) volgen weer via een breuk (gedachte in praktijk wordt vervanging of onderhoud component afgestemd op sloop gebouw).*

Uitgangspunt is dat een gebouw of bouwwerk een materiaalgebonden milieubelasting veroorzaakt, die gedurende de gebouw- of bouwwerklevensduur afgeschreven moet worden. Op basis van de theoretische levensduur wordt een vaste jaarlijkse afschrijving vastgesteld. Wordt nu voor het verstrijken van de theoretische levensduur een ingreep gepleegd, dan zal een deel van die belasting nog niet zijn afgeschreven, er is nog een restschuld. Deze restschuld moet over de restlevensduur van het gebouw afgeschreven worden. Dit is ongunstig voor bij de ingreep gesloopte bouwdelen, omdat er geen prestatie tegenover staat. In plaats daarvan worden nieuwe materialen ingezet, waarvan de belasting ook over de restlevensduur afgeschreven moet worden. Interessant is dat de restlevensduur door de ingreep meestal wordt verlengd. Dit betekent dat de restschuld over een langere periode afgeschreven mag worden, wat de jaarlijkse afschrijving dus juist weer lager maakt. Wel komt daar de extra belasting door de nieuw toegevoegde materialen bij. Ook deze belasting wordt over de restlevensduur afgeschreven. De levensduurverlenging is ook gunstig voor de gebouw- of bouwwerkdelen die gehandhaafd blijven en waarvan de vervanging- en onderhoudscyclus zonder harde knip blijft doorlopen. Voor het gehandhaafde casco of GWW-werk, waarbij niet of nauwelijks sprake is van vervanging en onderhoud, betekent levensduurverlenging pure winst.

Hoewel de LCA-benadering nationaal en internationaal gedragen is, kent de methode toch een aantal tekortkomingen.

- Bij beoordeling van de milieuschade door processen wordt vooral uitgegaan van continue voorspelbare emissies in gemiddelde milieus. Incidentele emissies en effecten in specifieke milieus worden minder goed meegenomen.
- Steenachtige materialen, zoals beton, kalkzandsteen, baksteen en gips worden niet als schaars gezien. Dit komt doordat het mondiale schaalniveau wordt aangehouden. Schaars zijn vooral om de metaalertsen en aardolie (als brandstof en als grondstof voor onder andere kunststoffen). Ook de aantasting van natuur en landschap door de winning wordt niet meegenomen. Dat steenachtige materialen toch scoren op grondstoffen heeft vooral te maken met de brandstoffen die nodig zijn voor de productie en het transport.

² Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken - definitief; 31 maart 2010

³ Breukenmethode: Het aantal vervangingen wordt berekend door de functieduur te delen door de empirische levensduur minus één (de initiële productie). Het aantal vervangingen kan daarbij nooit kleiner dan 0 zijn en wordt uitgedrukt in minimaal 2 cijfers significant. Voor de initiële productie wordt altijd uitgegaan van een hele productie; deze kan nooit kleiner zijn dan 1, ook al is de levensduur van het product groter dan de functieduur. Als bijvoorbeeld de functieduur van 75 jaar is en een empirische levensduur van het product van 20 jaar, dan bedraagt het aantal vervangingen 2,75 ($75/20 - 1 = 2,75$).



Binnenmilieu

Voor het waarden van de gezondheid van gebouwen is er nog geen breed geaccepteerde methode beschikbaar. Wel zijn er vele initiatieven.

De centrale lijn voor woningbouw vormt het Binnenmilieuprofiel, dat ontwikkeld is als aanvulling op het Energielabel. Met de ISSO-publicatie 82.4 kan een EPA-adviseur een Binnenmilieuprofiel voor woningen opstellen als aanvullende dienst op het Energielabel. De publicatie is opgesteld door een brede groep rapporteurs waaronder ISSO, TNO Bouw en Ondergrond, W/E adviseurs en BBA-binnenmilieu. Het Binnenmilieuprofiel brengt de risicofactoren voor gezondheid- of comfortproblemen in beeld. Dit gebeurt binnen 20 tot 40 minuten door visuele inspecties en een beperkt aantal metingen.

Gericht op kantoorgebouwen bestaan er publicaties, zoals het Praktijkboek Gezonde Gebouwen met prestatie-eisen voor het binnenmilieu van kantoorgebouwen. Ook bevatten de instrumenten BREEAM.NL en GPR Gebouw (categorie Kantoorgebouwen) een gezondheidsmodule. De gezondheidsmodule van GPR gebouw sluit aan bij de thema's in het praktijkboek en de elementen van het Binnenmilieuprofiel.

2.3 Instrumenten Duurzame (kantoor)gebouwen

DHV-studie

Door DHV is recent een studie⁴ uitgevoerd naar waarderingsmethoden. De onderstaande tabellen (tabel 3 uit de studie) geven een bruikbaar overzicht van de Internationale en Nationale methoden. Belangrijk aandachtspunt bij de selectie van waarderingsmethoden is de mogelijkheid om de Energie- en Materialenprestatie te kunnen berekenen. Voor de materiaalprestatie is de LCA-benadering nationaal en internationaal de breed geaccepteerde methode.

Bij de internationale instrumenten bevatten alleen BREEAM en Green Globes LCA-onderdelen. Green Globes is minder bekend en nog belangrijker niet geschikt voor de Nederlandse markt. BREEAM heeft een Nederlandse variant, BREEAM.NL, waarvoor dit wel geldt. BREEAM.NL vraagt als input voor de materiaalscore MAT1, de rekenresultaten van Greencalc of GPR Gebouw. Er wordt gewerkt aan een eigen tool, dat gebruik maakt van het rekenhart en databases van GPR gebouw.

Alle nationale waarderingmethoden omvatten het thema Energie. De EPDB (EPA) en EPC zijn breed geaccepteerde berekeningsmethoden voor de energieprestatie (inclusief CO₂). Het thema Materialen komt aan bod bij de Groenfinanciering, GPR Gebouw, Greencalc en de Triodostoets (4P-model). Alleen GPR Gebouw en Greencalc bevatten LCA-onderdelen. Belangrijk onderscheid tussen beide instrumenten is het detailniveau. Greencalc is beter geschikt voor verfijnde berekeningen, en GPR Gebouw voor een globalere benadering. GPR Gebouw is ook specifiek gericht op de bestaande bouw (gebouwcategorie: Kantoorgebouwen, bestaand).

⁴ DHV; Instrumenten Beoordeling en Promotie Duurzame Kantoren; SenterNovem, november 2008

Tabel 3: Indicatie kenmerken van beoordelingsmethoden – internationaal

Omschrijving	Beoordelingsmethode					
	LEED	BREEAM	CASBEE	Green Globes	GBTool	HQE
1. Beoordelingsgebied						
Mobiliteit (OV, fietsenstalling)	+	+	-	+	-	+
Binnenmilieu	+	+	+	+	+	+
Water	+	+	+	+	+	+
Energie	+	+	+	+	+	+
Materialen	+	+	+	+	+	+
CO2	-	+	?	?	?	?
2. Beoordelingsbereik						
Gebouwwontwikkeling	+	+	+	+	+	+
Perceelontwikkeling	+	?	?	+	+	?
Gebiedsontwikkeling	+	+	+	?	?	+
3. Energiebeoordeling						
Gebouwgebonden	+	+	+	+	+	+
Stekkerapparatuur	-	-	-	-	-	?
Gebruikersinvloed	+	+	-	?	+	?
4. Informatiebronnen						
Maatregelenlijst	+/-	+/-	?	-	-	-
Vragenlijst	-	-	?	+	+	+
Berekening	+	+	-	-	-	-
LCA-onderdelen	-	+/- (3)	-	+	-	?
5. Representatie						
Bekendheid	++	+	-	-	+/-	-
Internationaal draagvlak	+/- (4)	+	-	-5	+/- (6)	-
Geschikt voor NL situatie	+/-	+/-	-	-	+	-
Om te bouwen voor NL-situatie?	+/-	+	+/-	+/-	+	+/-
6. Toepasbaarheid methode						
Utiliteit (u) / Woning. (w) en Nieuwbouw (u/w-n/r	u/w-n/r	u/w-n/r	u/w-n/r	u/w-n/r	u/w-n/r	u/w-n/r
Ontwerptool (o) / Toetstool (t)	o/t	o/t	o/t	o/t	o/t	o/t
Resolutie: Grof (g) / Fijn (f)	g	g	g	f	f	f
Communiceerbaarheid(8)	+	+	+/-	?	+/-	-
Complex (c) / Eenvoudig (e)	c	c	?	e	c	c
Puntentool (pu) / Prestatietool (pr)	pu	pu ▶ pr(9)	pu ▶ pr(9)	pu	pu ▶ pr(9)	pr
7. Betrouwbaarheid methode						
Certificering	+	+	?	+	-	+/- (10)
Inhoudelijke betrouwbaarheid	+/- (11)	+/-	?	- (12)	+/-	+/-

Omschrijving	Beoordelingsmethode		Nationaal			
	EPBD (1)	EPC	Groen-financiering	GPR	Greencalc	Triodos-toets
1. Beoordelingsgebied						
Mobiliteit (OV, fietsenstalling)	-	-	-	-	+/-	+
Binnenmilieu	?+?/-(2)	?+?/-(2)	+/-	+	-	+
Water	-	-	+/-	+	+	+
Energie	+	+	+	+	+	+
Materialen	-	-	++/-	+	+	+
CO2	+	+	-	+	+	-
2. Beoordelingsbereik						
Gebouwoontwikkeling	+	+	+	+	+	+
Perceelontwikkeling	-	-	-	+	+/-	+
Gebiedsontwikkeling	-	-	-	+	+/-	-
3. Energiebeoordeling						
Gebouwegebonden	+	+	+	+	+	+
Stekkerapparatuur	?+?	-	-	-	+/-	-
Gebruikersinvloed	?+?	-	-	-	+/-	+/-
4. Informatiebronnen						
Maatregelenlijst	-	-	+	+	-	+
Vragenlijst	-	-	-	-	-	-
Berekening	+	+	+	+	+	+
LCA-onderdelen	-	-	-	+/-	+	-
5. Representatie						
Bekendheid	++	++	+	+	+	+/-
Internationaal draagvlak	7	7	-	-	-	-
Geschikt voor NL situatie	+	+	+	+	+	+
Om te bouwen voor NL-situatie?	+	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
6. Toepasbaarheid methode						
Utiliteit (u) / Woning. (w) en Nieuwbouw (u/w?n?/i u/w-n/r u/w-n/r u/w-n/r u/w-n/r						u
Ontwerptool (o) / Toetstool (t)	?o?/t	o/t	o/t	o/t	o/t	t
Resolutie: Grof (g) / Fijn (f)	f	f	g	g	f	g
Communiceerbaarheid(8)	+	+	+/-	+	+	+/-
Complex (c) / Eenvoudig (e)	e	e	e	e	c	e
Puntentool (pu) / Prestatietool (pr)	pr	pr	pu/pr	pu	pr	pu/pr
7. Betrouwbaarheid methode						
Certificering	+	+	+	-	-	+/-
Inhoudelijke betrouwbaarheid	+/-	+/-	?	?	+/-	?

Toelichting bij tabel 3:

- (1) Energieprestatie-certificaat inclusief maatwerkadvies..
- (2) Zeer beperkt oordeel
- (3) BREEAM LCA analyses zijn gebruikt binnen de methodiek.
- (4) Kritiek vanuit NL dat referentie niet geschikt is voor NL.
- (5) Wel in Canada en VS.
- (6) Door 15 landen gebruikt, niet commercieel.
- (7) Europees, nadeel: ieder land op eigen manier uitgevoerd.
- (8) +=goed +/-=redelijk -=slecht
- (9) Onderbouwing vanuit diverse onderliggende rekenprogramma's.
- (10) Mogelijk in ontwikkeling.
- (11) Meeste maatregelen niet gewogen meegeteld.
- (12) Geen inzage in achterliggende rekenmethode.
- (13) Inschatting gebouwgebonden energiebesparing bij hoogste score.

► Bruikbaarheid voor dit onderzoek:

- Energieprestatie (inclusief CO₂):
Alle instrumenten, waarbij de energieberekening conform de laatste normen worden berekend zijn bruikbaar. Per 1 januari 2010 zijn de rekenregels voor de bestaande bouw aangepast. Bij de dit jaar verschenen versie, GPR Gebouw 4.1, zijn deze aanpassingen verwerkt.
- Materiaalprestatie (inclusief CO₂):
Het gaat hier om rekenen volgens de 'nationale' bepalingmethode. Bij de huidige instrumenten is de bepalingmethode alleen in GPR Gebouw ingebouwd, een update van GreenCalc is in de zomer gepland. Omdat GPR gebouw ook als enig instrument specifiek geschikt is voor bestaande bouw, wordt GPR Gebouw bij de materiaalberekeningen ingezet (categorieën Nieuwbouw + Bestaande bouw).

TU-delft: Modelvergelijking voor Nederlandse Green Building Tool

Bij de introductie van de DGBC is voorgesteld om genoemde meetlat te baseren op het Engelse instrument BREEAM. Dit vanwege de internationale erkenning en goede vertaalbaarheid naar de Nederlandse markt. Voordat definitief is verder gegaan met het ontwikkelen van BREEAM.NL, is aan de TU Delft gevraagd een kleine vergelijkende studie⁵ te doen van BREEAM, LEED, GreenCalc+, en EcoQuantum. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de vergelijking van BREEAM, LEED, GreenCalc+, en EcoQuantum.

⁵ A. van den Dobbelsteen, TU Delft ; Modelvergelijking voor de Nederlandse Green Building Tool, definitief rapport, versie 2.4 – in opdracht van DGBC; Delft, juni 2008



criterium	BREEAM	LEED	GreenCalc+	Eco-Quantum
prestatiegericht	+	+	+	-/+ ¹
objectief/robuust	0 ²	0 ²	+	+
eenvoudig	-/+ ³	-/+ ³	0	0
transparant	0/+ ⁴	+	0	+
kwalificerend	+	+	+	+
internationaal	+	+	-	-
harmoniserend	+	+	nvt	nvt
betaalbaar	-	--	+	+
compleet	++	++	+	0
- bouwfasen	gebiedsontwikkeling tot beheer	gebiedsontwikkeling tot beheer	gebouwonwerp en renovatie	gebouwonwerp
- schaalniveau	kavel tot bouwdetail	gebied tot bouwdetail	kavel tot bouwdetail	gebouw tot bouwdetail
- thema's	integraal, CO ₂	integraal	materialen, energie, water, mobiliteit, CO ₂	materialen, energie, water

- 1 EQ is bedoeld als verbeterinstrument, maar het kan eventueel worden ingezet voor prestatiebepaling
- 2 ligt enigszins aan de beoordelaar, die het voldoen aan de criteria verschillend kan interpreteren
- 3 dubbelop: eenvoudig qua scoreverbeelding, maar niet de bepaling daarvan
- 4 minder helder over multicriteria-analyse

Voor de DGBC doelstellingen adviseerde TU delft BREEAM. Voor dit onderzoek gelden andere eisen. De tekst in het kader is afkomstig uit de studie van TU delft. Belangrijk is het onderscheid in multicriteria-analyses (puntensystemen) en rekentools. Greencalc en EcoQuantum ('ingebouwd' in GPR gebouw) zijn daarom beter geschikt.

Typen modellen niet goed te vergelijken:

In eerste opzicht lijken BREEAM en LEED enerzijds en GreenCalc+ en Eco-Quantum anderzijds niet erg verschillend. Een scheiding tussen deze tweetallen is echter wel te maken, want BREEAM en LEED zijn, multicriteria-analyses voor meer dan het gebouw alleen, met een weliswaar geavanceerde wijze van beoordelen maar toch checklists, terwijl GC+ en EQ **op de LCA gebaseerde rekentools** zijn, die een nauwkeuriger indicatie van de milieuprestatie van een gebouw geven.

► Bruikbaarheid voor dit onderzoek:

BREEAM.NL is instrument dat veel aandacht krijgt in relatie tot duurzaam vastgoed. Voor het bepalen van de scores bij energie ENE1 en materialen MAT1 vraagt het instrument input vanuit externe rekeninstrumenten, zoals EPC-programma's of Greencalc+ en GPR Gebouw. Voor de berekeningen bij Planet is BREEAM.NL dus een minder logische keuze.

W/E adviseurs: Stappenplan verduurzaming kantoren

W/E adviseurs heeft in opdracht SenterNovem een stappenplan opgesteld, gericht op een duurzaamheidslag bij bestaande en nieuwe kantoren. Als hulpmiddelen worden hierbij tal van informatiebronnen, waarderingsmethoden (indicatief, gedetailleerd) aangereikt. De nadruk ligt hierbij op Energie en Binnenmilieu.

Dit informatieportaal biedt een stappenplan naar verduurzaming van uw huidige of nieuw te bouwen kantoorpand. De stappen zijn voorzien van een compacte toelichting en links naar bronnen met meer informatie over de ins en outs van het realiseren van duurzame kantoren of het verduurzamen van kantoorpanden. Als gebruiker en/of eigenaargebruiker van een kantoorpand krijgt u inzicht in het proces en de middelen die nodig zijn om tot verduurzaming van uw kantoorpand te komen. Afhankelijk van uw vraag, kennisniveau, uitgangs- of eigendomssituatie kunt u achtereenvolgens de verschillende stappen doorlopen of direct doorklikken naar het voor u relevante onderwerp.

verduurzamen kantoor
duurzame renovatie
nieuwbouw

Stappenplan met extra informatie en links betreffende: **people (e)**, **planet (a)**, **profit (o)** en algemene informatie **(i)**

1 Inventarisatie			
> 1.1 Bepaal huidig energiegebruik / energielabel	a	Ergielabel utiliteitsgebouwen	x x -
	a	Inventarisatie huidig energiegebruik	
	a	Adviseurs energielabel	
	a	Installatie Performance Scan	
> Positioneer energiegebruik tov vergelijkbare kantoren	i	Cijfers en tabellen	
> 1.2 Stel een CO2-jaarrekening op	a	Nationale CO2-benchmark	x x x
> 1.3 Bepaal huidige technische staat van het gebouw			x x x
> 1.4 Inventariseer huidig en toekomstig gebruik gebouw			x x x
> We zijn huidige en toekomstige gebruikers			x x (x)
> Hoe zijn eigendomsverhoudingen			x x x
> Eisen en wensen van (toekomstige) gebruikers	a	Duurzaam huren	x x x
> Inventariseer huidig en toekomstig onderhoud en beheer	a	Zelfscan duurzaam inkopen	x x x
i Zijn er gebouwgerelateerde (gezondheids)klachten?	e	ABCD Binnenmilieu tool	x x (x)
	e	Praktijkboek gezonde gebouwen	
i Huidige en toekomstige huurcontractvoorwaarden			x x x
i 1.5 Bepaal ambities en (duurzaamheids)criteria	a	Praktijkvoorbeelden energiebesparing utiliteit	x x x
	a	Instrumenten duurzaam bouwen	
	e	Tool ambitiebepaling gezondheidszorg	
> Bepaal duurzaamheidsgehalte van het gebouw	a	GPR Gebouw	x x (x)
	a	Greencalc	
	a	Dutch Green Building Council	
> Voorbeelden; ervaringscijfers	a	Digitale project adviseur	x x x
	a	Informatiecentrum duurzame energie technieken	
	a	Duurzame Energietechnieken	
	a	Duurzaam vastgoed: praktijk	
> 1.6 Bepaal beschikbaar budget			x x x
i Standpunt directie over duurzaamheid			x x x
> Financiering			
i 1.7 Verduurzamen, duurzame renovatie of nieuwbouw?			x x x
i 1.8 Randvoorwaarden (wettelijk kader, convenanten)	i	Infomil	x x
	i	Antwoord voor bedrijven	
i 1.9 Programma van Eisen	i	Bouwstenen voor het programma van eisen	(x) x x
> Ambitie energiekwaliteit			
> Ambitie binnenmilieukwaliteit			
i Mnitoren duurzaamheidsambitie gedurende het bouwproces			
1.10 Geïntegreerde contracten (DBFMO)	o	Voorbeelden model-contracten DBFMO	x x x
> DBFMO-advies		Adviseurs DBFMO - voorbeeld 1	
		Adviseurs DBFMO - voorbeeld 2	
		Adviseurs DBFMO - voorbeeld 3	

2 Haalbaarheid

i 2.1 Inventariseer technische verbetermogelijkheden	a Maatwerkadvies energiebesparing	x	x	x
	i Cijfers en tabellen			
	a Adressen duurzame bedrijven/adviseurs			
	a Informatie energiebesparende maatregelen			
	i Optimalisering installaties gezondheidszorg			
	a Installatie Performance Scan			
> 2.2 Inventariseer subsidies en financieringsconstructies	o Financiering energiebesparing	x	x	x
	o Subsidies algemeen			
	o Energie-investeringsaftrek (EIA)			
	o Investering zonder eigen geld (ESCO)			
> 2.3 Maatwerkadvies energiegebruik	a Voorbeeld maatwerkadvies ING	x	x	
> 2.4 Onderzoek technische en financiële haalbaarheid	o Financierings- en beheerconstructies	x	x	x
i 2.5 Onderzoek noodzaak vergunningen	i Antwoord voor bedrijven	(x)	(x)	
> 2.6 Kies verbetermogelijkheden		x	x	x
> 2.7 Kies financieringsconstructie	o Duurzaam vastgoed: praktijk	(x)	x	
	o Voorbeelden financieringsconstructies			
> 2.8 Organiseer kennis en capaciteit voor planuitvoering	e Organisatie van energiebesparing	x	x	x
> Draagvlak binnen de organisatie				
> Externe expertise				
i 2.9 Projectdefinitie		x	x	x

3 Ontwerp & uitwerking

> 3.1 Maak ontwerp	a Ontwerpers duurzame utiliteitsbouw	(x)	x	
	i Van PVE naar bestek			
> 3.2 Ontwikkel energiezorgsysteem	i Opzetten energiezorgsysteem	x	x	x
> 3.3 Stel een uitvoerings- en beheerconstructie op	o Outsourcen installatie	x	x	
	i Opzetten energiediensten			
i 3.4 Contracten uitvoering en oplevering		(x)	x	x

4 Voorbereiding uitvoering

i 4.1 Organiseer kennis en capaciteit voor realisatie	e Organisatie van energiebesparing	x	x	x
> 4.2 Uitvoeringsplan	a Ontwikkelaars duurzame utiliteitsbouw	x	x	x
> 4.3 Maak plan voor uitvoeringscontrole en oplevering		(x)	x	x
i 4.4 Verkrijg vergunningen	i Overzicht vergunningen	(x)	(x)	

5 Uitvoering & oplevering

i 5.1 Begeleid uitvoering en oplevering	a Instalateurs duurzame utiliteit	x	x	x
	a Kwaliteitsborging installaties			
> 5.2 Controleer bouwkundige oplevering		x	x	
> 5.3 Controleer inregeling installatie	a Installatie Performance Scan	x	x	
> 5.4 Contracten verhuur, onderhoud en exploitatie	a Voorbeelden contracten	x	x	x

6 Onderhoud & beheer

> 6.1 Monitor en evalueer toetsbare prestaties	a Systeem voor energiezorg	x	x	x
> 6.2 Sluit contracten af voor onderhoud en exploitatie		x	x	x
> 6.3 Neem prestaties in huurcontracten mee	a Prestatiecontracten installaties	x	x	x
	i Graaddagen	x	x	
> 6.4 Controleer onderhoud en exploitatie		x	x	x
> 6.5 Stimuleer energiezuinig gedrag	e Tips voor energiezuinig gedrag	x	x	x

Einde

adviseurs maakte het stappenplan in opdracht van SenterNovem

► **Bruikbaarheid voor dit onderzoek:**

Het stappenschema verwijst naar tal van bruikbare instrumenten. De bruikbaarheid van het stappenschema is beperkt, omdat het te algemeen is en vooral gericht op facility managers.

BREEAM.NL in USE

De Dutch Green Building Council (DGBC) is een onafhankelijke non-profit organisatie die streeft naar blijvende verduurzaming van de bebouwde omgeving in Nederland. Daartoe ontwikkelt de organisatie keurmerken voor een onafhankelijke beoordeling. Voor nieuwbouw is BREEAM.NL beschikbaar. DGBC werkt aan een versie specifiek voor de bestaande bouw. Dit keurmerk, BREEAM in Use, bestaat uit de volgende onderdelen:

1. Asset performance
2. Building management performance
3. Organisational effectiveness

Het bieden van inzicht ten behoeve van de ontwikkeling van BREEAM in Use is als subdoel bij dit onderzoek aangegeven. Het betreft hier vooral het Asset-deel.

► **Bruikbaarheid voor dit onderzoek:**

Het gaat hier meer om de bruikbaarheid van het onderzoek voor BREEAM, dan andersom. BREEAM.NL maakt gebruik van externe rekeninstrumenten. Waarschijnlijk gaat dit ook gelden voor BREEAM in Use. In ieder geval zullen de inzichten gebruikt worden bij de invulling van Energie en Materialen. Ook DGBC vindt dat nieuwe en bestaande gebouwen op dezelfde wijze beoordeeld moeten worden.

4-P-model-Triodos

In opdracht van Triodos is toetsinstrument ontwikkeld, dat specifiek gericht is op duurzaam vastgoed (de toets is dus niet onafhankelijk). De basis voor de Triodos Toets voor Duurzaam Vastgoed is het 4P-model. Als doelen voor dit model worden genoemd:

1. gebruik door ontwikkelaar en/of gebruiker, om te communiceren over de duurzaamheid van het te realiseren ontwerp
2. gebruik door belegger om een aankoopbeslissing te motiveren of een bestaand gebouw in portefeuille op zijn duurzame kwaliteit te toetsen
3. gebruik door de gebouwbeheerder als management tool om het gebouw in het beheer te verduurzamen en/of door ambities te stellen voor de te behalen prestaties en plannen te optimaliseren op milieuprestatie.

Het 4-P-model heeft de 3-P-benadering als basis, met een aanvulling met een vierde P van Project. Hierbij komen items aan de orde die ook in BREEAM.NL en GPR Gebouw zijn opgenomen. Bij de uitwerking van de andere P's is waar mogelijk de relatie gelegd met al bestaand instrumentarium. De relatie met GPR gebouw is in de laatste versie direct gelegd. In Project komen aspecten aan de orde als gebouwconcept, bereikbaarheid, groenvoorziening en belevingswaarde. In Profit zijn aspecten opgenomen als rendement, locatie, exploitatie en huurcontract.

► **Bruikbaarheid voor dit onderzoek:**

Het 4-P-model is één van de weinige Duurzaamheidinstrumenten waarbij de P van Profit of Prosperity uitgebreid is geoperationaliseerd. Deze P valt echter buiten de afbakening van dit onderzoek.

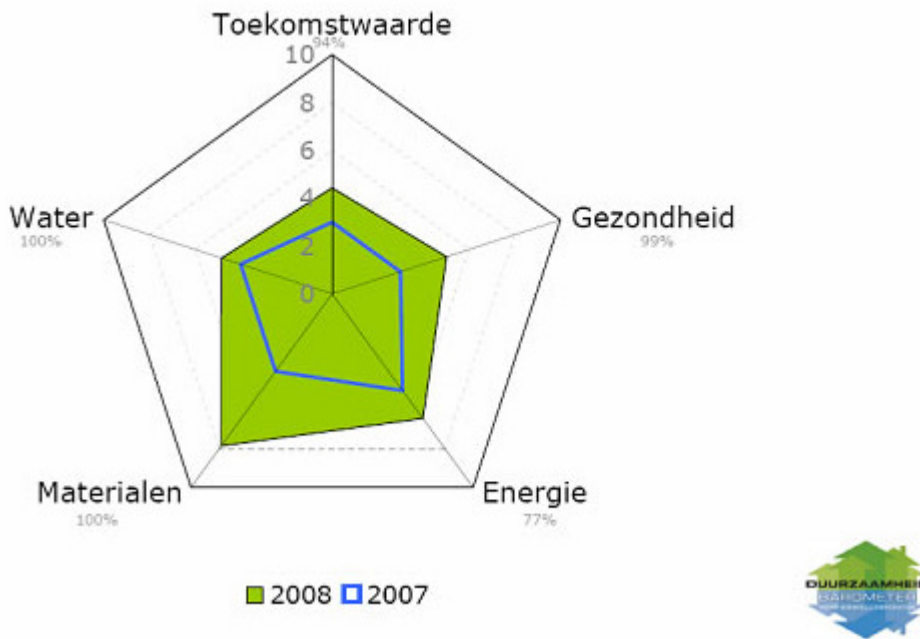
Duurzaamheidbarometer

De duurzaamheidbarometer voor woningcorporaties, kortweg de duurzaamheidbarometer (DZB) is een initiatief van Haag Wonen, SWZ, Tiwos, Woonbron, Stadgenoot en de Stichting Natuur en Milieu. De initiatiefnemende woningcorporaties richtten in 2008 de Stichting Duurzaamheidbarometer op.

Het doel van deze stichting is: het op een objectieve en resultaatgerichte manier aansturen van verduurzaming van bouwen en wonen; het zorgdragen voor een methodiek om resultaten op het gebied van duurzaam bouwen en wonen geobjectiveerd te meten en te monitoren, alsmede het verbreden van de gebruikersgroep van deze methodiek.

Prototype duurzaamheidbarometer:

De initiatiefnemers hebben een prototype duurzaamheidbarometer ontwikkeld. Het is een instrument dat de status en de ontwikkeling van de duurzaamheid van een woningvoorraad in beeld brengt. De methodiek is opgebouwd rondom de vijf duurzaamheidsthema's toekomstwaarde, gezondheid, energie, materialen en water. De duurzaamheidbarometer geeft per complex of voor de hele woningvoorraad een score (schaal 0-10) op de vijf duurzaamheidsthema's. De resultaten worden in overzichtelijke grafieken gepresenteerd.



Duurzaamheid is gedefinieerd als: huisvestingsystemen die tot in lengte van dagen houdbaar zijn. Deze systemen tasten de natuurlijke kringloopssystemen niet of nauwelijks aan. Een duurzaam gebouwde omgeving wordt bereikt door het maximaliseren van woonkwaliteiten (gezondheid, gebruik- en toekomstwaarde) en het minimaliseren van nadelige milieueffecten (energie-, materiaal- en watergebruik) in de gehele levenscyclus.

► Bruikbaarheid voor dit onderzoek:

Het instrument is vooral gericht op het voorraadbeheer van vastgoed van corporaties. Dit betreft voornamelijk woningen. Bij de thema's Energie en Materialen is het resultaat globaal/indicatief. De meetmethoden zijn daarom minder bruikbaar voor dit onderzoek.

2.4 Relevante benaderingen

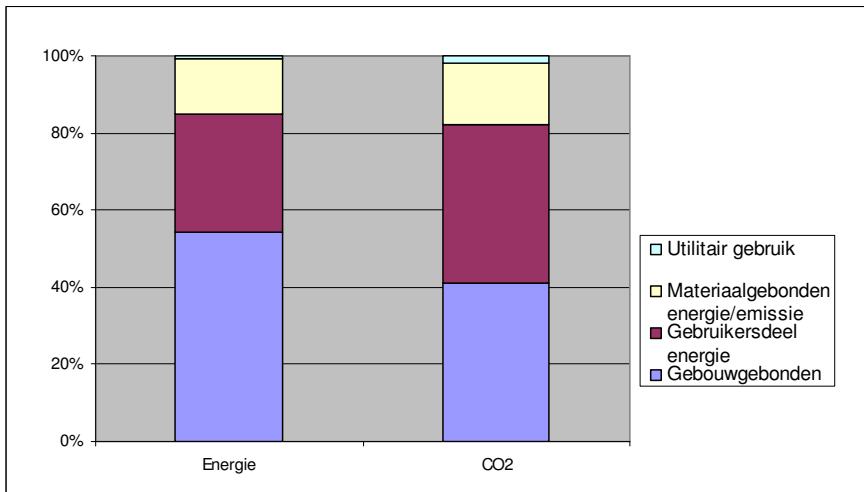
Definitiestudie CO₂- en energieneutraal⁶

SenterNovem (Agentschap-NL) en PeGO hebben W/E adviseurs een definitiestudie uit laten voeren naar de begrippen CO₂-neutraal en energieneutraal. Naast een strakke vastlegging van grenzen en rekenmethoden bieden de voorgestelde definities een methode om op neutraliteit te gaan sturen.

Het rapport geeft een principieel en praktisch antwoord op belangrijke vragen rondom CO₂ en energieneutraal. Niet alleen de typen energieverbruik en CO₂-emissies komen aan de orde, maar ook binnen welke grenzen en welke alternatieven toelaatbaar zijn. Er is daarbij gekozen voor een ruime definiëring met internationaal draagvlak. De definities omvatten het gebouwgebonden gebruik, het gebruikersaandeel en het materiaalgebonden gebruik. Tot op heden is dit laatste veelal buiten beschouwing gelaten. Dat is onterecht en past niet binnen de huidige tendens waar materialisatie als substantieel onderdeel wordt gezien van energiezuinige bouw. Nieuw is dat de gebruiker in deze definities in beeld is. Zij beïnvloeden immers direct het energiegebruik en betrokkenheid van bewoners is van wezenlijk belang voor reductie van uitstoot van gassen. Belangrijk is dat gekozen is voor een definitie, waarbij compenseren en importeren een optie zijn. Hiermee wordt neutraliteit geen perspectief, dat alleen voorbehouden is aan nieuwbouwprojecten, maar ook een optie voor gemeenten met veel bestaande (historische) bouw.

In de studie wordt ook het belang van het gebruikersgebonden deel en de materiaalgebonden CO₂-emissie aangekaart. In figuur 2.2 staat weergegeven hoe groot de respectievelijke bijdragen zijn van vier energiegebruikscategorieën voor een typische nieuwbouw woning (referentiewoning van het type nieuwbouw appartement) met een EPC van 0.8 en bij een gemiddeld huishoudelijk verbruik. We zien dat het gebouwgebonden gebruik het belangrijkste (bijna 50%) is maar dat het gebruikersdeel en de materiaalgebonden emissies zeker ook relevant zijn met respectievelijk 33% en 20% bijdrage aan de totale CO₂-emissie. Het utilitair verbruik (openbare verlichting, waterbeheer), tenslotte, geeft slechts 2% bijdrage. Kanttekening is dat het gebouwgebonden deel met de aanscherping van energie-eisen steeds minder wordt, waardoor de bijdragen van de andere categorieën zal toenemen.

⁶ Bron: E. Alsema, H. Hoiting, E. Roth, Stevige ambities, klare taal. Definiëring van doelstellingen en middelen bij energieneutrale, CO₂-neutrale of Klimaatneutrale projecten in de gebouwde omgeving, rapport in opdracht van PeGO, W/E adviseurs, Utrecht, 2009.



Figuur 2.2: Bijdragen aan Energie- en CO₂-emissie voor nieuwbouw appartement (referentiewoning, EPC:0.8)

► Bruikbaarheid voor dit onderzoek:

De Definitiestudie toont de relevantie van het gebruikersgebonden deel en de materiaalgebonden CO₂-emissie. Deze laatste emissie is zeker een factor om mee te nemen bij de afweging renovatie versus sloop+nieuwbouw. In de Definitiestudie zijn zowel het energie- als het materiaalverbruik vertaald naar CO₂-emissie, waarna aggregatie en daarmee een integrale beschouwing mogelijk wordt. In de studie Nieuwbouw/Renoveren kan ten behoeve van de afweging dezelfde aanpak gevolgd worden.

Saldobenadering IVBN – Voorraadniveau

IVBN bepleit de 'saldobenadering':

baseer de keuze voor nieuw vastgoed op het saldo van positieve en negatieve effecten op de duurzaamheid van de gehele bouwvoorraad. Hoe duurzaam is een verhuizing naar een nieuw en optimaal energiezuinig kantoor als daardoor één of meer bestaande kantoren structureel leeg komen te staan, terwijl die kantoren ook te verduurzamen zijn? Naast de positieve duurzame kwaliteiten van een nieuw gebouw zelf, moet immers rekening worden gehouden met negatieve effecten zoals het extra beslag op toch al schaarse ruimte en het vergroten van de leegstand in de voorraad kantoren en winkels. De totale vraag naar commercieel vastgoed groeit immers niet meer en de leegstand is structureel van aard en te omvangrijk. Op een kantorenvoorraad van 45 miljoen m² staat zo'n 6 tot 8 miljoen m² leeg, waarvan 2,5 miljoen als obsoleet kan worden beschouwd⁷.

⁷ TransformatieWijzer: van kantoor naar woonruimte

SBR, kennisplatform voor de bouw, heeft een nieuw hulpmiddel in de strijd tegen leegstand van kantoorgebouwen gepresenteerd. Van de SBR-site: "Hoe bouwt u leegstaande kantoren om tot woningen? Deze publicatie bevat tal van voorbeelden van in de praktijk ontwikkelde ontwerp oplossingen. Daarbij krijgt u eenvoudige rekentools aangeboden, waarmee u transformatieprojecten in een vroeg stadium op hun haalbaarheid kunt toetsen. Bovendien kunt u aan de hand van deze uitgave een 'fiscale scan voor aankoop' uitvoeren. De TransformatieWijzer sluit aan op de verschillende stappen in het transformatieproces. U krijgt op concrete, interactieve en oplossingsgerichte wijze inzicht in relevante regelgeving. Bovendien leest u hoe u regels proactief en stimulerend kunt inzetten. De publicatie is het resultaat van de 'Kennisimpuls transformatie



Het meenemen van effecten op leegstand zullen de balans veel vaker doen doorslaan ten gunste van verduurzamen van bestaande gebouwen. Het is maatschappelijk niet langer verantwoord om de leegstand in de (verouderde) voorraad te negeren. Voor zowel overheden als marktpartijen is het herontwikkelen van de bestaande voorraad de opgave. Ook bij winkels is er sprake van een vervangingsmarkt.

► **Bruikbaarheid voor dit onderzoek:**

De saldobenadering is een benadering op voorraadniveau, terwijl bij de focus bij dit onderzoek op het gebouwniveau ligt. In overleg met de opdrachtgever is besloten het schaalniveau binnen deze studie niet te vergroten. Wel is gezocht naar een pragmatische aanpak om de voorraadeffecten, zoals leegstand, mee te nemen bij het gebouwniveau.

Belangrijk is dat de scenario's in de volle breedte worden beschouwen. De afweging betreft niet het renoveren van een bestaand gebouw versus nieuwbouw. Nieuwbouw betekent ook dat er iets met het bestaande bouw gebeurt. Dit kan zijn sloop, leegstand of 'hergebruik' (nieuwe gebruiker). De opties sloop of leegstand worden als onderdeel van de nieuwbouwscenario's meegenomen. Kanttekening is dat ook bij het renovatiescenario sprake kan zijn van tijdelijke (en gedeeltelijke) leegstand.

Uit het omkaderde stuk blijken de volgende duurzaamheidsaspecten relevant:

1. Ruimtebeslag

Ruimte is een schaars goed in Nederland. Efficiëntie van ruimtegebruik is in Nederland dus een relevante parameter. Naast kwantitatief ruimteslag is ook de kwaliteit van de ruimte van belang. Komt er een gebouw leeg te staan op A-locatie (goede mogelijkheden OV)? Ligt de nieuwbouw langs een snelweg (meer autoverkeer) of in een uitbreidingsgebied (ongewenste verstedelijking buitengebied)?

2. Leegstand

Een consequentie van leegstand van een gebouw is het niet nuttig gebruiken van het bvo, terwijl er wel beslag op de ruimte wordt gelegd. Daarnaast heeft leegstand een negatieve invloed op de omgeving (beleving, sociale veiligheid) en kan zelfs invloed hebben op de levensduur van de omliggende gebouwen.

Een kantoorpand kan geheel of gedeeltelijk leegstaan. Recent is de aandacht voor verborgen leegstand, waarbij een deel van de werkplekken 'tijdelijk' niet gebruikt wordt. Vanwege de creditcrisis wordt deze keuze gemaakt, in de hoop dat de teruggang in opdrachten tijdelijk is. In relatie tot de totale gebruiksduur van kantoorgebouwen is de duur van de verborgen leegstand beperkt.

De milieubelasting van een leegstand kantoor is niet nul. Onderhoud aan gebouw en installaties blijft nodig. Er blijft een energievraag bestaan (beveiligingsystemen, minimale verlichting, bescherming tegen vorst, ventilatie). Dit is zeker het geval als het gedeeltelijke leegstand betreft. Ook zal er voor het weer in gebruik nemen altijd een (lichte) renovatie nodig zijn om aan de wensen van de nieuwe gebruiker te voldoen (bij lange leegstand zal de inrichting gedateerd zijn). De vraag is of deze ingreep nog aan het scenario Nieuwbouw toegerekend moet worden.

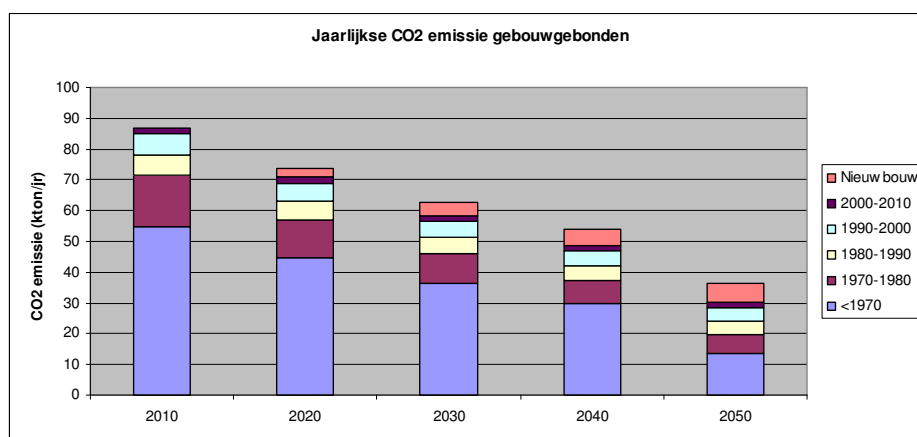
leegstaande gebouwen'. De uitgave is mede mogelijk gemaakt door financiële bijdragen van het ministerie van VROM en SEV."

Scenariomodel CO₂-emissies bouwvoorraad

De aandacht voor duurzaamheid op voorraadniveau is niet nieuw. Door W/E adviseurs is bijvoorbeeld een scenariomodel opgesteld dat corporaties op voorraadniveau inzicht geeft in de CO₂-emissies. Het model is toegepast in studies voor meerdere grote corporaties en gemeenten.

Het scenariomodel geeft corporaties inzicht in de mogelijke ontwikkelingen tot 2050 in de woningvoorraad, in de emissies van gebouwen en huishoudens, en in de mogelijke bijdragen van duurzame energie opwekking. Het model brengt ook de energiegerelateerde kosten en baten in beeld. Gemodelleerd worden veranderingen in de voorraad (verbetering, sloop, verkoop en nieuwbouw), alsmede de inzet van duurzame opwekkingstechnieken over de periode 2010-2050. Als referentie voor scenarioverkenningen is het energieconvenant dat Aedes (overkoepelende vereniging van woningcorporaties) in 2008 heeft afgesloten met de Rijksoverheid, vertaald naar een lange termijn scenario voor voorraadontwikkeling en labelverbetering.

Het geschetste model is in principe breed toepasbaar als instrument voor voorraadsturing binnen een vastgoedbeheerder (corporatie, gemeente), uiteraard wel met de focus op CO₂/energiebeleid. Met enige aanpassing kan het ook ingezet worden voor andere sectoren van vastgoedbeheer, zoals kantoren. Het integreren van materiaalgebonden emissies zou een interessante uitbreiding vormen, zeker in relatie tot afwegingen rond sloop/renovatie/nieuwbouw van vastgoed.



Figuur 2.3: Fictief scenario: Ontwikkeling van gebouwgebonden CO₂-emissie

► **Bruikbaarheid voor dit onderzoek:**

Het model en de analyses maken de mogelijkheden van een model op voorraadniveau duidelijk. Een benadering die verder gaat dan de afbakening van dit onderzoek, maar mogelijk een goede aanzet geeft voor een vervolg.

3 Toegepaste bepalingmethoden

Als resultaat van deze studie is een afwegingsmodel voor de CO₂-emissie van materiaal- en energiegebruik en overige duurzaamheidsaspecten genoemd. In dit hoofdstuk is de selectie en uitwerking van de meetmethoden beschreven.

3.1 Selectie van thema's

Uit de diverse bepalingmethoden is een pragmatische selectie gemaakt. Naast de bij hoofdstuk 2 beschreven afbakening is vooral gekeken naar de toepasbaarheid en het draagvlak in Nederland.

De doorgerekende Planet-aspecten zijn:

1. Materiaalverbruik (totale levensloop, dus inclusief de afvalverwerking)
2. Energiegebruik (gebruiksfase bestaand en eventueel nieuw gebouw)
3. Ruimtegebruik (bestaand en eventueel nieuw gebouw)

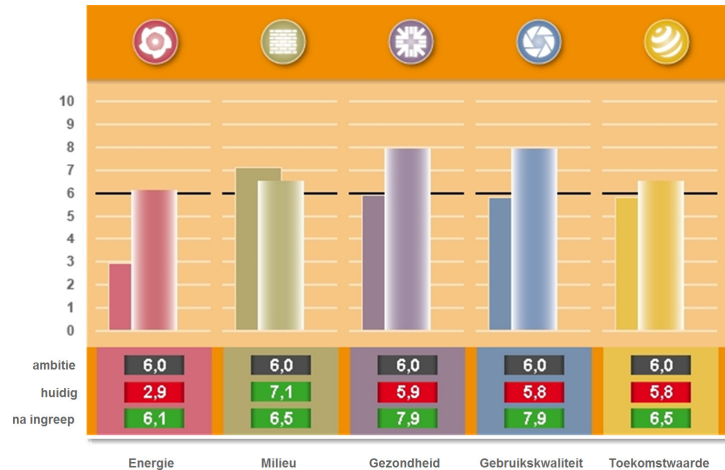
Zowel het materiaalverbruik als het energiegebruik zijn te vertalen naar CO₂-emissie en totale milieubelasting (uitgedrukt in schaduw prijzen). Hierdoor is een aggregatie, en daarmee een integrale beschouwing, mogelijk.

In dit onderzoek is gekozen voor een casestudie aan de hand van referentiegebouwen (paragraaf 4.1). Deze referentiegebouwen zijn te weinig uitgewerkt om een zinvolle uitspraak te kunnen doen ten aanzien van de onderstaande Planet-aspecten. Dit is pas mogelijk als het een studie naar specifieke gebouwen betreft.

4. Water (gebruiksfase bestaand en eventueel nieuw gebouw)
Bekend uit LCA-berekeningen is dat de milieubelasting als gevolg van het waterverbruik minder dan 5% van de totale milieubelasting van een gebouw bedraagt. De focus is daarom gelegd op Materialen en Energie. Bij Water is behalve het gebruik ook het beheer relevant voor de duurzaamheid (verdroging, wateroverlast, waterkwaliteit).
5. Afval (gebruiksfase bestaand en eventueel nieuw gebouw)
Centraal in deze studie staat het gebouw. De omgang met afval wordt slechts beperkt door gebouwkenmerken beïnvloedt. Afval in de gebruiksfase is daarom niet in de berekeningen meegenomen. Een uitzondering betreft het afval in de gebruiksfase, als gevolg van de renovatie en het reguliere onderhoud aan het gebouw. De afvalverwerking is onderdeel van de levensloopbenadering en wordt bij de materiaalgebonden belasting meegenomen. Dit laatste geldt ook voor het afval, dat ontstaat in de bouw- en sloopfase.
6. Mobiliteit (gebruiksfase bestaand en eventueel nieuw gebouw)
De locatie, fysieke gebouw en terreinkenmerken (o.a. parkeervoorzieningen), maar ook het vervoersbeleid, bepalen de milieubelasting als gevolg van de mobiliteit. Door de vele invloeden is de spreiding bij kwantificering van die belasting groot.

People en Prosperity-aspecten zijn zeker relevant voor de duurzaamheid van een gebouw, maar vallen buiten de focus van dit onderzoek. Een directe relatie is die met de gebouwlevensduur⁸. Het is echter (nog) niet mogelijk om een betrouwbare voorspelling van de levensduur(verlenging) te doen op basis van People en Prosperity-aspecten. Bij de scenariostudie is er wel een inschatting van de levensduur(verlenging) gemaakt op basis van algemene uitgangspunten en de context. Om toch enig inzicht te hebben over het kwaliteitsverloop tijdens het scenario is per scenariodeel met GPR Gebouw een waarde bepaald op de volgende thema's:

7. Gezondheid
8. Gebruikskwaliteit
9. Toekomstwaarde



3.2 Berekening: materiaalprestatie

Voor de berekening van de materiaalgebonden milieubelasting is gebruik gemaakt van GPR Gebouw 4.1. De berekeningen voor zowel nieuwbouw als bestaande bouw in dit instrument zijn gebaseerd op het materiaal-afschrijvingsmodel van W/E adviseurs. Bij de bestaande bouw blijkt het aantal parameters aanzienlijk groter dan bij nieuwbouw. Om inzicht te bieden in deze complexe materie, zijn verschillende situaties beschreven en voorzien van voorbeeldberekeningen.

Basisgedachte model: jaarlijks afschrijving milieubelasting

Kern van de gedachte is dat een gebouw een materiaalgebonden milieubelasting veroorzaakt, die gedurende de gebouwlevensduur afgeschreven moet worden. De belasting ontstaat door:

1. Bouw (alle processen van de winning, productie en transport naar de bouwplaats).
2. Onderhoud (alle processen van de winning, productie en transport naar de bouwplaats).
3. Vervanging (alle processen van de winning, productie en transport naar de bouwplaats)⁹.
4. Uitloging (zware metalen tijdens het gebruik van het gebouw).
5. Sloop (transport van de bouwplaats en afvalverwerking).

⁸ In een aantal scenario's is een periode van leegstand opgenomen. Leegstand heeft een negatieve invloed op de omgeving (beleving, sociale veiligheid) en kan zelfs invloed hebben op de levensduur van de omliggende gebouwen.

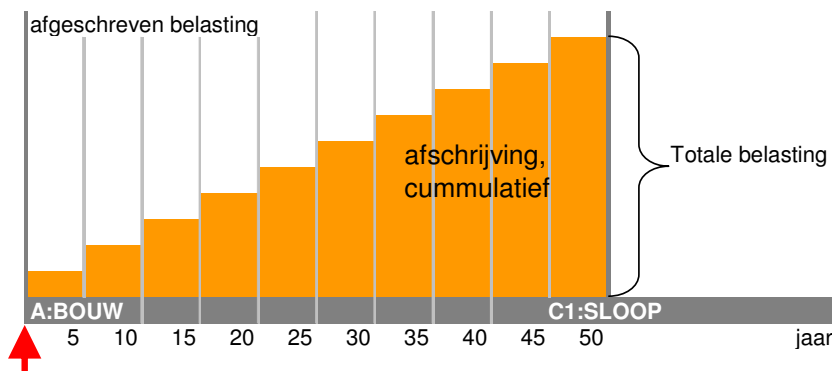
⁹ Bij vervangingen is het uitgangspunt dat dit gebeurt met dezelfde materialisatie.

De score is de weergave van de jaarlijks afgeschreven belasting¹⁰. Deze wordt bepaald door de totale belasting over de beschouwde periode te delen door de periode¹¹.

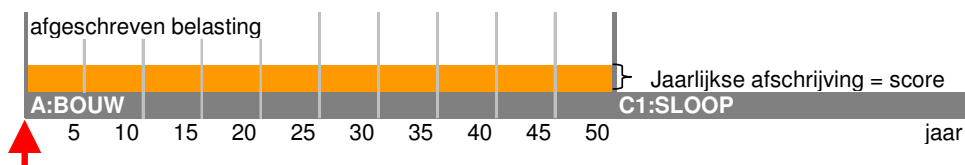
Nieuwbouw

Bij nieuwbouw, dus op moment A:BOUW is nog niet bekend hoe de levensloop van het gebouw precies zal worden. In de Handleiding¹² is vastgelegd dat bij alle woningen en woongebouwen een levensduurverwachting van 75 jaar wordt aangehouden, en bij utiliteitsgebouwen 50 jaar. Ook wordt bij nieuwbouw nog geen rekening gehouden met eventuele toekomstige renovaties. In deze studie wordt daarvan afgeweken om een eerlijke vergelijking met de renovatievariant te krijgen (zie paragraaf 4.2).

In de figuren 3.1 en 3.2 is de afschrijving voor een kantoorgebouw geschematiseerd. In figuur 3.1 is te zien dat de cumulatieve afgeschreven belasting na 50 jaar (moment C1:SLOOP) exact gelijk aan de totale belasting. In figuur 3.2 is de afschrijving per jaar te zien. De jaarlijkse belasting is berekend door de totale belasting over 50 jaar door 50 te delen. De belasting is per jaar gelijk en bepalend voor de score.



Figuur 3.1: Cumulatieve afschrijving bij nieuwbouw van het kantoorgebouw



Figuur 3.2: Jaarlijkse afschrijving bij nieuwbouw (ingezoomd: hoogte is 1^e staafje bij figuur 3.1)

¹⁰ De belasting wordt eerst per component (bijvoorbeeld buitendeur) bepaald. Het aantal vervangingen gedurende de gebouwlevensduur is per component verschillend. Conform de 'nationale' bepalingmethode wordt de breukenmethode gehanteerd. Veronderstelling is dat de vervangingen strategisch gepland worden en bijvoorbeeld niet net voor de sloop. Het aantal keer dat een component wordt ingebracht (bouw+vervangingen) wordt berekend door de theoretische levensduur te delen door de componentlevensduur (empirisch vastgestelde levensduurverwachting). Omdat bij de bouw altijd precies 1 stuks component ingebracht, is het minimum 1.

¹¹ In deze beschrijving wordt gefocust op de afschrijving in de tijd. Conform de 'nationale' bepalingmethode wordt de score ook nog eens gedeeld door het aantal m² vloeroppervlakte om de diverse gebouwen vergelijkbaar te maken.

¹² Bepalingmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken - versie 2.2; 10 december 2009



Bestaande bouw, algemeen

Bij de bestaande bouw bevinden we ons niet bij het moment A:BOUW, maar op een moment, waarop de beheerder zijn bezit tegen het licht houdt. Dit wordt het moment B:INGREEP genoemd. Op dit moment wordt gekozen tussen:

- consolideren (in stand houding door regulier onderhoud)
- renovatie (variërend van instandhouding tot hoog niveau renovatie)
- sloop

Moment B:INGREEP is de KNIP tussen verleden en toekomst. Aan het verleden kan de beheerder niets meer veranderen. Uitgangspunt voor het verleden is de theoretische afschrijving. De beheerder heeft wel invloed op de toekomst. Met zijn keuze bepaalt de beheerder in welke mate het aanwezige gebouw wordt benut, welke materialen worden toegevoegd, en over welke periode dit alles wordt afgeschreven.

Bij bestaande bouw is er per definitie een erfenis. De erfenis kan positief zijn in de vorm van gebouwdelen die al afgeschreven zijn (levensduurverlenging), maar ook negatief in de zin van bouwdelen waarop nog een niet afgeschreven belasting rust (vroegtijdige sloop). Belangrijke veronderstelling bij het bepalen van de erfenis is dat vanaf A:Bouw tot B:INGREEP een jaarlijkse afschrijving heeft plaatsgevonden uitgaande van de theoretische gebouwlevensduur (woningen:75 jaar, utiliteitsgebouwen:50 jaar). Het moment B:INGREEP bepaald of een bouwdeel afgeschreven is of niet.

Bestaande bouw, zonder renovatie

Ook als geen ingreep wordt gepleegd kan sprake zijn van vervroegde of uitgestelde sloop. Bij de bouw is een standaard gebouwlevensduur verondersteld, leidend tot een theoretische sloopdatum (C1:SLOOP). Rond moment B is er meer zicht op de daadwerkelijke levensduur die te verwachten is. Zo kan blijken dat de kwaliteit van het complex en/of omgeving inmiddels dusdanig is, dat de werkelijke sloopdatum (C2:SLOOP) eerder zal zijn dan theoretisch verwacht (C1). De invloed hiervan is belangrijk bij de afweging tussen wel of geen ingreep. Omgekeerd kan ook blijken dat een latere sloopdatum haalbaar is. De invloed op de score kan op dezelfde manier worden bepaald als in het geval van een ingreep.

Als de periode A tot C2 korter is dan 50 jaar is sprake van vroegtijdige sloop. Als de theoretische afschrijving over A-B in de periode B-C2 wordt doorgezet, zou bij C2 nog niet de totale belasting afgeschreven zijn. De jaarlijkse afschrijving in B-C2 moet dus omhoog. Een langere periode B-C2 heeft juist een positieve invloed op de jaarlijkse afschrijving en daarmee de score.

Voorbeeld voor component x:

A = 1980 (bouwjaar)

A-C1 = 50 (standaard theoretische levensduur)

C1 = 2030 (theoretische sloopjaar)

B = 2010 (moment van consolideren of ingrijpen)

Lc = 40 (componentlevensduur)

Bc = 20.00 (belasting per stuks component)

A-B (verleden)

Over de theoretische levensduur zou de component $50 / 40 = 1.25$ keer ingebracht worden (1x bouw en 0.25 x vervanging). De theoretische belasting is dus $1.25 \times 20.00 = 25.00$ en de bijbehorende jaarlijkse afschrijving $25.00 / 50 = 0.50$. In het verleden (periode A-B) is $30 \times 0.50 = 15.00$ afgeschreven.

$C2 < C1$ (vroegtijdige sloop, bijvoorbeeld $C2 = 2020$):

In werkelijkheid is de gebouwlevensloop 35 jaar ($C2:2015 - A:1980$). In 35 jaar is de frequentie $35 / 40 = 0.88$. Echter elke component wordt bij de bouw 1x ingebracht (dus 1 en geen 0.88). De belasting over de werkelijke periode (A-C2) is $1 \times 20.00 = 20.00$. Over A-B is al 15.00 afgeschreven, dus er rest nog 5.00. Deze rest moet in de periode B-C2:2015 - C2:2020 afgeschreven worden. De jaarlijkse afschrijving wordt dan $5.00 / 5 = 1.00$.

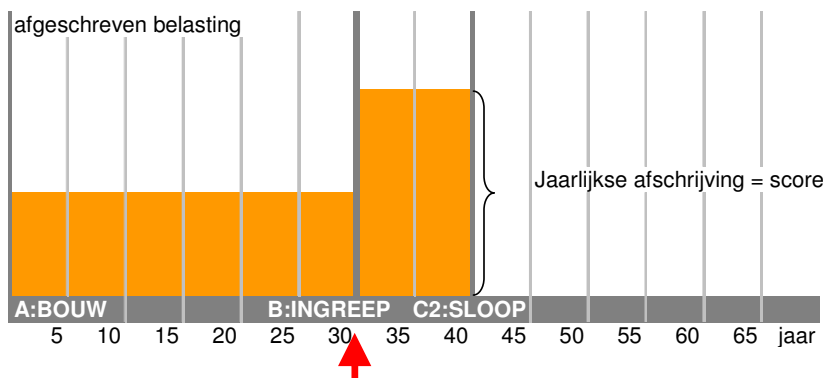
$C2 = C1$ (werkelijk = theoretisch = 2030):

A-C2 = 50 jaar. Frequentie is $50 / 40 = 1.25$. Belasting over A-C2 is $1.25 \times 20.00 = 25.00$. Rest is $25.00 - 15.00 = 10.00$. Jaarlijkse afschrijving in B-C2 (2010 - 2030) is $10.00 / 20 = 0.50$.

$C2 > C1$ (uitgestelde sloop, bijvoorbeeld $C2 = 2055$):

A-C2 = 75 jaar. Frequentie is $75 / 40 = 1.88$. Belasting over A-C2 is $1.88 \times 20.00 = 37.50$. Rest is $37.50 - 15.00 = 22.50$. Jaarlijkse afschrijving in B-C2 (2010 - 2055) is $22.50 / 45 = 0.50$.

Het blijkt dat de verlenging van de gebouwlevensduur geen effect meer heeft als de 1^e cyclus van de component is verlopen (dus hier 40 jaar na de bouw). Dit klopt met de theorie, waarbij voor vervanging van de breukenmethode wordt uitgegaan. Bij een grotere verlenging neemt de langere afschrijvingsperiode evenredig toe met de belasting (toename vervangingsfrequentie). Bedenk dat er een aantal belangrijke gebouwcomponenten zijn die een levensduur hebben gelijk aan de gebouwlevensduur (o.a. verdiepingvloeren). Hier is het effect van levensduurverlenging dus groot.



Figuur 3.3: Jaarlijkse afschrijving bij bestaande bouw ($C2:2020 < C1:2030$)

Een bijzondere situatie ontstaat bij hele oude gebouwen, waarbij $C1$ reeds gepasseerd is. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een gebouw uit 1945 ($C1$ is dan $1950 + 50 = 2000$). Verondersteld wordt dat in het verleden elk jaar keurig de theoretische afschrijving is gedaan. Na 50 jaar, dus in 2000, was de totale (theoretische) belasting dus afbetaald. De componenten die zich in het gebouw bevonden zijn dus 'gratis' te gebruiken.

Opnieuw geldt dat de winst alleen geldt voor die componenten die een zeer lange levensduur hebben. Deze hoeven niet of pas veel later vervangen te worden. Bij componenten met een levensduur gelijk aan die van het gebouw is, wordt de belastingscore 0. Bij de andere componenten is ook na 2000 de reguliere vervanging weer aan de orde.

Bestaande bouw, met renovatie

Naast het consolideren heeft de beheerder ook de keuze om op moment B:INGREEP actief in te grijpen. Hiermee wordt vroegtijdige sloop voorkomen of wordt de sloopdatum uitgesteld tot moment D:SLOOP. Of de ingreep tot een hogere of lagere materiaalprestatie leidt hangt af van:

- de componenten, die gehandhaafd blijven;
- de nieuwe materialen, die worden toegevoegd;
- de verwachte sloopdatum na de ingreep.

Op moment B zal er meestal sprake zijn van een restbelasting. De jaarlijkse theoretische afschrijving over de periode B-C1 wordt nog gemist. Per component kan de beheerder kiezen tussen handhaven en vervangen. Deze keuze is bepalend voor de periode waarover de restbelasting afgeschreven kan worden.

- Handhaven heeft een positief effect. Zo lang de aanwezige component nog functioneert, hoeft het niet vervangen te worden. Daarnaast kan de restbelasting op moment B over een langere periode afgeschreven worden. Dit wel onder de veronderstelling dat de ingreep tot een sloopdatum D leidt, die later is dan C1. De winst wordt vooral geboekt bij langcyclische producten (o.a. het casco). Kortcyclische producten (o.a. installaties) hebben op moment B een kleinere restbelasting, en zullen snel vervangen worden binnen het reguliere onderhoud.
- Vervanging van een component kan noodzakelijk zijn om de gewenste gebouwkwaliteit (en gebouwlevensduurverlenging) te bereiken. Maar omdat B:INGREEP meestal voor moment C1 ligt, zullen de meeste componenten bij B nog niet afgeschreven zijn (vroegtijdige sloop). De restbelasting van de verwijderde componenten moet over de periode B-D afgeschreven worden¹³. Ook dit effect is vooral merkbaar bij langcyclische producten (onder andere het casco).
- Nieuwe materialen worden toegevoegd om verwijderde materialen te vervangen, of als toevoeging¹⁴. Bij vervanging kunnen de nieuwe materialen afwijken van de verwijderde materialen. Toevoeging kan een geheel nieuwe component betekenen (bijvoorbeeld zonnepanelen toegevoegd), of de uitbreiding van bestaande componenten (bijvoorbeeld meer m² buitenblad)¹⁵. Ook de belasting van de nieuwe materialen wordt over de periode B-D afgeschreven worden.

De totale belasting die over de periode B-D moet worden afgeschreven bestaat uit:

1. de restbelasting van de bij B vervangen componenten
2. de doorlopende cyclische vervangingen van de gehandhaafde componenten
3. de inbreng van nieuwe componenten, gevolgd door de cyclische vervangingen

¹³ De ingreep betekent een harde knip. Alle vervangingen vinden op moment B plaats. Anders dan bij regulier onderhoud wordt er dus niet geoptimaliseerd en wordt er geen breukenmethode gehanteerd. Alle componenten worden net als bij nieuwbouw minimaal 1 keer ingebracht.

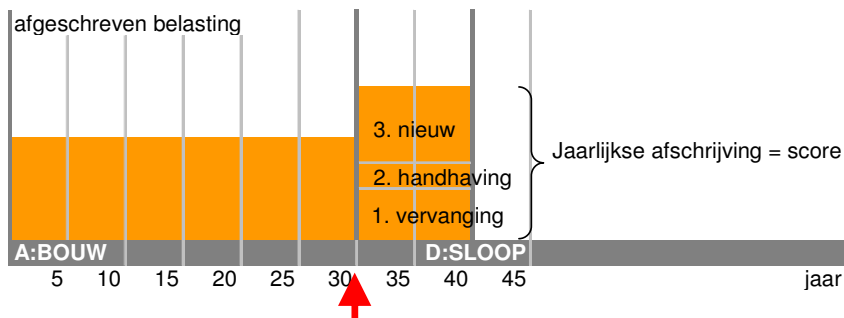
¹⁴ Net als bij de bouw worden de nieuwe materialen (vervangen of toegevoegd) op één moment ingebracht. De nieuwe input bij renovatie wordt analoog aan de bouw behandeld.

¹⁵ Een uit- of aanbouw (bijvoorbeeld optoppen) betekent dat er meer materiaal nodig is. Maar omdat het gebruiksoppervlakte toeneemt, kan de jaarlijkse afschrijving, die ook uitgedrukt wordt per m² GO, toch lager worden.

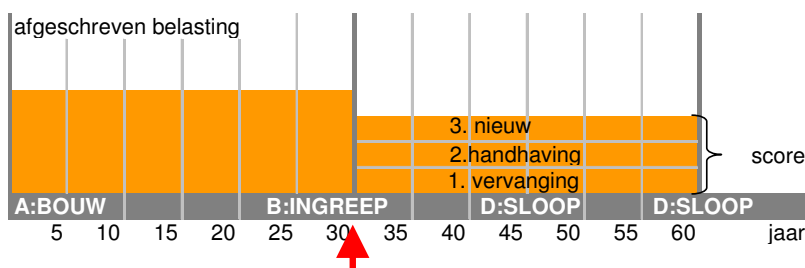
Een ingreep is in eerste instantie nodig om de kwaliteit van het gebouw te consolideren of te verbeteren (een kwaliteitsverbetering die in GPR gebouw bij de overige modules zichtbaar wordt). De materiaalprestatie zal door de ingreep positief of negatief beïnvloed worden. De volgende variabelen zijn hiervoor bepalend:

- bereikte gebouwlevensduurverlenging (langer is positief)
- aandeel vervangen versus gehandhaafd (handhaven is positief)
- langcyclische of kortcyclische componenten (bij langcyclische componenten is het effect van vervanging/handhaving en levensduurverlenging groter)
- de hoeveelheid nieuw ingebracht materiaal (meer is negatief, tenzij ook het gebruiksoppervlakte vergroot wordt)
- de materiaalkeuze bij nieuwe componenten (uitgangspunt is dat bij handhaving het cyclische vervanging doorgezet met de oude, mogelijk slechtere, materialen)

In de figuren 3.4 en 3.5 wordt de invloed van de levensduurverlenging getoond. Bij figuur 3.4 levert de ingreep een beperkte verlenging van de levensduur op. De diverse deelbelastingen, waaronder de nieuwe materiaalinput moet over een relatief korte periode afgeschreven (40 - 30 = 10 jaar) worden. Bij figuur 3.5 bedraagt de periode (60 - 30 = 30 jaar).



Figuur 3.4: Jaarlijkse afschrijving bij bestaande bouw met ingreep (D:sloop relatief kort na B)



Figuur 3.5: Jaarlijkse afschrijving bij bestaande bouw met ingreep (D:sloop relatief lang na B)

Opnieuw voorbeeld voor component x:

A = 1980 (bouwjaar)

A-C1 = 50 (standaard theoretische levensduur)

C1 = 2030 (theoretische sloopjaar)

B = 2010 (moment van consolideren of ingrijpen)

Lc = 40 (componentlevensduur)

Bc = 20.00 (belasting per stuks component)

%han = 75% (25% van de component gehandhaafd en 50% vervangen)

Lcnieuw = 40 (componentlevensduur bij B ingebrachte component)

Bcnieuw = 15.00 (belasting per stuks bij B ingebrachte component)

D = 2035 (sloopjaar na ingreep)

A-B (verleden)

Over de theoretische levensduur zou de component $50 / 40 = 1.25$ keer ingebracht worden (1x bouw en $0.25 \times$ vervanging). De theoretische belasting is dus $1.25 \times 20.00 = 25.00$ en de bijbehorende jaarlijkse afschrijving $25.00 / 50 = 0.50$. In het verleden (periode A-B) is $30 \times 0.50 = 15.00$ afgeschreven.

Handhaving:

De uiteindelijke gebouwlevensloop is 55 jaar (D:2035 – A:1980). In 55 jaar is de frequentie $55 / 40 = 1.38$. De belasting over de periode (A–D) is $0,75$ (aandeel gehandhaafd) $\times 1.38 \times 20.00 = 20,63$. Over A-B is al $0.75 \times 15.00 = 11.25$ afgeschreven, dus er rest nog 9.38 .

Vervanging:

In 30 jaar is de frequentie $30 / 60 = 0.50$. Omdat de ingreep een 'hard' moment is, is er geen sprake van een breuk. Er wordt naar boven afgerond (dus 1 en geen 0.50). De belasting over de A–B is $0,25$ (aandeel gehandhaafd) $\times 1 \times 20.00 = 5.00$. Over A-B is al $0,25 \times 15.00 = 3.00$ afgeschreven, dus er rest nog 2.00 .

Nieuw:

Veronderstelling is dat er alleen een input van nieuw materiaal is ter vervanging van de verwijderde materialen, en er dus geen sprake is van een uitbreiding. In de resterende periode van 27 jaar (2035 – 2010) is de frequentie $25 / 40 = 0.63$. Echter elke component wordt bij de renovatie 1x (analoog aan de bouw) ingebracht (dus 1 en geen 0.63). De belasting over de periode (B–D) is $0,25$ (aandeel gehandhaafd) $\times 1.00 \times 15.00 = 3.75$.

Totaal:

De totale belasting die over de periode B-D moet worden afgeschreven bedraagt: 9.38 (handhaven) $+ 2.00$ (vervangen) $+ 3.75$ (nieuw) $= 15.13$. Dit betekent een de jaarlijkse afschrijving van $15.13 / 25 = 0.61$.

Leegstand

Bij leegstand blijft er materiaalgebonden milieubelasting ontstaan, terwijl er geen functie wordt geleverd (geen extra jaren om de belasting door te delen). Onderhoud aan gebouw en installaties blijft nodig. Ook zal er voor het weer in gebruik nemen altijd een (lichte) renovatie nodig zijn om aan de wensen van de nieuwe gebruiker te voldoen (bij lange leegstand zal de inrichting gedateerd zijn).

3.3 Berekening: energiestatatie

Nieuwbouw

Ook voor de berekening van de energiestatatie is gebruik gemaakt van GPR Gebouw. Met GPR Gebouw® versie 4.1 is het mogelijk om of direct een al berekende waarde voor de EPC in te voeren, of een indicatieve energiestatatie berekening uit te voeren.

Voor een indicatieve berekening moeten gebouw- en installatiekenmerken worden in gevoerd, zoals bij de tabbladen bouwkundig, verwarming, tapwater, ventilatie, koeling, zonne-energie. Na invoer zijn de resultaten conform figuur 3.6 beschikbaar.

Voor het bepalen van de energiegebonden milieubelasting zijn de hoeveelheden gas (m³) en elektriciteit (kWh) eerst omgerekend primair energiegebruik (MJ). Vervolgens is dit resultaat met behulp van de milieuprofielen voor 1 MJ_{prim,gas} respectievelijk 1 MJ_{prim,elektriciteit} vertaald naar milieueffecten en schaduwrijzen.

resultaten	
Indicatie energieprestatie en CO₂-emissie (direct afgeleid uit de energieprestatie berekening)	
Energieprestatie coëfficiënt (EPC)	1,15
CO ₂ (ton)	77
Indicatie energieverbruik	
gas (x1000 m ³)	15
elektriciteit (MWh)	89
warmte (GJ)	0
elektriciteitsproductie door fotovoltaïsche cellen en/of warmtekracht (MWh)	0
Primair energiegebruik EPN (GJ)	
ruimteverwarming	521
hulpenergie	224
warmtapwater	51
pompen	73
koeling	184
bevochtiging	0
verlichting	286
bijdrage door toepassing van fotovoltaïsche cellen	0
bijdrage door toepassing van warmtekracht	0
totaal primair energiegebruik	1.340
primair energiegebruik per m ² GBO (MJ/jaar m ²)	445

Figuur 3.6: resultatenschermbij submodule 1.1 van GPR Gebouw, versie 4.1 (Kantoorgebouwen, nieuwbouw)

Bestaande bouw

Met GPR Gebouw, versie 4.1 kan ook de Energie Index (EI) berekend worden. Hiertoe moeten de tabbladen Algemeen, Bouwkundig en Installaties ingevuld worden. Na invoer zijn de resultaten conform figuur 3.7 beschikbaar. Net als bij nieuwbouw worden de milieueffecten en schaduwpreizen aan de hand van de hoeveelheden gas (m³) en elektriciteit (kWh) bepaald.

resultaten		
Indicatie energieprestatie en CO₂-emissie (direct afgeleid uit de energieprestatie berekening)		
	huidig	na ingreep
Energie index (EI)	2,65	2,62
Energie label	G	G
CO ₂ (ton)	255	276
Indicatie energieverbruik		
gas (x1000 m ³)	77	62
elektriciteit (MWh)	208	294
warmte (GJ)	0	0
elektriciteitsproductie door fotovoltaïsche cellen en/of warmtekracht (MWh)	0	0
Primair energiegebruik EPA (GJ)		
ruimteverwarming	2.703	2.168
hulpenergie	224	91
warmtapwater	51	51
pompen	69	69
koeling	241	327
bevochtiging	0	171
verlichting	1.333	2.000
bijdrage door toepassing van fotovoltaïsche cellen	0	0
bijdrage door toepassing van warmtekracht	0	0
totaal primair energiegebruik	4.623	4.879
primair energiegebruik per m² GBO (MJ/jaar m²)	1.536	1.621

Figuur 3.7: resultatenscherf bij submodule 1.1 van GPR Gebouw, versie 4.1 (Kantoorgebouwen, bestaande bouw)

Leegstand

De milieubelasting van een leegstand kantoor is niet nul. Er blijft een energievraag bestaan (beveiligingsystemen, minimale verlichting, bescherming tegen vorst, ventilatie). Ook zal er voor het weer in gebruik nemen altijd een (lichte) renovatie nodig zijn om aan de wensen van de nieuwe gebruiker te voldoen (bij lange leegstand zal de inrichting gedateerd zijn). De vraag is of deze ingreep nog aan het scenario Nieuwbouw toegerekend moet worden.

3.4 Berekening: ruimtebeslag

Ruimte is een schaars goed in Nederland. Een veel gebruikte maat voor de efficiëntie van ruimtegebruik is de Floor-Space-Index. De formule: $FSI = bvo / \text{totaaloppervlakte}$. Een hogere FSI is duurzamer.

In deze studie zijn scenariostudies uitgevoerd, waarbij het bvo en het totaaloppervlakte geen constanten zijn. Daarom is een over het gehele scenario gemiddelde FSI berekend. Daartoe is eerst al het ruimtegebruik en het bvo gedurende de duur van het scenario bij elkaar opgeteld en gedeeld door de periode. Pas daarna wordt de FSI bepaald. Bij leegstand van een gebouw, wordt het bvo niet nuttig gebruikt terwijl er wel beslag op de ruimte wordt gelegd. Het gemiddelde bvo wordt hierdoor lager, bij een gelijkblijvend ruimtegebruik. De FSI wordt hierdoor lager. Leegstand wordt opgeheven door het opnieuw in gebruik nemen van het gebouw, of door sloop, waarbij de ruimte weer vrijkomt. Ook bij nieuwbouw, renovatie of sloop is er wel sprake van ruimtegebruik, maar geen nuttig gebruik van het gebouw.

3.5 Combinatie tot integraal 'afwegingsmodel'

Energie en Materiaal onder dezelfde 'noemer'

Een belangrijke stap richting een integrale afweging is de aggregatie van de energie- en materiaalgerelateerde milieubelasting. Zowel de energie (MJ)- als materiaalgebruiken (kg) kunnen via de levenscyclusbenadering vertaald worden naar optelbare grootheden. Dit betreft een 9-tal milieueffecten, zoals broeikas effect met als eenheid kg CO₂-equivalenten (figuur 3.8).

In de 'nationale' bepalingmethode is vastgelegd hoe 9 milieueffecten opgeteld kunnen worden tot één hanteerbare score, de schaduwprijs. Basisgedachte is dat de schaduwprijs het voor de overheid hoogste toelaatbare kostenniveau per eenheid Emissiebestrijding is. De schaduwprijs wordt bepaald door de milieu-effecten te vermenigvuldigen met de schaduwprijs per equivalent (per milieu-effect) en daarna te sommeren. De totale schaduwprijs van een gebouw wordt uitgedrukt in euro's, per m² oppervlakte per jaar.

LCA-profiel)		Schaduwprijs
Milieu-effecten	eenheid	€ / kg eq.
Uitputting (ADP)	kg antimoon (Sb) eq.	€ 0,16
Broeikas effect (GWP 100j.)	kg kooldioxide (CO ₂) eq.	€ 0,05
Ozonlaagaantasting (ODP)	kg CFK-11 eq.	€ 30,00
Smog (POCP)	kg ethyleen (C ₂ H ₂) eq.	€ 2,00
Humane toxiciteit (HTP)	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	€ 0,09
Ecotoxiciteit, water (FAETP)	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	€ 0,03
Ecotoxiciteit, sediment	niet operationeel	-
Ecotoxiciteit, terrestisch (TETP)	kg 1,4-dichloorbenzeen eq.	€ 0,06
Verzuring (AP)	kg zwaveldioxide (SO ₂) eq.	€ 4,00
Vermesting (EP)	kg fosfaat (PO ₄) eq.	€ 9,00
Schaduwprijs	euro	€ -

Figuur 3.8: overzicht milieueffecten als resultaat LCA-benadering, met bijbehorende weegfactoren tbv de schaduwprijsberekening

Vergelijkingseenheid

De karakteristieken van te vergelijken gebouwen, varianten, of scenario's zijn meestal afwijkend. Voor een eerlijke vergelijking is een vertaling naar dezelfde vergelijkseenheid noodzakelijk. Veel gebruikte variabelen zijn de beschouwingperiode en de afmetingen. Zowel de materiaalgebonden- als de energiegebonden- milieubelasting worden uitgedrukt per m² vloeroppervlakte en per jaar.

Een kanttekening is dat de functionaliteit van 1 m² vloeroppervlakte in de tijd geen constante blijkt. Een vierkante meter vloeroppervlakte wordt, onder andere door flexwerken, tegenwoordig aanzienlijk efficiënter benut dan in het verleden. De terugrekening naar één gewerkt uur houdt hiermee rekening. Omdat de vierkante meter in de meeste methoden als standaard wordt gehanteerd, en omdat er geen reden is om bij de casestudie onderscheid te maken in efficiëntie van het vloeroppervlakte is de m² in



deze studie als terugrekeneenheid gebruikt. **Samenvoeging met de overige aspecten**
Gezien de diversiteit in bepalingsmethoden en achterliggende benaderingen is het niet zinvol om ze allen te combineren. Als het één geheel moet worden, dan kan beter aangesloten worden bij reeds bestaande instrumenten.

Naast de uitkomsten van de berekeningen, zijn de verschillende perioden/gebouwen in de scenario's voorzien van GPR Gebouw - scores op de kwaliteitsthema's Gezondheid, Gebruikskwaliteit en Toekomstwaarde. Hoewel de focus op Planet ligt, is hiermee toch een indicatie van de brede kwaliteit verkregen (zie paragraaf 5.5).

4 Scenariostudie

Er is een scenariostudie uitgevoerd met een driedelig doel:

1. toets van het 'afwegingsmodel' op mate van inzicht en praktische werking
2. inzicht krijgen in de gebouwkenmerken die grote invloed hebben op de duurzaamheid
3. gevoel voor de samenhang tussen en de doorwerking van de kenmerken

Bij de scenariostudie zijn de consequenties van beslissingen ten aanzien van de huisvesting (scenario's) bepaald. Omdat deze consequenties afhangen van het gebouw en de context zijn de scenario's op meerdere situaties geprojecteerd (cases).

4.1 Cases: 6 kantoorgebouwen

Selectie cases

Bij de case gaat het om de keuze van gebouwen, in relatie tot hun context. Waarschijnlijk relevante parameters zijn de gebouwafmeting, ouderdom en de kwaliteit van gebouw en omgeving. Mogelijkheden zijn referentiegebouwen (vergelijkbaarheid, geen vertroebeling inzicht door bijzonderheden) of werkelijk bestaande gebouwen (herkenbaarheid, realiteitsgehalte). Gekozen is voor een combinatie, namelijk het gebruik van referentiegebouwen, maar wel met de context van reële kantoorgebouwen. Praktisch voordeel was dat veel gebouwkenmerken bij de referentiegebouwen al beschikbaar zijn, zodat de dataverzameling (o.a. uittrekstaten voor materiaal en energierekening) aanzienlijk minder tijd heeft gekost.

Er is gekozen voor de variatie op grootte en bouwjaar. De kwaliteit hangt deels samen met de ouderdom. Gebouwen van voor 1980 zijn onderzoeksmatig interessant, omdat dit een situatie betreft, waarbij een groot deel van de gebouwen, voor wat betreft de materiaalgebonden milieu-investering, is afgeschreven. Maar omdat deze studie inzicht moet bieden in vastgoed, waarbij nog wezenlijke keuzemogelijkheden bestaan (institutioneel vastgoed), is voor gebouwen van recentere datum gekozen. Ook bij gebouwen uit 2000 is het huurcontract binnenkort afgelopen, waarbij het huisvestingsvraagstuk opnieuw aan de orde komt. De combinatie van grootte en bouwjaar levert de cases in figuur 4.1 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 4.1: kenmerken 6 kantoorgebouwen

Uitwerking Cases

De scenario's zijn doorgerekend met het instrument GPR Gebouw. Als basis voor de cases zijn de in GPR Gebouw opgenomen referentie kantoorgebouwen gebruikt, waarbij een

aanpassing naar bouwjaar heeft plaatsgevonden. De referentiegebouwen zijn vastgesteld door combinatie van voorbeeldgebouwen uit een drietal bronnen ^{16, 17, 18}. De materialisatie is bij alle cases gelijk. Ook bij de scenario's zijn steeds dezelfde materialen gekozen. Verschillen zijn er wel bij de materialisatie van de voor de energieprestatie relevante gebouwcomponenten (schilisolatie, installaties). Ook is er bij de cases en scenario's een onderscheid in de installatietechnische kenmerken.

Gebouw, 3.000 m²

Basis is de referentie E2 uit de RGD-studie. Het betreft een 4-laags gebouw met plat dak, ontsloten via een enkele corridor. Het gebouw is 60,0 m1 lang en 12,5 m1 breed, wat een bruto vloeroppervlakte van 3.000 m² oplevert. De verdiepingshoogte is overal 3,6 m1.

Het gebouw heeft een casco van beton. De gevel is 50% dicht (metselwerk) en 50% open (aluminiumkozijnen+glas). De verdiepingen zijn opgedeeld in kamers. Het gebouw is voorzien van 2 liften met 8 stopplaatsen. Per verdieping zijn er 2 toiletgroepen en 2 pantry's. Er is onderscheid gemaakt tussen de voor de energieprestatie relevante gebouw- en installatiekenmerken (figuur 4.2).

Case: 3000 m ²	1980	1990	2000
Vloer; Rc-waarde	0,25 m ² K/W	1,3 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Gevel; Rc-waarde	1,0 m ² K/W	2,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Dak; Rc-waarde	1,3 m ² K/W	2,5 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Kierdichting; qv;10	1,5 dm ³ /s m ² go	1,0 dm ³ /s m ² go	0,5 dm ³ /s m ² go
Beglazing; U-waarde	4,4 W/m ² K*	3,0 W/m ² K	1,8 W/m ² K
Beglazing; ZTA-waarde	0,8	0,7	0,6
Zonwering / overstek	buitenzonwering	buitenzonwering	buitenzonwering
Warmteopwekking	CR	VR	HR-100, HTV
Warmterugwinning	geen	platen/buizenwarmtewisselaar	warmtewiel, rendement 70%
Warmteafgifte	radiatoren	radiatoren	radiatoren, individuele regeling
Gebouwmassa	> 400 kg/m ³	> 400 kg/m ³	> 400 kg/m ³
Koudeopwekking	compressiekoelmachine	compressiekoelmachine	compressiekoelmachine
Koeling	topkoeling	topkoeling	topkoeling
Bevochtiging	geen	geen	geen
Warmtapwater	elektrische boilers	elektrische boilers	elektrische boilers
Luchtbehandeling	mechanisch af- en toevoer	mechanisch af- en toevoer	mechanisch af- en toevoer
Ventilatievoud	v.v. 3	v.v. 3	v.v. 3
Nachtventilatie	geen	70% nachtventilatie	70% nachtventilatie
Recirculatie	45%	geen	geen
Gebouwbeheersysteem	geen	geen	geen
Verlichting; type	TL, 20 W/m ²	TL, 15 W/m ²	10 W/m ² **
Verlichting; regeling	centraal geschakeld	vertrekschakeling	dubbele vertrekschakeling***

* in 1980 werd enkel (5.8) en dubbel (3.0) gepast toegepast (aannee 50:50-> gem. 4.4)

** gebruikelijk was 12 W/m², bij HF: 8,5 W/m²

*** veegpuls of aanwezigheidsdetectie werd niet standaard toegepast

Figuur 4.2: Gebouw- en installatiekenmerken case 3.000 m²bvo, onderscheid naar bouwjaar

¹⁶ EP-variantenboek utiliteitsbouw, Novem, oktober 1996

¹⁷ NPR 2917:2005, Voorbeeld C.4: kantoor

¹⁸ Plan van aanpak LTGO bestaande U-bouw, Deel 2: PvA kantoorgebouwen, NOVEM/RGD, 29 nov 1999

Gebouw, 18.000 m²

Basis is de referentie F2 uit de RGD-studie (1999). Het betreft een 10-laags gebouw met plat dak, ontsloten als kantoortuin. Het gebouw is 60,0 m1 lang en 30,0 m1 breed. Dit levert een bruto vloeroppervlakte op van 18.000 m². De verdiepingshoogte is bij elke laag 4,0 m1.

Ook dit gebouw heeft een casco van beton. De gevel is 50% dicht (metselwerk) en 50% open (aluminiumkozijnen+glas). De verdiepingen zijn beperkt opgedeeld. Het gebouw is voorzien van 4 liften met 40 stopplaatsen. Per verdieping zijn er 4 toiletgroepen en 4 pantry's. Er is onderscheid gemaakt tussen de voor de energieprestatie relevante gebouw- en installatiekenmerken (figuur 4.3).

Case: 18000 m ²	1980	1990	2000
Vloer; Rc-waarde	0,25 m2K/W	1,3 m2K/W	3,0 m2K/W
Gevel; Rc-waarde	1,0 m2K/W	2,0 m2K/W	3,0 m2K/W
Dak; Rc-waarde	1,3 m2K/W	2,5 m2K/W	3,0 m2K/W
Kierdichting; qv;10	1,0 dm3/s.m2	0,5 dm3/s m2go	0,2 dm3/s m2go
Beglazing; U-waarde	4,4 W/m2K*	3,0 W/m2K	1,8 W/m2K
Beglazing; ZTA-waarde	0,8	0,7	0,6
Zonwering / overstek	buitenzonwering	buitenzonwering	buitenzonwering
Warmteopwekking	CR	VR	HR-100, HTV
Warmterugwinning	geen	platen- of buizenwarmtewisselaar	warmtewiel, rendement 70%
Warmteafgifte	4-pijpsinductie(water+lucht)	4-pijpsinductie (water + lucht)	4-pijpsinductie (water + lucht)
Gebouwmassa	> 400 kg/m3	> 400 kg/m3	> 400 kg/m3
Koudeopwekking	compressiekoelmachine	compressiekoelmachine	compressiekoelmachine
Koeling	volledige koeling	volledige koeling	volledige koeling
Bevochtiging	>60% go	>60% go	>60% go
Warmtapwater	elektrische boilers	elektrische boilers	elektrische boilers
Luchtbehandeling	volledige airco	volledige airco	volledige airco
Ventilatievoud	v.v. max.6(zomer), normaal:3	v.v. max.6(zomer), normaal:3	v.v. max.6(zomer), normaal:3
Nachtventilatie	geen	70% nachtventilatie	70% nachtventilatie
Recirculatie	45%	geen	geen
Gebouwbeheersysteem	geen	geen	ja
Verlichting; type	TL, 20 W/m ²	TL, 15 W/m ²	10 W/m ² **
Verlichting; regeling	centraal geschakeld	veegpuls	veegpuls+aanwezigheidetectie

* in 1980 werd enkel (5.8) en dubbel (3.0) gepast toegepast (aanneame 50:50-> gem. 4.4)

** gebruikelijk was 12 W/m², bij HF: 8,5 W/m²

Figuur 4.3: Gebouw- en installatiekenmerken case 18.000 m²bvo, onderscheid naar bouwjaar

Grondgebruik

Voor de berekening van de Floor-space-index zijn het grondgebruik bij beide gebouwgrootten nodig. Gebruikt zijn de referenties uit de RGD-studie (1999).

- Referentie E3: 3.000 m²bvo in 4 lagen. Het begane grondoppervlakte: 12,5 x 60 = 750 m². Aanneame: perceeloppervlakte is voor 75% bebouwd. Dit betekent een grondgebruik van 1.000 m².
- Referentie F4: 18.000 m²bvo in 10 lagen. Het begane grondoppervlakte: 30 x 60 = 1.800 m². Aanneame: perceeloppervlakte is voor 50% bebouwd (meer verdiepingen betekent meer mensen per m² perceel, maar ook een grotere behoefte aan parkeerruimte. Deze aanname betekent een grondgebruik van 3.600 m².

4.2 Keuze scenario's

Er zijn vele scenario's denkbaar, onder andere omdat een kantoorgebouw zelden zonder renovatie het einde van de levensduur haalt. Ook kan leegstand gevolgd worden door sloop, maar ook weer door gebruik (eventueel voorafgegaan door een renovatie). Hieronder zijn een vijftal veel voorkomende scenario's beschreven. De scenario's zijn in deze paragraaf uitgewerkt voor het bouwjaar 1980. Bij de cases uit 1990 en 2000 zijn de gebruiksperiodes tot aan 2012 navenant korter.

Uitgangspunt is een kantoorgebouw, waarvan de bouw in 1980 is begonnen en in 1982 gestart is met het gebruik. Nu naar 28 jaar gebruik voldoet het gebouw niet meer, en moet er wat gebeuren. De volgende scenario's zijn uitgewerkt:

1. Scenario 1: Doorexploiteren (1:EXPLOI)
2. Scenario 2: Renovatie, licht (2:RENOLI)
3. Scenario 3: Renovatie, zwaar (2:RENOZW)
4. Scenario 4: Sloop+nieuwbouw (3:NIEUWS)
5. Scenario 5: Sloop+nieuwbouw+leegstand (3:NIEUWL)

Bij alle scenario's is het verleden tot 2012 hetzelfde. De berekeningen richten zich dan ook op het deel dat nog komen gaat (rode lijnen in figuren 4.4 – 4.8). Bij de nieuwbouwsenario's wordt verondersteld dat de nieuwbouw in 2012 gereed is, zodat het kantoorpersoneel direct in 2012 aan de slag kan. Bij de renovatiescenario's is sprake van een discontinuïteit. In 2012 vindt de renovatie plaats, waarbij tijdelijke huisvesting van 1 jaar logischer is dan het volledig doorwerken op die locatie. Verondersteld is dat er in dit jaar niet productief gewerkt kan worden.

Bij de berekeningen is uit het verleden (dus van voor 2012) alleen het nog niet afgeschreven materiaalgebruik meegenomen (verrekening vroegtijdig slopen). Deze restbelasting moet in de toekomst worden afgelost. Bij Energie, dat een continue jaarlijkse post is, is er nooit een nog niet afgeschreven deel. De scenario's dekken verschillende gebruiksperiodes. Dit is geen probleem omdat de belasting steeds naar 1 jaar is teruggerekend.

De focus in dit onderzoek ligt op het eerstvolgende beslissingsmoment. Wat er in de toekomst gebeurt, is niet te voorspellen. Dit is zeker relevant voor de scenario's 3, 4 en 5, waarbij de (rest)levensduur lang is. De werkelijk behaalde levensduur kan fors afwijken van de nu ingeschatte levensduur. Deze inschatting is van grote invloed, mede omdat dit de periode bepaalt waarover de restbelasting kan worden afgeschreven. In paragraaf 5.1 is daarom een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij een 25% kortere levensduur is aangehouden.

Bij de voor nieuwbouw geoperationaliseerde 'nationale' bepalingmethode is de periode van 50 jaar zonder ingrepen als standaard aangehouden. Deze fictieve periode is niet zo belangrijk daar nieuwbouw met nieuwbouw vergeleken wordt. In deze studie wordt nieuwbouw echter met renovatie vergeleken. De vraag is of de periode van 50 jaar zonder ingrepen wel tot een eerlijke vergelijking leidt. Getracht is het realiteitsgehalte te vergroten door bij 3, 4 en 5 na 25 jaar een lichte ingreep te veronderstellen.

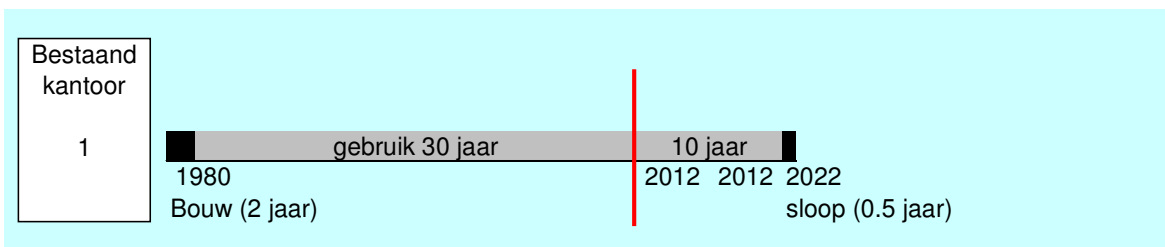
Scenario 1: Doorexploiteren (1:EXPLOI)

Met regulier onderhoud wordt de levensduur van het gebouw vanaf 2012 nog 10 jaar gerekent. Het gebouw wordt in 2022 gesloopt (duurt 0,5 jaar). Het verleden is relevant vanwege de nog niet afgeschreven milieubelasting (zie paragraaf. 3.4). Dit verleden is bij alle scenario's gelijk:

- Materiaal+afval bouw in 1980-1982 (nog niet afgeschreven deel)
- Materiaal+afval onderhoud: 1982 – 2012 (nog niet afgeschreven deel)

Vanaf de rode lijn (figuur 4.4) komt daar bij dit scenario het volgende bij:

- Ruimtebeslag: 2012 – 2022,5 (10,5 jaar)
- Materiaal+afval onderhoud: 2012 – 2022 (10,0 jaar)
- Energiegebruik: 2012 – 2022 (10,0 jaar)
- Afval sloop in 2022

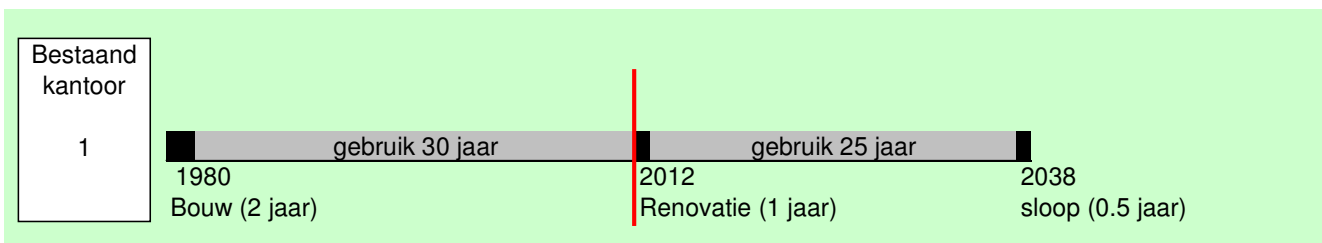


Figuur 4.4: schematische weergave scenario 1: Doorexploiteren (1:EXPLOI)

Scenario 2: Renovatie, licht (2:RENOLI)

De renovatie in 2012 duurt 1 jaar. Vanaf 2013 wordt het kantoor nog 25 jaar gebruikt, waarna het in 2038 gesloopt wordt. Milieubelasting is er door:

- Nog niet afgeschreven belasting uit het verleden
- Ruimtebeslag: 2012 – 2038,5 (26,5 jaar)
- Materiaal+afval lichte renovatie in 2012
- Materiaal+afval onderhoud: 2013 – 2038 (25,0 jaar)
- Energiegebruik: 2013 – 2038 (25,0 jaar)
- Afval sloop in 2038



Figuur 4.5: schematische weergave scenario 2: Renovatie, licht (2:RENOLI)

Scenario 3: Renovatie, zwaar (3:RENOZW)

De renovatie in 2012 duurt 1 jaar. Vanaf 2013 wordt het kantoor nog 40 jaar gebruikt. Tussentijds, na 25 jaar, volgt nog een lichte renovatie. In 2054 wordt het gebouw gesloopt. Milieubelasting is er door:

- Nog niet afgeschreven belasting uit het verleden
- Ruimtebeslag: 2012 – 2054,5 (42,5 jaar)
- Materiaal+afval zware renovatie in 2012
- Materiaal+afval lichte renovatie in 2038
- Materiaal+afval onderhoud: 2013 – 2038 (25,0 jaar)
- Materiaal+afval onderhoud: 2039 – 2054 (15,0 jaar)
- Energiegebruik: 2013 – 2038 (25,0 jaar)
- Energiegebruik: 2039 – 2054 (15,0 jaar)
- Afval sloop in 2054



Figuur 4.6: schematische weergave scenario 3: Renovatie, zwaar (3:RENOZW)

Scenario 4: Sloop+nieuwbouw (4:NIEUWS)

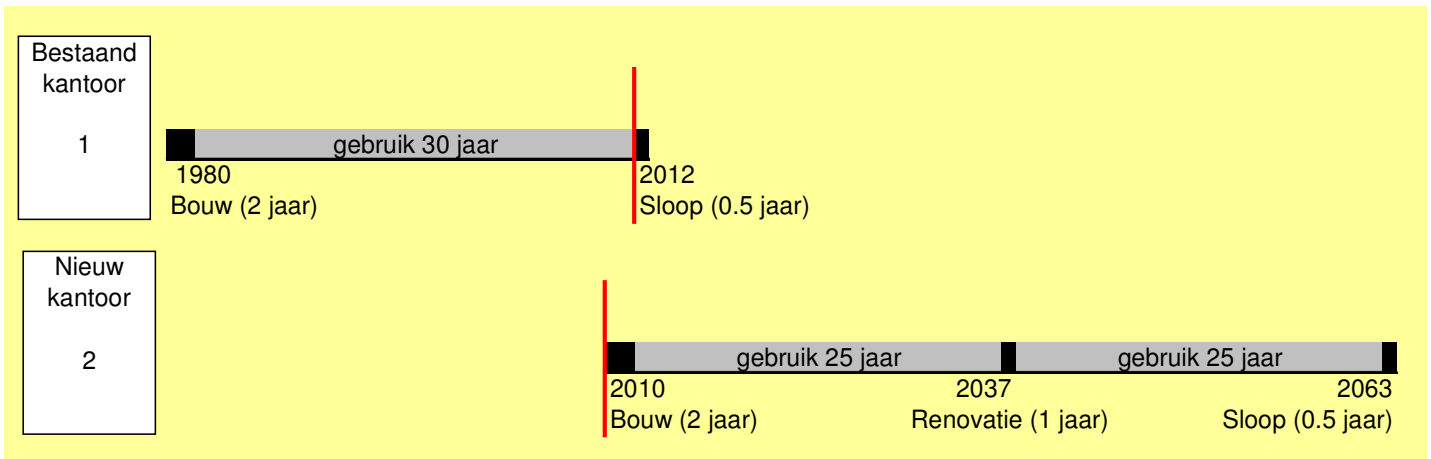
De sloop in 2012 duurt 0,5 jaar. Op een andere locatie is in 2010 de bouw van een nieuw kantoor gestart. Vanaf 2012 wordt het kantoor 50 jaar gebruikt. Net als bij scenario 3 volgt in 2038 een lichte ingreep. In 2062 wordt het gebouw gesloopt. Milieubelasting is er door:

Gebouw 1 (bestaande bouw)

- Nog niet afgeschreven belasting uit het verleden
- Ruimtebeslag: 2012 – 2012,5 (0,5 jaar)
- Afval sloop in 2012

Gebouw 2 (nieuwbouw):

- Ruimtebeslag: 2010 – 2063,5 (53,5)
- Materiaal+afval bouw in 2010-2012
- Materiaal+afval onderhoud: 2012 – 2037 (25,0 jaar)
- Materiaal+afval lichte renovatie in 2037
- Materiaal+afval onderhoud: 2038 – 2063 (25,0 jaar)
- Energiegebruik: 2012 – 2037 (25,0 jaar)
- Energiegebruik: 2038 – 2063 (25,0 jaar)
- Afval sloop in 2063



Figuur 4.7: schematische weergave scenario 4: Sloop+nieuwbouw (4:NIEUWS)

Scenario 5: Sloop+nieuwbouw+leegstand (5:NIEUWL)

Scenario 5 is een variant op scenario 4, waarin leegstand is meegenomen. Het bestaande kantoor wordt niet direct gesloopt, maar komt eerst leeg te staan. Verondersteld is dat de periode van leegstand 20 jaar duurt, waarna als nog in 2032 de sloop zal plaatsvinden.

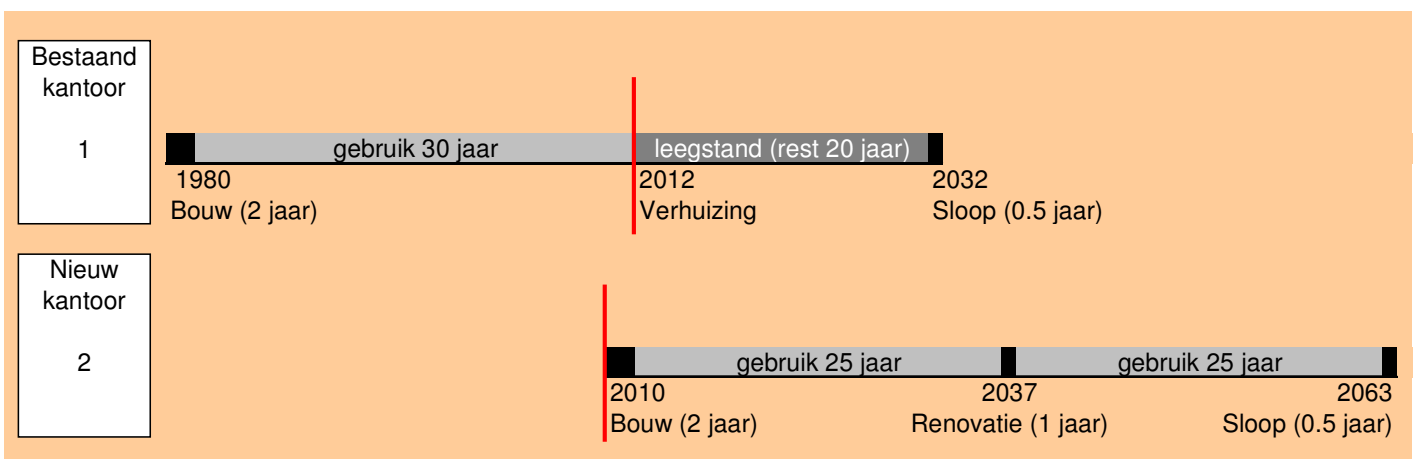
Milieubelasting is er door:

Gebouw 1 (bestaande bouw)

- Nog niet afgeschreven belasting uit het verleden
- Ruimtebeslag: 2012 – 2032,5 (20,5 jaar)
- Materiaal+afval onderhoud leegstand: 2012 – 2032 (20,0 jaar)
- Energiegebruik leegstand: 2012 – 2032 (20,0 jaar)
- Afval sloop in 2032

Gebouw 2 (nieuwbouw):

- Zie scenario 4:NIEUWS



Figuur 4.8: schematische weergave scenario 5: Sloop+nieuwbouw, met langdurige leegstand (5:NIEUWL)

Overzicht terugrekenperiodes

De resultaten bij de verschillende scenario's zijn sterk afhankelijk van de perioden waarover de belasting afgeschreven kan worden. Het gaat hierbij om het materiaalgebruik, omdat de input discontinu is (bij jaren van bouw of ingreep meer dan bij jaren van onderhoud). In de scenario's is het energiegebruik vanaf 2012 tot aan de

sloop alle jaren hetzelfde, zodat een kortere of langere periode geen invloed heeft. In figuur 4.9 wordt een overzicht gegeven van de perioden, waarin belasting optreedt en de periode waarover de belasting afgeschreven wordt.

Perioden [jaar]	1:EXPLOI		2:RENOLI		3:RENOZW		4:NIEUWS		5:NIEUWL	
	belasting	afschrijving	belasting	afschrijving	belasting	afschrijving	belasting	afschrijving	belasting	afschrijving
Bestaande bouw										
Restbelasting	32 / 22 / 12	10,0	32 / 22 / 12	25,0	32 / 22 / 12	40,0	32 / 22 / 12	50,0	32 / 22 / 12	50,0
Ruimtebeslag	10,5	10,0	26,5	25,0	42,5	40,0	0,5	50,0	0,5	50,0
Onderhoud	10,0	10,0	25,0	25,0	40,0	40,0	-	-	20,0	50,0
Lichte renovatie	-	-	1,0	25,0	1,0	40,0	-	-	-	-
Zware renovatie	-	-	-	-	1,0	40,0	-	-	-	-
Sloop	0,5	10,0	0,5	25,0	0,5	40,0	0,5	50,0	0,5	50,0
Nieuwbouw	belasting	afschrijving	belasting	afschrijving	belasting	afschrijving	belasting	afschrijving	belasting	afschrijving
Ruimtebeslag	-	-	-	-	-	-	53,5	50,0	53,5	50,0
Bouw	-	-	-	-	-	-	2,0	50,0	2,0	50,0
Onderhoud	-	-	-	-	-	-	50,0	50,0	50,0	50,0
Lichte renovatie	-	-	-	-	-	-	1,0	50,0	1,0	50,0
Sloop	-	-	-	-	-	-	0,5	50,0	0,5	50,0

Figuur 4.9: overzicht belasting- en afschrijvingperioden, met restbelasting voor respectievelijk cases 1980, 1990, 2000

Overzicht 'rekensessies'

De combinatie van 6 cases en 5 scenario's levert een matrix van 30 combinaties op. Omdat niet alle combinaties reëel zijn, zijn er enkele als niet van toepassing verklaard (zie figuur 4.10). Uiteindelijk resteerden 26 combinaties / 'rekensessies'.

Rekensessies			Scenario's				
Cases	Grootte	Bouwjaar	1:EXPLOI	2:RENOLI	3:RENOZW	4:NIEUWS	5:NIEUWL
KAN1	3.000	1980	1	2	3	4	5
KAN2	3.000	1990	6	7	8	9	10
KAN3	3.000	2000	11	12			13
KAN4	18.000	1980	14	15	16	17	18
KAN5	18.000	1990	19	20	21	22	23
KAN6	18.000	2000	24	25			26

Figuur 4.10: combinatie van cases en scenario's

4.3 Uitwerking Scenario's

De rekensessies, uitgezonderd de FSI-berekeningen, zijn uitgevoerd met het instrument GPR Gebouw. In dit instrument zijn zowel de rekenregels van de EPC-, de EPA- en de materiaalprestatie-berekening opgenomen. De scenario's zijn dusdanig geconcretiseerd, dat modellering in GPR Gebouw mogelijk is.

Bij de scenario's en cases is steeds dezelfde materialisatie verondersteld (wel wordt bij scenario 3 aanzienlijk meer vervangen dan bij scenario 2). Verondersteld is dat ook de energieprestatie en de materialisatie bij de lichte ingrepen in de toekomst (scenario's 3, 4 en 5) ongewijzigd blijven. Bij de overige ingrepen en nieuwbouw verandert de

energieprestatie wel. Onderscheiden zijn meerdere situaties met een afwijkende energieprestatie:

- Bestaand, standaarduitvoering 1980
- Bestaand, standaarduitvoering 1990
- Bestaand, standaarduitvoering 2000
- Bestaand, standaarduitvoering 1980 + lichte ingreep 2012
- Bestaand, standaarduitvoering 1990 + lichte ingreep 2012
- Bestaand, standaarduitvoering 2000 + lichte ingreep 2012
- Bestaand, standaarduitvoering 1980 + zware ingreep 2012
- Bestaand, standaarduitvoering 1990 + zware ingreep 2012
- Nieuwbouw, standaarduitvoering 2010
- Bestaand, standaarduitvoering 1980 + leegstand 2012
- Bestaand, standaarduitvoering 1990 + leegstand 2012
- Bestaand, standaarduitvoering 2000 + leegstand 2012

Scenario 1: Doorexploiteren (1:EXPLOI)

De bouw in 1980 (1990 / 2000) is in GPR Gebouw opgegeven door de afmetingen van de kantoorgebouwen in te voeren. Het daaraan gerelateerde reguliere onderhoud (1980-2022) wordt standaard in de materiaalprestatie-berekening van GPR Gebouw meegenomen. Voor de energieberekening (energiegebruik 1980-2022) zijn naast de afmetingen ook andere gebouwkenmerken en installatiekenmerken van de cases opgegeven. In 2012 vindt er geen ingreep (renovatie of sloop) plaats. De sloop in 2022 wordt standaard in de materiaalprestatie-berekening van GPR Gebouw meegenomen.

Hoewel er geen ingreep plaatsvindt, is er ook bij dit scenario sprake van een verleden en een toekomst. Het verleden gebaseerd op een veronderstelde standaard levensduur van 50 jaar. Nu blijkt dat het gebouw uit 1980 niet in 2030 maar in 2022 gesloopt gaat worden. Dit betekent dat er in het verleden te weinig van de belasting is afgeschreven. GPR Gebouw houdt er rekening mee dat de restbelasting als extra belasting in de periode 2012-2022 moet worden afgelost.

Scenario 2: Renovatie, licht (2:RENOLI)

De materiaal- en energieberekeningen over de periode 1980-2012 zijn voor alle scenario's gelijk.

De restbelastingberekening is complexer, omdat een deel van het gebouw bij de renovatie-ingreep in 2012 gesloopt en/of vervangen wordt, en een deel gehandhaafd blijft. GPR Gebouw beschouwt een gebouw daarom niet als geheel, maar als een optelling van gebouwcomponenten met een eigen levensloop. Gebouwcomponenten die in 2012 gesloopt en/of vervangen worden hebben een hoge restbelasting. Dit geldt vooral voor de langcyclische componenten, omdat de standaardlevensduur bij kortcyclische componenten slechts beperkt verkort wordt bij een ingreep. De jaarlijkse afschrijving van de restbelasting bij de gehandhaafde componenten zal juist lager worden dan bij scenario 1, doordat de sloop niet in 2017 plaatsvindt, maar in 2038.

In 2012 worden nieuwe materialen toegevoegd ter vervanging of uitbreiding van de bestaande componenten. Na die toevoeging in 2012, volgt het reguliere onderhoud over de periode 2013-2038. In 2012 ontstaat er ook een nieuwe situatie wat betreft de energieprestatie. Deze situatie bepaalt het energiegebruik in de periode 2013-2038.

Lichte ingreep (ook bij na 25 jaar bij de scenario's 3, 4 en 5)

De renovatie moet vooral een antwoord geven op veranderde behoefte en tekortkomingen van het interieur. Het gaat bij deze ingreep om indelingswijzigingen en upgrading van onder andere installaties, inrichting en afwerking. Bij de installaties is onderscheid gemaakt tussen de aanpak van de opwekking en distributie+afgifte. Bij de lichte renovatie wordt het casco niet aangepakt en de schil alleen waar dit zonder grote ingrepen kan. Dit betekent voor het gebouw uit 1980 dakisolatie (in combinatie met de vervanging van de dakbedekking) en kierdichting. Bij de gebouwen uit 1990 en 2000 zijn de isolatie en bedekking dusdanig dat er niet vervangen wordt. In figuur 4.11 is per gebouwcomponent aangegeven wat de vervangingspercentages zijn. In figuur 4.12 de voor de energieprestatie relevante wijzigingen gespecificeerd.

Lichte renovatie	Vervangingspercentages		
	1980	1990	2000
Gebouwcomponent			
Fundering	0%	0%	0%
Begane grondvloer	0%	0%	0%
Vloerisolatie	0%	0%	0%
Verdiepingsvloer	0%	0%	0%
Dichte geveldelen	0%	0%	0%
Gevelisolatie	0%	0%	0%
Buitenkozijnen	0%	0%	0%
Beglazing	0%	0%	0%
Dakconstructie	0%	0%	0%
Dakisolatie	100%	0%	0%
Dakbedekking	100%	0%	0%
Massieve binnenwanden	0%	0%	0%
Scheidingswanden en plafonds	100%	100%	100%
Wand- en vloerafwerking	100%	100%	100%
Sanitair	100%	100%	0%
Inrichting	100%	100%	100%
Installaties, opwekking	100%	100%	0%
Installaties, distributie+afgifte	25%	25%	25%

Figuur 4.11: alle wijzigingen bij de lichtere renovaties

Case: 3000 m2	1980	1990	2000
Dak; Rc-waarde	naar 3,0 m2K/W	2,5 m2K/W	3,0 m2K/W
Kierdichting; qv;10	naar 0,5 dm3/s m2go	1,0 dm3/s m2go	0,5 dm3/s m2go
Warmteopwekking	naar HR-107, HTV*	naar HR-107, HTV	HR-100, HTV
Case: 18000 m2	1980	1990	2000
Dak; Rc-waarde	1,3 m2K/W**	2,5 m2K/W	3,0 m2K/W
Kierdichting; qv;10	1,0 dm3/s.m2**	0,5 dm3/s m2go	0,2 dm3/s m2go
Warmteopwekking	naar HR-107, HTV*	naar HR-107, HTV	HR-100, HTV

* In praktijk zullen de ketels al rond 2000 door HR-ketels vervangen zijn

** De aanpak van de schil bij het compactere gebouw van 18.000 m² is minder urgent, en daarom niet opgenomen

Figuur 4.12: voor energieprestatie relevante wijzigingen bij de lichtere renovaties

Scenario 3: Renovatie, zwaar (3:RENOZW)

De materiaal- en energieberekeningen over de periode 1980-2012 zijn voor alle scenario's gelijk. De restbelastingberekening is conform scenario 2, hetzij dat levensduur doorloopt tot 2054, wat vooral voor de langcyclische componenten aanzienlijk gunstiger is.

In 2012 worden nieuwe materialen toegevoegd ter vervanging of uitbreiding van de bestaande componenten. Na die toevoeging in 2012, volgt het reguliere onderhoud over de perioden 2013-2038 en 2039-2054. Tijdens de onderbreking van 1 jaar wordt het gebouw licht gerenoveerd (conform tabel 4.9), waarbij de materiaalkeuze en energieprestatie ongewijzigd blijft. In 2012 ontstaat er ook een nieuwe situatie wat betreft de energieprestatie. Deze situatie bepaalt het energiegebruik in de perioden 2013-2038 en 2039-2054.

Zware ingreep

Bij de renovatie (figuur 4.13) worden zowel het exterieur als het interieur grondig aangepakt. De stap richting nieuwbouwniveau wordt gezet, met als belangrijkste belemmering de randvoorwaarden vanuit het bestaande casco. Er vindt een forse aanpak van de schil plaats, waarbij de gehele gevel wordt vervangen. Dit geldt ook voor de dakisolatie- en bedekking. Voor alle voor de energieprestatie relevante kenmerken geldt dat deze op nieuwbouwniveau worden gebracht. Ook in het gebouw wordt de volledige indeling, afwerking en uitrusting vervangen. Het casco (vloeren, dragende wanden, dak) wordt niet aangepakt.

Zware renovatie Gebouwcomponent	Vervangingspercentages	
	1980	1990
Fundering	0%	0%
Begane grondvloer	0%	0%
Vloerisolatie	100%	100%
Verdiepingsvloer	0%	0%
Dichte geveldelen	100%	100%
Gevelisolatie	100%	100%
Buitenkozijnen	100%	100%
Beglazing	100%	100%
Dakconstructie	0%	0%
Dakisolatie	100%	100%
Dakbedekking	100%	100%
Massieve binnenwanden	0%	0%
Scheidingswanden en plafonds	100%	100%
Wand- en vloerafwerking	100%	100%
Sanitair	100%	100%
Inrichting	100%	100%
Installaties, opwekking	100%	100%
Installaties, distributie+afgifte	100%	100%

Figuur 4.13: wijzigingen bij zwaardere renovatievarianten

Scenario 4: Sloop+nieuwbouw (4:NIEUWS)

De materiaal- en energieberekeningen over de periode 1980-2012 zijn voor alle scenario's gelijk. De restbelastingberekening is weer eenvoudiger, aangezien alle gebouwcomponenten in 2012 gesloopt worden. Bij het bestaande gebouw is er geen onderhoud en energiegebruik meer. Wel is er de materiaalinput bij de nieuwbouw. De materialisatie en energieprestatie van de nieuwbouw is conform de huidige standaard. Hierna volgen twee perioden (2012-2037 en 2038-2063) van onderhoud en energiegebruik. Tijdens de onderbreking van 1 jaar wordt het gebouw licht gerenoveerd (conform tabel 4.11), waarbij de materiaalkeuze en energieprestatie ongewijzigd blijft. In figuur 4.14 is een overzicht gegeven van de voor de energieprestatie relevante gebouw- en installatiekenmerken.

Case: nieuwbouw 2010	3000 m ²	18,000 m ²
Vloer; Rc-waarde	3,5 m ² K/W	3,5 m ² K/W
Gevel; Rc-waarde	3,5 m ² K/W	3,5 m ² K/W
Dak; Rc-waarde	4,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W
Kierdichting; qv;10	0,2 dm ³ /s m ² go	0,2 dm ³ /s m ² go
Beglazing; U-waarde	1,1 W/m ² K	1,1 W/m ² K
Beglazing; ZTA-waarde	0,6	0,6
Zonwering / overstek	buitenzonwering	buitenzonwering
Warmteopwekking	HR-107	HR-107
Warmterugwinning	warmtewiel, rendement 70%	warmtewiel, rendement 70%
Warmteafgifte	radiatoren	klimaatplafond
Gebouwmassa	> 400 kg/m ³	> 400 kg/m ³
Koudeopwekking	compressiekoelmachine	compressiekoelmachine
Koeling	topkoeling	volledige koeling
Bevochtiging	geen	>60% go
Warmtapwater	elektrische boilers	elektrische boilers
Luchtbehandeling	mech. toe- en afvoer	volledige airco
Ventilatievoud	v.v. = 3	v.v. = 3
Nachtventilatie	70% nachtventilatie	70% nachtventilatie
Recirculatie	geen	geen
Gebouwbeheersysteem	ja	ja
Verlichting; type	8 W/m ²	8 W/m ²
Verlichting; regeling	veegpuls+daglicht+aanwezigheidsdetectie	veegpuls+daglicht+aanwezigheidsdetectie

Figuur 4.14: Gebouw- en installatiekenmerken nieuwbouw 2010, onderscheid naar oppervlak

Scenario 5: Sloop+nieuwbouw+leegstand (5:NIEUWL)

Het verschil tussen de scenario's 4 en 5 zit in de leegstand van het bestaande gebouw. De berekening voor de nieuwbouw is bij 5 gelijk aan die van 4. Ook de restbelasting over 1980-2012 is gelijk. De sloop wordt weliswaar uitgesteld tot 2032, maar het gebouw is in de periode 2012-2032 niet functioneel. De periode 2012-2032 telt dus niet mee bij de afschrijving van de belasting. Het effect van de leegstand is vergelijkbaar met sloop in 2012, aangevuld met onderhoud en energiegebruik in de periode 2012-2032.

Het energiegebruik bij leegstand is sterk afhankelijk van wat er bij leegstand 'geregeld' wordt. Uitgangspunt is dat er aandacht besteed wordt aan het uit en lager zetten van onderdelen. De veronderstelling is dat de toiletten e.d. apart geventileerd worden. Dit maakt het mogelijk alleen deze ventilatie te laten werken en de luchtbehandeling verder helemaal uitzetten. De veronderstellingen zijn vertaald in de aannamen in figuur 4.15. Er is bij de aannamen geen onderscheid gemaakt naar de gebouw grootte en ouderdom.

Deelgebruik energie	tov vol bedrijf
Verwarming	40%
Warmtapwater	10%
Koeling	0%
Bevochtiging	0%
Ventilatie	20%
Verlichting	10%

Figuur 4.15: energiegebruik bij leegstand tov het verbruik bij volledig bedrijf

De resultaten van GPR Gebouw zijn niet uit te splitsen naar de bijdrage van de bouw en het onderhoud. Het onderhoud gedurende de periode van leegstand is berekend door een gebouw door te rekenen met een extreme levensduur van 999 jaar. Bij deze berekening wordt de bijdrage van de materiaalinput bij de bouw verwaarloosbaar klein. Alleen de jaarlijkse materiaalinput ten behoeve van onderhoud resteert. In figuur 4.16 is de verdeling van de materiaalgeladen belasting over de posten Bouw en Onderhoud bij scenario 1 (doorexploiteren) weergegeven. Naarmate de gebouwen minder lang meegaan, wordt de bijdrage van Onderhoud kleiner. Omdat de levensduren van KAN1 en KAN4 (1982-2022) de standaard levensduurverwachting (50 jaar) het dichtst naderen, zijn deze resultaten als uitgangspunt genomen (onderhoud draagt voor ca. een derde bij).

De jaarlijkse belasting per jaar is vertaald naar de totale onderhoudsbelasting gedurende de 20 jaar (vermenigvuldigd met 20). Deze uitkomst is weer afgeschreven over de 50 jaar van scenario 5 (delen door 50). Omdat verondersteld wordt dat het onderhoud bij leegstand kleiner is, is 75% van deze uitkomst aangehouden.

Schaduwrijzen		Bouw		Onderhoud		Totaal	
KAN1	3000,1980	0,82	67%	0,41	33%	1,23	100%
KAN2	3000,1990	1,36	76%	0,43	24%	1,79	100%
KAN3	3000,2000	2,05	82%	0,44	18%	2,49	100%
KAN4	18000,1980	0,63	66%	0,32	34%	0,95	100%
KAN5	18000,1990	1,03	75%	0,34	25%	1,37	100%
KAN6	18000,2000	1,57	82%	0,34	18%	1,91	100%
Gemiddeld		1,24	75%	0,38	25%	1,62	100%

Figuur 4.16: bijdrage van bouw en onderhoud aan de totale materiaalgeladen belasting

4.4 Kanttekeningen bij scenario's

De levensloop van het gebouw, of gebouwen, op één locatie is zeer divers. In deze studie zijn er een vijftal opties uitgelicht en in een scenario gevat. Niet alleen is dit slechts een beperkt deel van alle mogelijkheden, de scenario's zijn een modellering van de werkelijkheid. Kanttekeningen bij de interpretatie van de resultaten zijn:

1. Bij deze scenario's is gefocust op het eerstvolgende beslissingsmoment. Uitgangspunt bij deze studie is dat de gebouwgebruiker of -eigenaar op korte termijn een keuze moet maken over de huisvesting voor nabije toekomst. De beslissingsmomenten die verder in de toekomst zullen volgen zijn niet beschouwd. Bij scenario 1: doorexploiteren zal na de sloop vaak nieuw gebouwd worden. Bij

scenario 4: sloop+nieuwbouw en 5: sloop+nieuwbouw+leegstand zijn wel de effecten van een lichte ingreep na 25 jaar meegenomen.

2. Verondersteld is dat elk scenario eindigt met sloop. In werkelijkheid zijn er vele opties voor het vervolg, zoals:
 - verhuurd na ingreep
 - verhuurd in lager marktsegment
 - (tijdelijke) leegstand
 - verbouw voor andere functie (bijvoorbeeld wonen)
 - sloop en nieuwbouw kantoor
 - sloop en nieuwbouw voor andere functie
 - sloop en braakliggend

De praktijk in Nederland is dat weinig kantoorgebouwen worden gesloopt. Omdat er wel nieuw wordt gebouwd, is er een voorraadopbouw. 15 á 20% van die voorraad staat leeg. Deze leegstand kan variëren van tijdelijke, langdurig tot blijvend.

3. Bij de lichte ingreep in de toekomst bij de scenario's 3, 4 en 5, is te verwachten dat de gebouwen nog energiezuiniger worden. Maar de toekomst betekent koffiedik kijken. De scenario's zijn nu toegesneden op de nabije toekomst (eerstvolgende ingreep). Het energiegebruik en onderhoud zijn daarna elk jaar gelijk verondersteld.
4. Gekozen is voor fictieve cases, de referentiegebouwen. Het voordeel van dergelijke archetypen is dat het aantal vrijheidsgraden minder is dan bij werkelijke gebouwen. Nog meer parameters vraagt om meer berekeningen en leidt tot een zeer complexe analyse. De vereenvoudiging betekent wel dat de scenario's en resultaten generiek zijn en niet hoeven te gelden voor specifieke gebouwen. Een relevant onderscheid zoals de locatie is niet meegenomen. Betreft het een kantoor op een A-locatie, dan zijn leegstand en/of sloop niet waarschijnlijk. Voldoet het gebouw niet meer dan is investeringsruimte voor een kwaliteitslag. Betreft het een gebouw op een slecht gelegen locatie, dan is het perspectief geheel anders. Zelfs een hoogwaardig gebouw kan leeg komen te staan en/of wordt uiteindelijk vroegtijdig gesloopt.
5. De studie is gericht op de bovenste segmenten in het vastgoed. Het betreft relatief hoogwaardige gebouwen, waarbij het beheer gericht is op het behoud van die kwaliteit en in standhouding van de verhuurbaarheid. Een constante onderhoudsbehoefte en een constant energiegebruik zijn voor deze segmenten reële aannamen. Belangrijk argument voor deze afbakening is, dat vooral in de bovenste segmenten bewuste keuzen gemaakt (kunnen) worden over het vervolg.

In de praktijk zal een deel van de deze gebouwen naar de lagere segmenten vervallen. Hier is meestal geen sprake van een constante kwaliteit en verhuurbaarheid, maar van een geleidelijke of sprongsgewijze degradatie. Door minimaal onderhoud kan een situatie ontstaan waarin de kwaliteit onder het aanvaardbare zakt, met als gevolg, een marginale verhuur, leegstand, of de noodzaak van een forse investering in herstel.

Veel van het lagere segment betreft oudere gebouwen (van voor 1980). Bij deze gebouwen zijn de langcyclische gebouwdelen, zoals het casco, grotendeels of geheel afgeschreven. In die gevallen zal de restbelasting door sloop klein zijn. Dit gecombineerd met de toenemende onderhoudsbehoefte en de vaak slechte energetische situatie, maakt dat nieuwbouw vaker het duurzame scenario zal blijken.
6. De energetische situatie van de gebouwen uit 1980 is slecht. In praktijk zal in de periode 1980 - 2010 meestal al iets aan verbetering van de schil zijn gedaan. Bijvoorbeeld door na-isolatie van de spouw of extra dakisolatie bij het planmatig vervangen van de dakbedekking.

5 Resultaten en analyse scenariostudie

In dit hoofdstuk staan de resultaten beschreven. Ook is een analyse op hoofdzaken te vinden. De beschrijving is eerst per thema en vervolgens integraal. De integrale analyse geeft het antwoord op de centrale vraagstelling voor dit onderzoek.

Zowel de materiaal- en energiegebonden milieubelasting als de integrale milieubelasting zijn uitdrukt in schaduwrijzen (eenheid €). De schaduwrij is bepaald door de gewogen somming van negen milieueffecten (paragraaf 3.5). Gericht op het klimaatbeleid is soms ook het afzonderlijke milieueffect Broeikaseffect gegeven, dat staat voor de CO₂-emissie (eenheid kg CO₂-equivalent).

5.1 Materiaalprestatie

In de figuren is de totale materiaalgebonden milieubelasting opgebouwd uit:

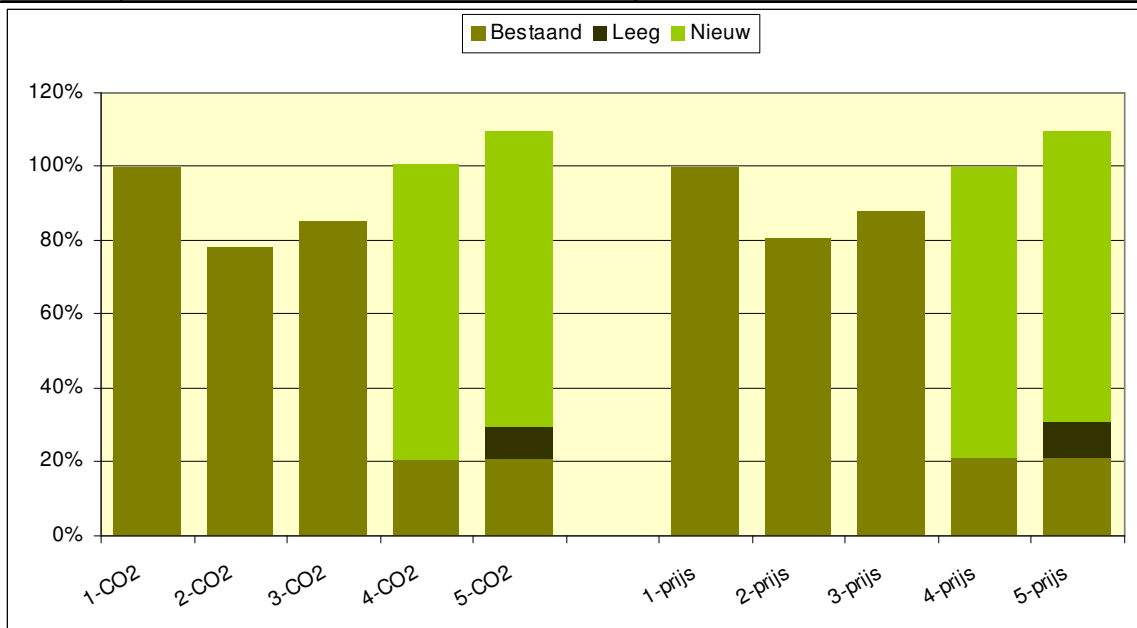
- Bestaand: belasting door renovatie en onderhoud aan of restbelasting van het bestaande gebouw (mosgroen)
- Leeg: belasting door onderhoud tijdens 20 jaar leegstand van het bestaande gebouw (zeer donkergroen)
- Nieuw: belasting door bouw, renovatie en onderhoud van het nieuwe gebouw (lichtgroen)

In bijlage 1 staan de schaduwrijzen en de CO₂-emissies bij de diverse scenario's voor de case KAN1 – KAN6. Hieronder volgen een aantal analyses van deze resultaten.

Vergelijking 5 scenario's op CO₂-emissie en schaduwrij

In de tabel in figuur 5.1 zijn de CO₂-emissies en schaduwrijzen van de vijf scenario's voor KAN1 bij elkaar gezet. Om de beide resultaten in een grafiek te kunnen weergegeven zijn de scores gerelateerd aan de totale score bij 1-EXPLOI (1- CO₂,Totaal respectievelijk 1-prijs,Totaal).

KAN 1: 1980, 3000 m ² - CO ₂ -emissie en Schaduwprijs										
Scenario	1-CO ₂	2-CO ₂	3-CO ₂	4-CO ₂	5-CO ₂	1-prijs	2-prijs	3-prijs	4-prijs	5-prijs
Bestaand	13,10	10,26	11,14	2,74	2,74	12,30	9,90	10,80	2,58	2,58
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23
Nieuw	0,00	0,00	0,00	10,44	10,44	0,00	0,00	0,00	9,70	9,70
Totaal	13,10	10,26	11,14	13,18	14,34	12,30	9,90	10,80	12,28	13,51
Ten opzichte van 1-CO ₂ , Totaal						Ten opzichte van 1-prijs, Totaal				
Scenario	1-CO ₂	2-CO ₂	3-CO ₂	4-CO ₂	5-CO ₂	1-prijs	2-prijs	3-prijs	4-prijs	5-prijs
Bestaand	100%	78%	85%	21%	21%	100%	80%	88%	21%	21%
Leeg	0%	0%	0%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	10%
Nieuw	0%	0%	0%	80%	80%	0%	0%	0%	79%	79%
Totaal	100%	78%	85%	101%	109%	100%	80%	88%	100%	110%



Figuur 5.1: absolute materiaalgebonden belastingscores [per m²bvo per jaar] en relatieve belastingscores [%] bij scenario's voor KAN1

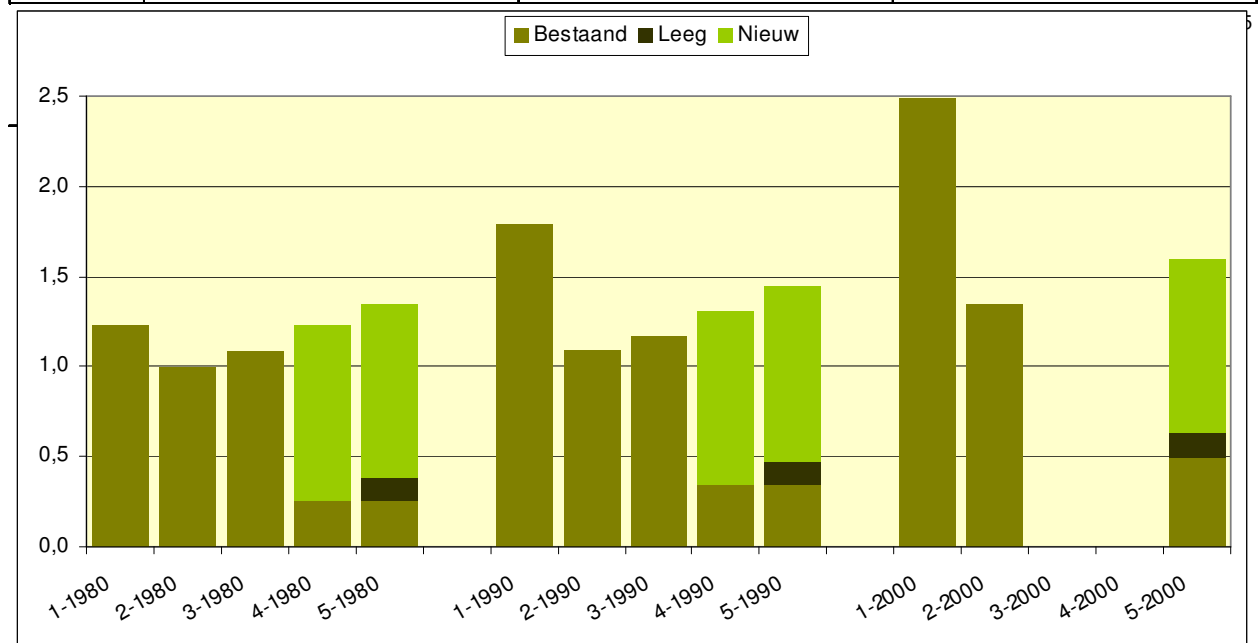
Zowel bij de CO₂-emissies als schaduwrijzen blijkt de materiaalgebonden milieubelasting bij de renovatiescenario's het laagst. De jaarlijkse belasting bij scenario 2 is net wat beter dan bij scenario 3. De zware ingreep, waarbij ook de totale gevel vervangen wordt, wordt niet volledig gecompenseerd door de langere restlevensduur (40 ipv 25 jaar). Bij de nieuwbouwsenario's blijkt de hoge restbelasting, ondanks de zeer lange afschrijvings-termijn van 50 jaar, toch een rol te spelen. Bij scenario 5 blijkt het extra onderhoud tijdens de periode van leegstand van invloed.

Het verloop tussen de scenario's blijkt bij de CO₂-emissies vergelijkbaar met die van de schaduwrijzen. Dit komt doordat veel van de materiaalgebonden CO₂-emissie afkomstig is van het gebruik van fossiele brandstoffen ergens in de levensloop. Omdat het verloop vergelijkbaar is, is bij de verdere analyse alleen de schaduwrijzen in beeld gebracht.

Invloed bouwjaar

In figuur 5.2 staan voor het gebouw van 3.000 m²bvo de schaduwrijzen in de 3 bouwjaren. Dit geeft inzicht in het verloop bij verschillende leeftijden.

KAN 1: 1980, 3000 m2 en KAN 2: 1990, 3000 m2 en KAN 3: 2000, 3000 m2 - Schaduw prijs															
Scenario	1-1980	2-1980	3-1980	4-1980	5-1980	1-1990	2-1990	3-1990	4-1990	5-1990	1-2000	2-2000	3-2000	4-2000	5-2000
Bestaand	1,23	0,99	1,08	0,26	0,26	1,79	1,09	1,17	0,34	0,34	2,49	1,35	-	-	0,50
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	-	-	0,13
Nieuw	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,00	0,00	-	-	0,97
Totaal	1,23	0,99	1,08	1,23	1,35	1,79	1,09	1,17	1,31	1,44	2,49	1,35	-	-	1,60
tov scenario1	100%	80%	88%	100%	110%	146%	89%	95%	107%	117%	202%	110%	-	-	130%



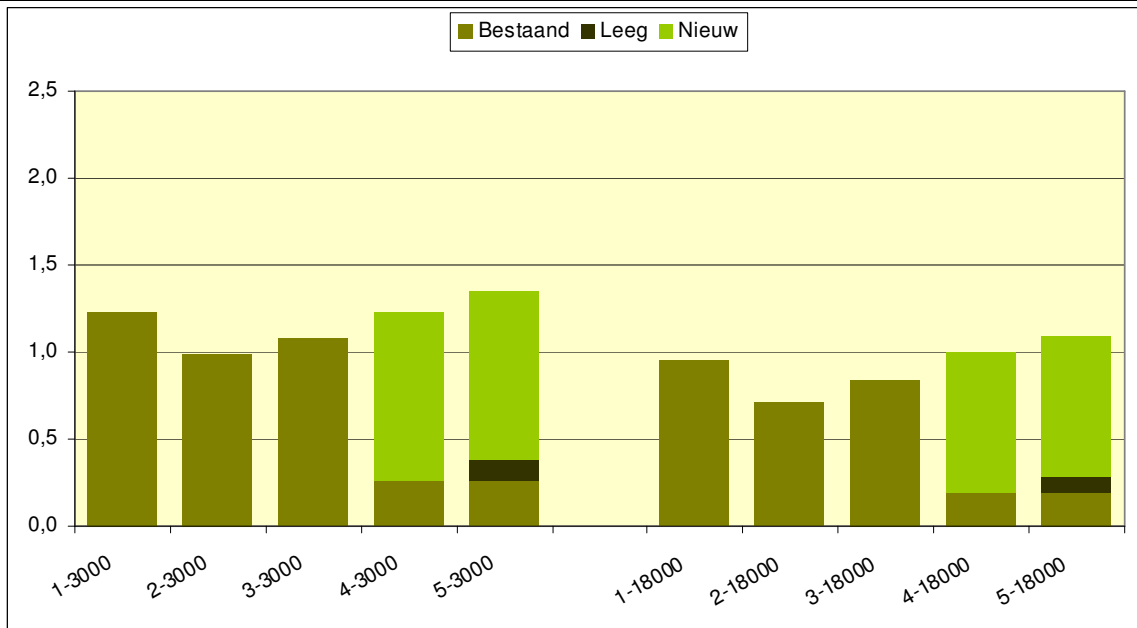
Figuur 5.2: materiaalgebonden belasting bij gebouwen van 3.000 m²bvo, onderscheiden naar bouwjaar [schaduwrijzen per m²bvo per jaar]

De leeftijd van het gebouw op het moment van de ingreep (renovatie, sloop) is duidelijk een belangrijke factor. Dit is te verklaren uit de restbelasting door sloop van het bestaande gebouw of gebouwdelen. Bij de jongere gebouwen ontstaat door vervroegde sloop van het gebouw of gebouwdelen een forse restbelasting. Bij scenario 1 is de score hoog doordat de restbelasting in een periode van 10 jaar afgeschreven moet worden. Bij de zware renovatie en nieuwbouw wordt het gebouw of een groot deel van het gebouw direct in 2012 gesloopt. De restbelasting is dan nog hoger, maar mag wel over een veel langere periode afgeschreven worden (40 respectievelijk 50 jaar).

Invloed gebouwgrötte

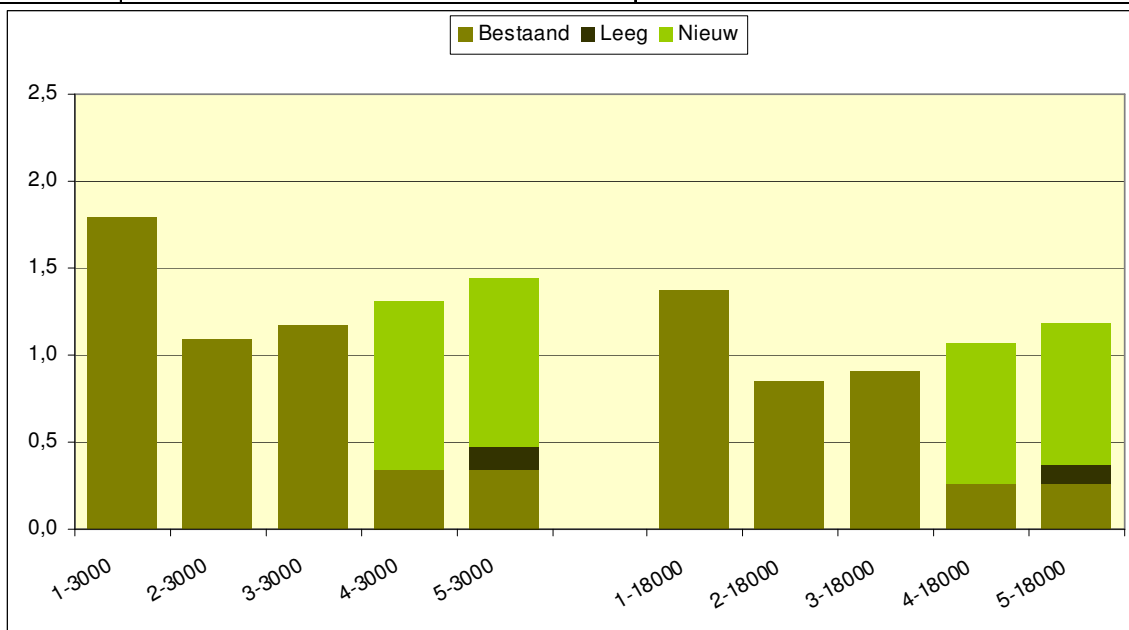
In de figuren 5.3, 5.4 en 5.5 zijn de schaduwrijzen van de onderscheiden gebouwgröttes bij elkaar gezet.

KAN 1: 1980, 3000 m ² en KAN 4: 1980, 18000 m ² - Schaduwrij										
Scenario	1-3000	2-3000	3-3000	4-3000	5-3000	1-18000	2-18000	3-18000	4-18000	5-18000
Bestaand	1,23	0,99	1,08	0,26	0,26	0,95	0,71	0,84	0,19	0,19
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Nieuw	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,00	0,00	0,00	0,81	0,81
Totaal	1,23	0,99	1,08	1,23	1,35	0,95	0,71	0,84	1,00	1,09
tov scenario1	100%	80%	88%	100%	110%	77%	58%	68%	81%	89%



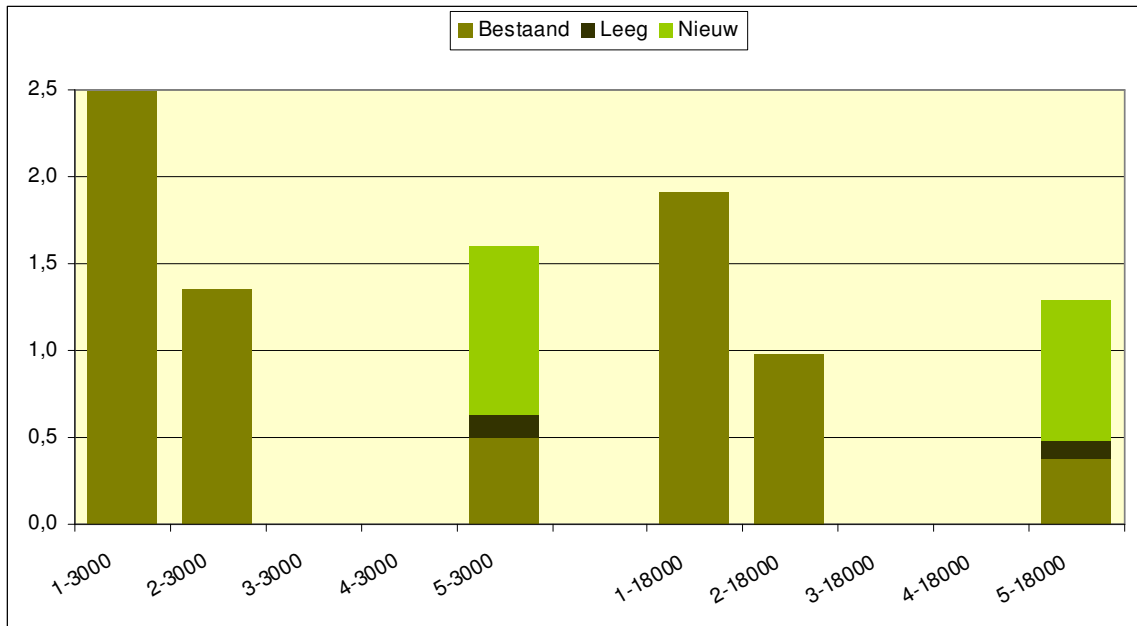
Figuur 5.3: materiaalgebonden belasting bij KAN1: 3.000 m²bvo, 1980 en KAN4: 18.000 m²bvo, 1980 [schaduwrij per m²bvo per jaar]

KAN 2: 1990, 3000 m ² en KAN 5: 1990, 18000 m ² - Schaduw prijs										
Scenario	1-3000	2-3000	3-3000	4-3000	5-3000	1-18000	2-18000	3-18000	4-18000	5-18000
Bestaand	1,79	1,09	1,17	0,34	0,34	1,37	0,85	0,91	0,26	0,26
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
Nieuw	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,00	0,00	0,00	0,81	0,81
Totaal	1,79	1,09	1,17	1,31	1,44	1,37	0,85	0,91	1,07	1,18
tov scenario1	100%	61%	65%	73%	81%	77%	47%	51%	60%	66%



Figuur 5.4: materiaalgebonden belasting bij KAN2: 3.000 m²bvo, 1990 en KAN5: 18.000 m²bvo, 1990 [schaduwprijs per m²bvo per jaar]

KAN 3: 2000, 3000 m ² en KAN 6: 2000, 18000 m ² - Schaduw prijs										
Scenario	1-3000	2-3000	3-3000	4-3000	5-3000	1-18000	2-18000	3-18000	4-18000	5-18000
Bestaand	2,49	1,35	-	-	0,50	1,91	0,98	-	-	0,38
Leeg	0,00	0,00	-	-	0,13	0,00	0,00	-	-	0,10
Nieuw	0,00	0,00	-	-	0,97	0,00	0,00	-	-	0,81
Totaal	2,49	1,35	-	-	1,60	1,91	0,98	-	-	1,29
toV scenario1	139%	75%	-	-	89%	107%	55%	-	-	72%



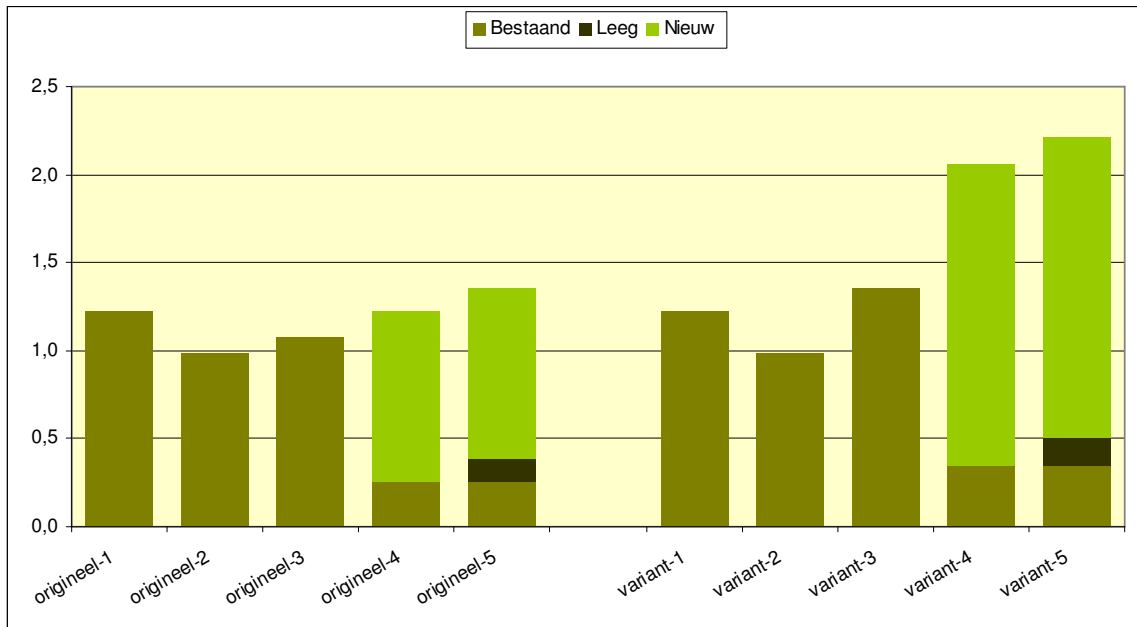
Figuur 5.5: materiaalgebonden belasting bij KAN3: 3.000 m²bvo, 2000 en KAN6: 18.000 m²bvo, 2000 [schaduwprijs per m²bvo per jaar]

Het verloop tussen de scenario's is bij alle bouwjaren vergelijkbaar. De schaduwprijs bij het 'grote' kantoorgebouw is duidelijk lager (beter) dan die van het 'kleine' kantoor. Dit is een uitkomst die vaker wordt gezien. De reden is dat een kleiner gebouw per m² relatief veel wanden en verkeersruimte nodig heeft en een minder efficiënte uitrusting. Specifiek voor deze gebouwen geldt dat het grote gebouw compacter is, met een relatief klein schiloppervlakte.

Gevoeligheidsberekening toekomstscenario

Bij de scenario's 3, 4 en 5 kan de restbelasting over een zeer lange periode worden afgeschreven. Na de zware ingreep is een restlevensduur van 40 jaar verondersteld en bij nieuwbouw een levensduur van 50 jaar. Deze levensduurverwachting is als standaard aangehouden in de voor nieuwbouw geoperationaliseerde 'nationale' bepalingmethode. Als nieuwbouw met nieuwbouw vergeleken wordt is de precieze keuze voor deze fictieve periode niet zo belangrijk. De situatie is anders als er varianten vergeleken worden met afwijkende levensduurverwachtingen, zoals in deze studie. Daarom is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij voor de scenario's 3, 4 en 5 een 25% kortere levensduur is aangehouden (respectievelijk 30 ipv 40 en 37,5 ipv 50 jaar).

KAN 1: originele scenario's versus scenario's met verkorte levensduur - Schaduwprijs										
Scenario	origineel-1	origineel-2	origineel-3	origineel-4	origineel-5	variant-1	variant-2	variant-3	variant-4	variant-5
Bestaand	1,23	0,99	1,08	0,26	0,26	1,23	0,99	1,36	0,34	0,34
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
Nieuw	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,00	0,00	0,00	1,71	1,71
Totaal	1,23	0,99	1,08	1,23	1,35	1,23	0,99	1,36	2,05	2,22
tov scenario1	100%	80%	88%	100%	110%	100%	80%	110%	167%	180%



Figuur 5.6: materiaalgebonden belasting bij origineel KAN1, en variant met kortere levensduur bij scenario's 3, 4 en 5 [schaduwprijs per m²bvo per jaar]

Uit figuur 5.6 blijkt dat de aannamen ten aanzien van de levensduurverwachting een aanzienlijke invloed heeft. Vooral bij nieuwbouw wordt het beeld ongunstiger naarmate de levensduurverwachting afneemt. Dit komt doordat niet alleen de nieuwbouw zelf over een kortere periode moet worden afgeschreven, maar ook de restbelasting (en bij 5 ook de leegstand) van het gesloopte gebouw. Figuur 5.6 maakt duidelijk dat het bij een zware ingreep en vooral sloop/nieuwbouw belangrijk is, dat de veronderstelde lange (rest)levensduur daadwerkelijk wordt behaald. Dit vraagt een toekomstbestendige kwaliteit van zowel het gebouw als de omgeving.

5.2 Energieprestatie

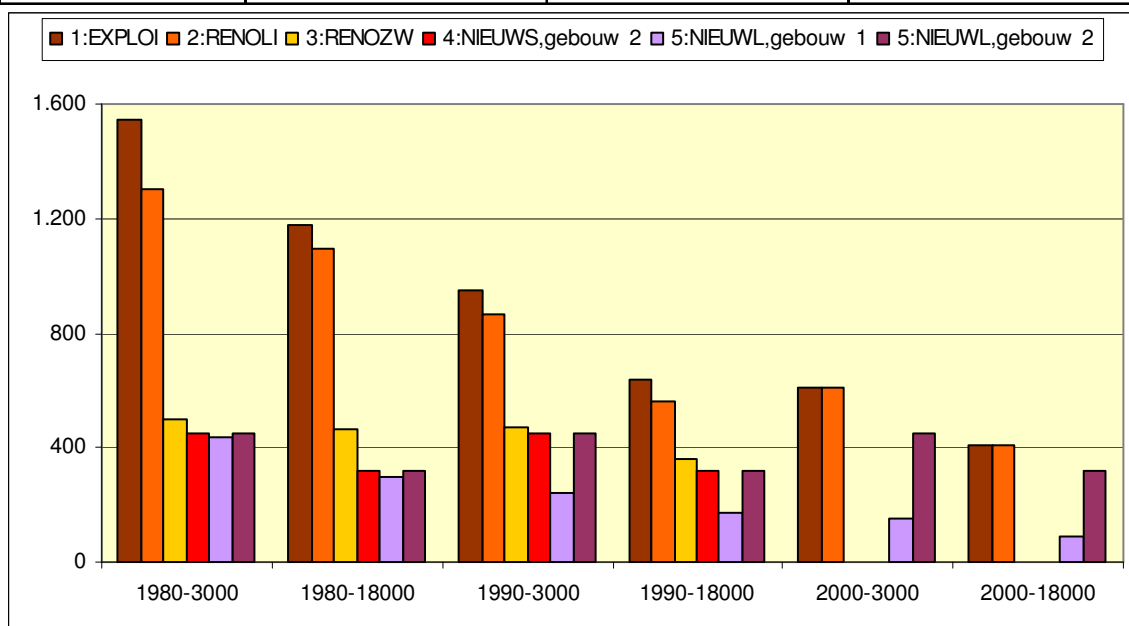
De energieprestatie wordt uitgedrukt in de EPC bij nieuwbouw en de EI bij bestaande bouw. In figuur 5.7 is een overzicht gegeven van de energielabels. Bij de scenario's 1, 2 en 3 gaat het om bestaande bouw en bij de scenario's 4 en 5 om nieuwbouw.

Energieprestatie - labels						
Scenario	1980-3000	1980-18000	1990-3000	1990-18000	2000-3000	2000-18000
1:EXPLOI	G	G	F	C	B	A
2:RENOLI	G	G	E	A	B	A
3:RENOZW	A	A	A	A+	-	-
4:NIEUWS	A	A+	A	A+	-	-
5:NIEUWL	A	A+	A	A+	A	A+

Figuur 5.7: overzicht energielabels bij de 26 sessies

In Figuur 5.8 is het primair energiegebruik in MJ per m²bvo per jaar gegeven. Het primair energiegebruik is berekend aan de hand van het aantal m³ gas en het aantal kWh elektriciteit.

Energiegebruik in MJprimair / m ² * jaar						
Scenario	1980-3000	1980-18000	1990-3000	1990-18000	2000-3000	2000-18000
1:EXPLOI	1.543	1.176	949	637	612	409
2:RENOLI	1.305	1.093	867	561	612	409
3:RENOZW	499	465	470	359	-	-
4:NIEUWS,gebouw 2	450	320	450	320	-	-
5:NIEUWL,gebouw 1	434	298	243	175	152	92
5:NIEUWL,gebouw 2	450	320	450	320	450	320



Figuur 5.8: overzicht energiegebruik bij de 26 sessies [MJprimair per m²bvo per jaar]



Opvallend in figuur 5.8 is de slechte score van de scenario's 1 en 2, dat te verklaren is het enorme warmteverlies bij vooral de gebouwen uit 1980. Met de zware renovatie wordt nagenoeg hetzelfde niveau bereikt als bij nieuwbouw. De ongunstige situatie bij het bestaande gebouw uit 1980 werkt door bij Leegstand (5:NIEUWL, gebouw 1 -> lichtpaars). Bij het leegstaande gebouw uit 1980 wordt bijna evenveel energie gebruikt als bij de volledig functionerende nieuwbouw.

Vergelijking 5 scenario's op CO₂-emissie en schaduwprijs

Het primair energiegebruik is doorvertaald naar dezelfde milieueffecten, waarin de materiaalgebonden milieubelasting is uitgedrukt. Opnieuw zijn de CO₂-emissie en schaduwprijs per m²bvo per jaar bepaald.

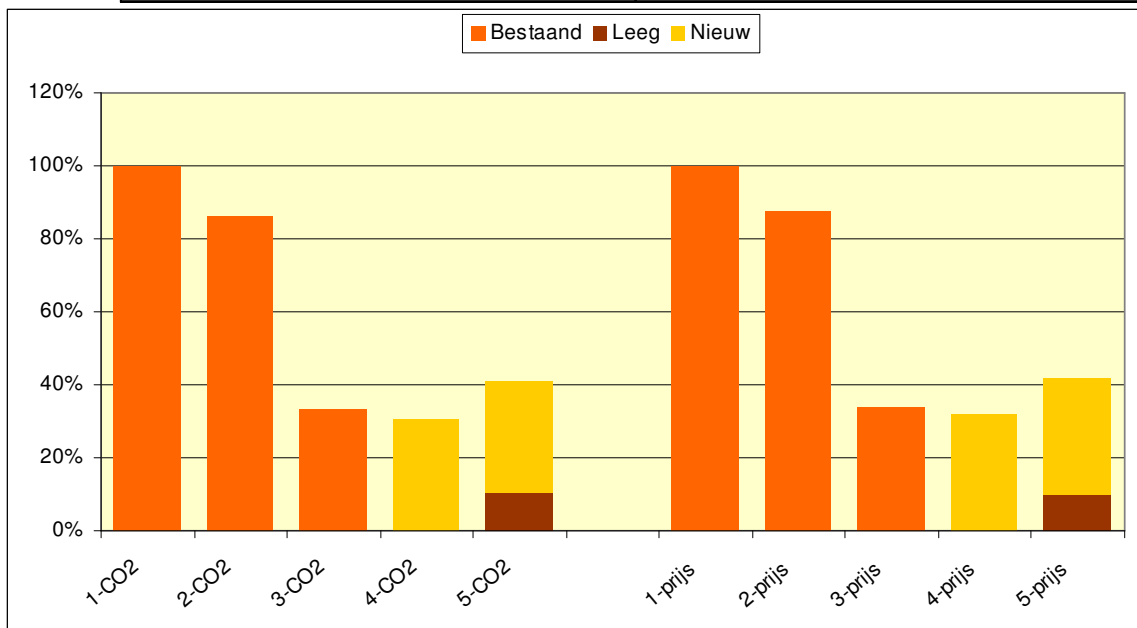
In de figuren is de totale energiegebonden milieubelasting opgebouwd uit:

- Bestaand: belasting door energiegebruik in het bestaande gebouw (oranje)
- Leeg: belasting door energiegebruik tijdens 20 jaar leegstand van het bestaande gebouw (bruin)
- Nieuw: belasting door energiegebruik in het nieuwe gebouw (geel)

In bijlage 2 staan de schaduwrijzen en de CO₂-emissies bij de diverse scenario's voor de case KAN1 – KAN6. In bijlage 2 staan de schaduwrijzen en de CO₂-emissies bij de diverse scenario's voor de case KAN1 – KAN6. De analyse is op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de materiaalgebonden belasting.

In de tabel in figuur 5.9 zijn de CO₂-emissies en schaduwrijzen van de vijf scenario's voor KAN1 bij elkaar gezet. Om beide in een grafiek te kunnen weergegeven zijn de scores net als bij materialen gerelateerd aan de totale score bij 1-EXPLOI (1- CO₂,Totaal respectievelijk 1-prijs,Totaal).

KAN 1: 1980, 3000 m ² - CO ₂ -emissie en Schaduwprijs										
Scenario	1-CO ₂	2-CO ₂	3-CO ₂	4-CO ₂	5-CO ₂	1-prijsx15	2-prijsx15	3-prijsx15	4-prijsx15	5-prijsx15
Bestaand	102,62	88,48	34,20	0,00	0,00	101,67	88,85	34,60	0,00	0,00
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	10,79	0,00	0,00	0,00	0,00	10,15
Nieuw	0,00	0,00	0,00	31,43	31,43	0,00	0,00	0,00	32,23	32,23
Totaal	102,62	88,48	34,20	31,43	42,22	101,67	88,85	34,60	32,23	42,38
Ten opzichte van 1-CO ₂ , Totaal						Ten opzichte van 1-prijs, Totaal				
Scenario	1-CO ₂	2-CO ₂	3-CO ₂	4-CO ₂	5-CO ₂	1-prijs	2-prijs	3-prijs	4-prijs	5-prijs
Bestaand	100%	86%	33%	0%	0%	100%	87%	34%	0%	0%
Leeg	0%	0%	0%	0%	11%	0%	0%	0%	0%	10%
Nieuw	0%	0%	0%	31%	31%	0%	0%	0%	32%	32%
Totaal	100%	86%	33%	31%	41%	100%	87%	34%	32%	42%



Figuur 5.9: absolute energiegebonden belastingscores [per m²bvo per jaar] en relatieve belastingscores[%] bij scenario's voor KAN1

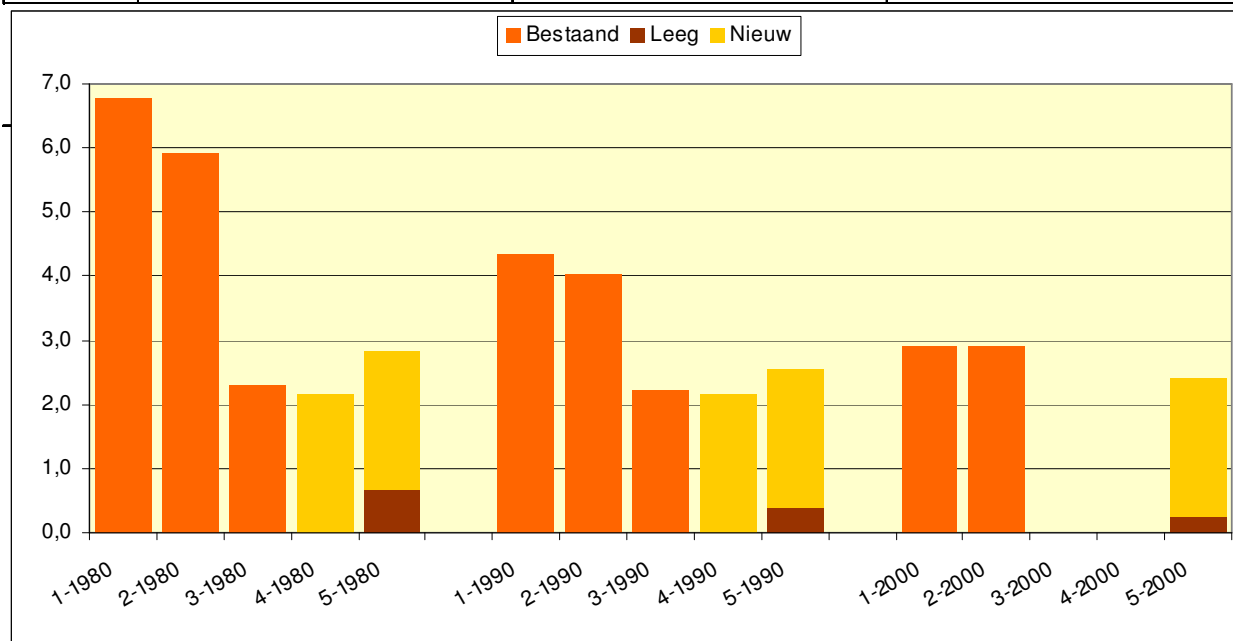
De slechte energetische situatie bij scenario 1 en 2 blijkt opnieuw duidelijk. Bij deze gebouwen uit 1980 is veel te winnen. Het verschil tussen scenario 3 en 4 is minimaal. Bij scenario 5 heeft leegstand wel een relevante invloed op het jaarlijks energiegebruik.

Net als bij Materialen blijkt dat het verloop tussen de scenario's bij de CO₂-emissies weinig afwijkt van het verloop bij de schaduwrijzen. Omdat het verloop bij beide resultaten nagenoeg gelijk is, is net als bij Materialen de verdere analyse gericht op de schaduwrijzen.

Invloed bouwjaar

In figuur 5.10 zijn de schaduwrijzen van de gebouwen in de 3 bouwjaren bij elkaar gezet. Dit geeft inzicht in het verloop tussen de scenario's bij verschillende leeftijden.

KAN 1: 1980, 3000 m ² en KAN 2: 1990, 3000 m ² en KAN 3: 2000, 3000 m ² - Schaduwrijzen															
Scenario	1-1980	2-1980	3-1980	4-1980	5-1980	1-1990	2-1990	3-1990	4-1990	5-1990	1-2000	2-2000	3-2000	4-2000	5-2000
Bestaand	6,78	5,92	2,31	0,00	0,00	4,34	4,05	2,22	0,00	0,00	2,91	2,91	-	-	0,00
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	-	-	0,25
Nieuw	0,00	0,00	0,00	2,15	2,15	0,00	0,00	0,00	2,15	2,15	0,00	0,00	-	-	2,15
Totaal	6,78	5,92	2,31	2,15	2,83	4,34	4,05	2,22	2,15	2,54	2,91	2,91	-	-	2,40
tov scenario1	100%	87%	34%	32%	42%	64%	60%	33%	32%	37%	43%	43%	-	-	35%



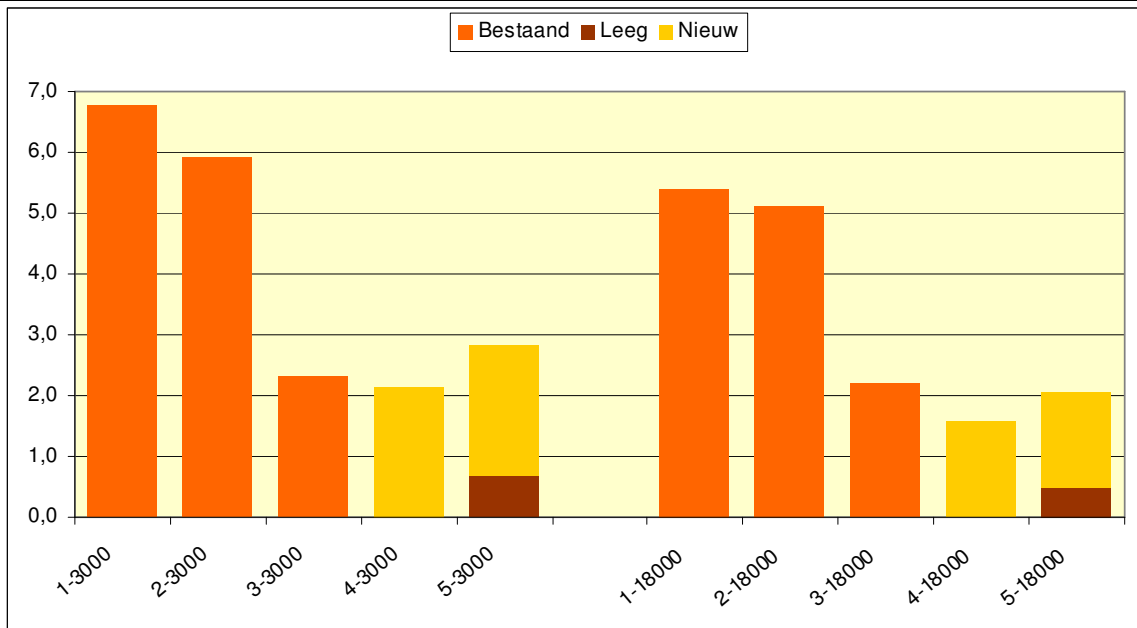
Figuur 5.10: energiegebonden belasting bij gebouwen van 3.000 m² bvo, onderscheiden naar bouwjaar [schaduwrijzen per m² bvo per jaar]

Net als bij Materialen blijkt de ouderdom van de gebouwen van grote invloed. Het verloop tussen de scenario's is echter tegengesteld. De belasting neemt juist af met het jonger worden van het gebouw. De afname is een weerspiegeling van het ontstaan (EPC in 1995) en de aanscherping van de energieprestatie-eisen. De grote slagen zijn in eerste instantie te maken door het terugdringen van het warmteverlies.

Invloed gebouwgruotte

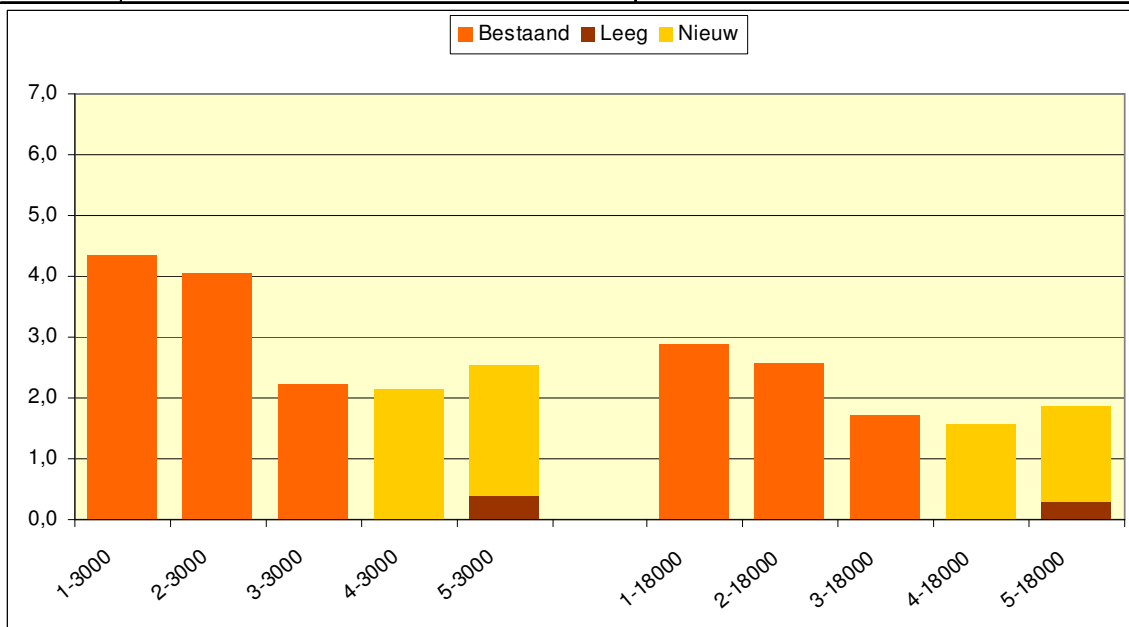
In de figuren 5.11, 5.12 en 5.13 zijn de schaduwrijzen van de onderscheiden gebouwgruottes bij elkaar gezet.

KAN 1: 1980, 3000 m ² en KAN 4: 1980, 18000 m ² - Schaduwprijs										
Scenario	1-3000	2-3000	3-3000	4-3000	5-3000	1-18000	2-18000	3-18000	4-18000	5-18000
Bestaand	6,78	5,92	2,31	0,00	0,00	5,39	5,12	2,20	0,00	0,00
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48
Nieuw	0,00	0,00	0,00	2,15	2,15	0,00	0,00	0,00	1,58	1,58
Totaal	6,78	5,92	2,31	2,15	2,83	5,39	5,12	2,20	1,58	2,06
tov scenario1	100%	87%	34%	32%	42%	80%	75%	32%	23%	30%



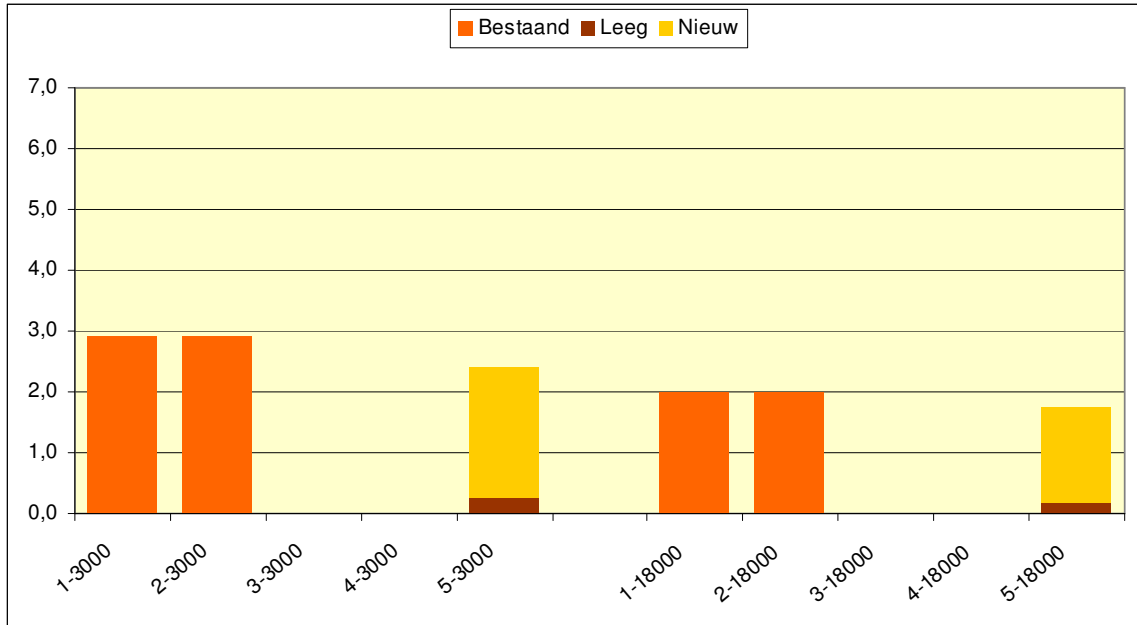
Figuur 5.11: energiegeladen belasting bij KAN1: 3.000 m²bvo, 1980 en KAN4: 18.000 m²bvo, 1980 [schaduwrijzen per m²bvo per jaar]

KAN 2: 1990, 3000 m ² en KAN 5: 1990, 18000 m ² - Schaduw prijs										
Scenario	1-3000	2-3000	3-3000	4-3000	5-3000	1-18000	2-18000	3-18000	4-18000	5-18000
Bestaand	4,34	4,05	2,22	0,00	0,00	2,87	2,58	1,72	0,00	0,00
Leeg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28
Nieuw	0,00	0,00	0,00	2,15	2,15	0,00	0,00	0,00	1,58	1,58
Totaal	4,34	4,05	2,22	2,15	2,54	2,87	2,58	1,72	1,58	1,86
tov scenario1	100%	93%	51%	50%	59%	66%	59%	40%	36%	43%



Figuur 5.12: energiegebonden belasting bij KAN2: 3.000 m²bvo, 1990 en KAN5: 18.000 m²bvo, 1990 [schaduw prijs per m²bvo per jaar]

KAN 3: 2000, 3000 m ² en KAN 6: 2000, 18000 m ² - Schaduwprijs										
Scenario	1-3000	2-3000	3-3000	4-3000	5-3000	1-18000	2-18000	3-18000	4-18000	5-18000
Bestaand	2,91	2,91	-	-	0,00	2,00	2,00	-	-	0,00
Leeg	0,00	0,00	-	-	0,25	0,00	0,00	-	-	0,16
Nieuw	0,00	0,00	-	-	2,15	0,00	0,00	-	-	1,58
Totaal	2,91	2,91	-	-	2,40	2,00	2,00	-	-	1,74
tov scenario1	100%	100%	-	-	82%	69%	69%	-	-	60%



Figuur 5.13: energiegebonden belasting bij KAN3: 3.000 m²bvo, 2000 en KAN6: 18.000 m²bvo, 2000 [schaduwprijs per m²bvo per jaar]

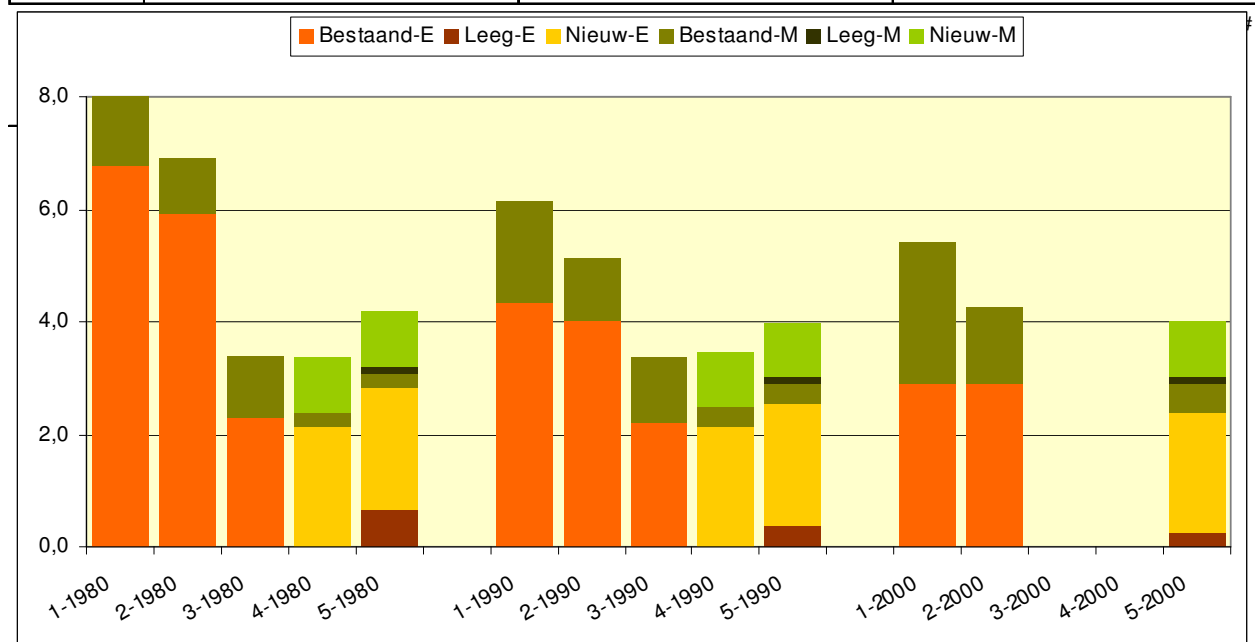
Het verloop tussen de scenario's is bij alle bouwjaren vergelijkbaar. De schaduwprijs bij het 'grote' kantoorgebouw is duidelijk lager (beter) dan die van het 'kleine' kantoor. Dit komt vooral doordat het grotere gebouw compacter is, met een kleiner schiloppervlakte en daardoor warmteverlies. Omdat ook bij Materialen een vergelijkbaar onderscheid te zien is tussen de grote en kleine gebouwen (figuren 5.3, 5.4 en 5.5) zal de invloed op de afweging renoveren of sloop/nieuwbouw gering zijn.

5.3 Integrale prestatie

De centrale vraagstelling in het onderzoek betreft de keuze tussen de mogelijkheden om de huisvestingssituatie te verbeteren. De integrale prestatie (Materiaal + Energie) geeft inzicht in de milieuconsequenties van die opties. De 3 'groengeschakeerde' kleuren verwijzen naar de materiaalgebonden belasting (paragraaf 5.1) en de 3 'oranjgeschakeerde' kleuren naar de energiegebonden belasting (paragraaf 5.2).

In figuur 5.14 is de integrale prestatie bij KAN1, KAN2 en KAN3 gegeven (gebouw 3.000 m²bvo, van verschillende bouwjaren).

KAN 1: 1980, 3000 m ² en KAN 2: 1990, 3000 m ² en KAN 3: 2000, 3000 m ² - Schaduwprijs															
Scenario	1-1980	2-1980	3-1980	4-1980	5-1980	1-1990	2-1990	3-1990	4-1990	5-1990	1-2000	2-2000	3-2000	4-2000	5-2000
Bestaand-E	6,78	5,92	2,31	0,00	0,00	4,34	4,05	2,22	0,00	0,00	2,91	2,91	-	-	0,00
Leeg-E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39	0,00	0,00	-	-	0,25
Nieuw-E	0,00	0,00	0,00	2,15	2,15	0,00	0,00	0,00	2,15	2,15	0,00	0,00	-	-	2,15
Bestaand-M	1,23	0,99	1,08	0,26	0,26	1,79	1,09	1,17	0,34	0,34	2,49	1,35	-	-	0,50
Leeg-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00	0,00	-	-	0,13
Nieuw-M	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,00	0,00	0,00	0,97	0,97	0,00	0,00	-	-	0,97
Totaal	8,01	6,91	3,39	3,38	4,18	6,13	5,14	3,39	3,46	3,98	5,40	4,26	-	-	4,00
tov scenario 1	100%	86%	42%	42%	52%	77%	64%	42%	43%	50%	67%	53%	-	-	50%



Figuur 5.14: integrale milieubelasting (energie+materialen) bij KAN1:1980, KAN2:1990 en KAN3:2002 [schaduwprijs per m²bvo per jaar]

Kanttekening bij de interpretatie van figuur 5.14 is, dat alleen naar de milieubelasting (Planet) wordt gekeken. Planet is slechts één van de pijlers van duurzaamheid. Daarnaast is duurzaamheid weer één van de aspecten binnen de brede afweging.

Bij het gebouw uit 1980 blijken de zware renovatie of sloop/nieuwbouw de beste keuze. Er is een verwaarloosbaar verschil tussen de scenario's 3 en 4. Scenario 5 scoort minder goed, vooral door het energiegebruik dat nodig is tijdens de leegstand van het oude

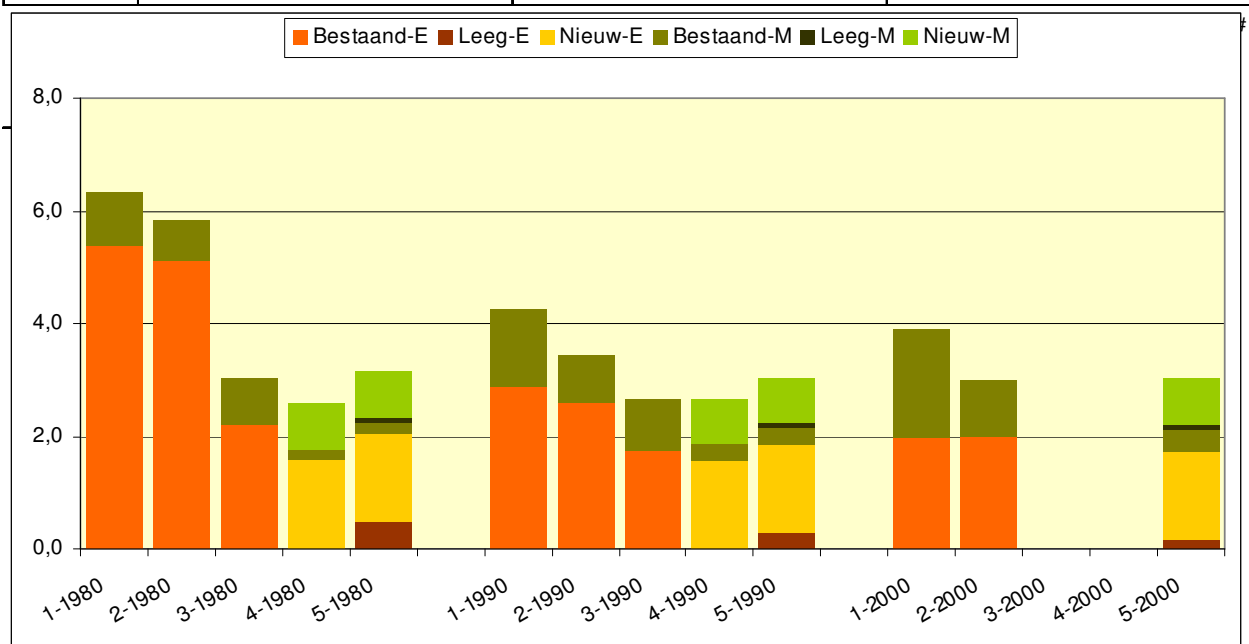
gebouw. De energetische situatie bij 1 en 2 is/blijft zo slecht, dat deze opties vanuit het oogpunt van de milieubelasting gezien afvallen.

Bij de gebouwen uit 1990 is het onderscheid kleiner. De energetische situatie van het bestaande gebouw is minder slecht. De restbelasting door vroegtijdige sloop van het gebouw of gebouwdelen is juist hoger (gebouwen zijn slechts 20 jaar oud).

De trend zet door bij gebouwen van 2000. De milieubelasting bij 'sloop/nieuwbouw met leegstand' is gelijk aan die van de 'lichte renovatie-ingreep'. De bijdrage van Materiaal is van dezelfde orde grootte als de bijdrage van Energie.

In figuur 5.15 is de integrale prestatie bij KAN14, KAN5 en KAN6 gegeven (gebouw 18.000 m²bvo).

KAN 4: 1980, 18000 m ² en KAN 5: 1990, 18000 m ² en KAN 6: 2000, 18000 m ² - Schaduwprijs															
Scenario	1-1980	2-1980	3-1980	4-1980	5-1980	1-1990	2-1990	3-1990	4-1990	5-1990	1-2000	2-2000	3-2000	4-2000	5-2000
Bestaand-E	5,39	5,12	2,20	0,00	0,00	2,87	2,58	1,72	0,00	0,00	2,00	2,00	-	-	0,00
Leeg-E	0,00	0,00	0,00	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,28	0,00	0,00	-	-	0,16
Nieuw -E	0,00	0,00	0,00	1,58	1,58	0,00	0,00	0,00	1,58	1,58	0,00	0,00	-	-	1,58
Bestaand-M	0,95	0,71	0,84	0,19	0,19	1,37	0,85	0,91	0,26	0,26	1,91	0,98	-	-	0,38
Leeg-M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,00	-	-	0,10
Nieuw -M	0,00	0,00	0,00	0,81	0,81	0,00	0,00	0,00	0,81	0,81	0,00	0,00	-	-	0,81
Totaal	6,34	5,83	3,04	2,58	3,15	4,24	3,43	2,63	2,65	3,04	3,91	2,98	-	-	3,03
tov scenario1	100%	92%	48%	41%	50%	67%	54%	42%	42%	48%	62%	47%	-	-	48%



Figuur 5.15: integrale milieubelasting (energie+materialen) bij KAN2:1980, KAN4:1990 en KAN6:2002 [schaduwprijs per m²bvo per jaar]

Het verloop tussen de scenario's is hetzelfde als bij het gebouw van 3.000 m²bvo. De verschillen tussen de scenario's zijn wat minder groot. De totale belasting bij het gebouw van 18.000 m²bvo is overall lager (zowel bij Energie als Materiaal) dan bij het gebouw van 3.000 m²bvo.

5.4 Ruimtebeslag

Als indicatie voor de efficiëntie van ruimtegebruik is de Floor-Space-Index bepaald. De formule: $FSI = bvo / \text{totaaloppervlakte}$. Een hogere FSI is duurzamer.

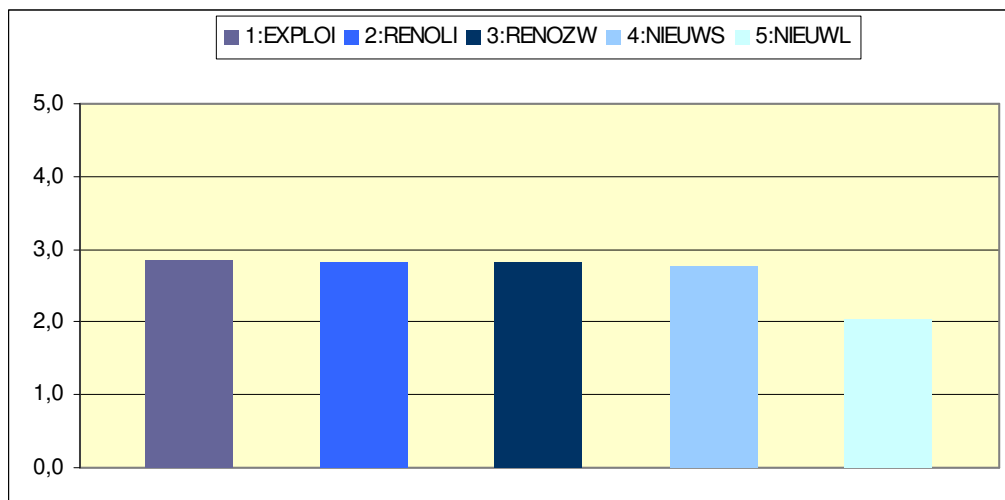
Het grondgebruik is gedurende de sloop/nieuwbouwsenario's niet constant. Ook is niet altijd al het bvo functioneel. Tijdens bouw, renovatie, sloop en leegstand wordt wel ruimte ingenomen, maar is er geen functionaliteit. De formule is daarom aangepast: $FSI_{\text{scenario}} = bvo * \text{functionele periode} / \text{perceeloppervlakte} * \text{bezettingsperiode}$

De berekeningen zijn uitgevoerd door eerst al het ruimtegebruik en het functioneel bvo gedurende de duur van het scenario bij elkaar op te tellen. Doordat dit resultaat gedeeld wordt door de lengte van het scenario, is gecorrigeerd voor de afwijkende beschouwingperiode per scenario. De aannamen ten behoeve van de berekening en de resultaten zijn in de figuren 5.16 (3.000 m²bvo) en 5.17 (18.000 m²bvo) te vinden. Omdat het ruimtegebruik in het verleden niet van belang is (er is niet zo iets als een restbelasting) is er geen onderscheid tussen 1980, 1990 en 2000.

bvo: 3000m ²		Functioneel			Ruimtebezetting			FSI	tov
Scenario	Gebouw	m ² bvo	start	eind	m ² perceel	start	eind	scenario 1	
1:EXPLOI	Bestaand	3000	2012	2022	1000	2012	2022,5	2,86	100%
2:RENOLI	Bestaand	3000	2013	2038	1000	2012	2038,5	2,83	99%
3:RENOZW	Bestaand*	3000	2013	2053	1000	2012	2054,5	2,82	99%
4:NIEUWS	Bestaand	3000	2012	2012	1000	2012	2012,5	-	-
4:NIEUWS	Nieuw bouw **	3000	2012	2062	1000	2010	2063,5	-	-
4:NIEUWS	Totaal							2,78	97%
5:NIEUWL	Bestaand	3000	2012	2012	1000	2012	2032,5	-	-
5:NIEUWL	Nieuw bouw **	3000	2012	2062	1000	2010	2063,5	-	-
5:NIEUWL	Totaal							2,03	71%

* eigenlijk perioden 2013-2038 en 2039-2054, met 1 jaar onderbreking

** eigenlijk perioden 2012-2037 en 2038-2063, met 1 jaar onderbreking

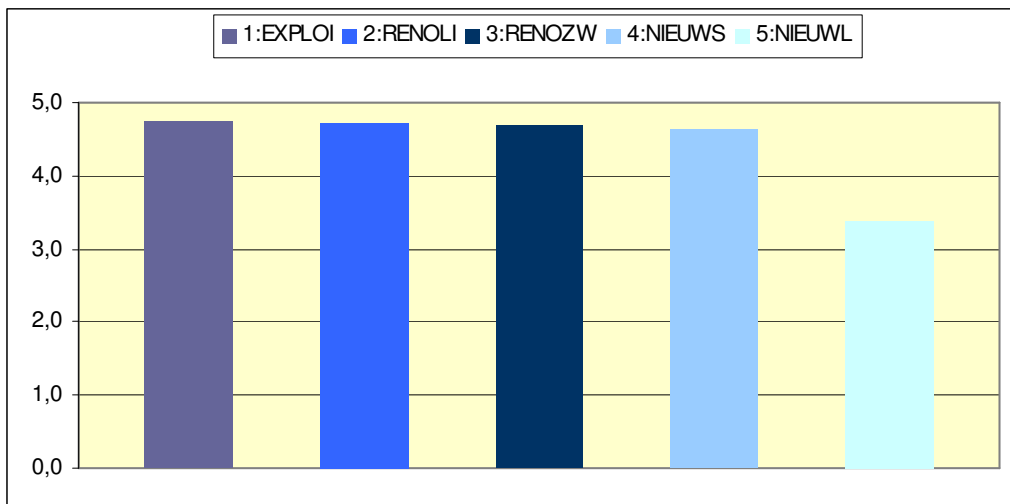


Figuur 5.16: aannamen en FSI-waarden bij KAN1, KAN2 en KAN3 (3.000 m²bvo)

bvo: 18000m ²		Functioneel			Ruimtebezetting			FSI tov	
Scenario	Gebouw	m ² bvo	start	eind	m ² perceel	start	eind	scenario 1	
1:EXPLOI	Bestaand	18000	2012	2022	3600	2012	2022,5	4,76	100%
2:RENOLI	Bestaand	18000	2013	2038	3600	2012	2038,5	4,72	99%
3:RENOZW	Bestaand*	18000	2013	2053	3600	2012	2054,5	4,71	99%
4:NIEUWS	Bestaand	18000	2012	2012	3600	2012	2012,5	-	-
4:NIEUWS	Nieuw bouw **	18000	2012	2062	3600	2010	2063,5	-	-
4:NIEUWS	Totaal							4,63	97%
5:NIEUWL	Bestaand	18000	2012	2012	3600	2012	2032,5	-	-
5:NIEUWL	Nieuw bouw **	18000	2012	2062	3600	2010	2063,5	-	-
5:NIEUWL	Totaal							3,38	71%

* eigenlijk perioden 2013-2038 en 2039-2054, met 1 jaar onderbreking

** eigenlijk perioden 2012-2037 en 2038-2063, met 1 jaar onderbreking



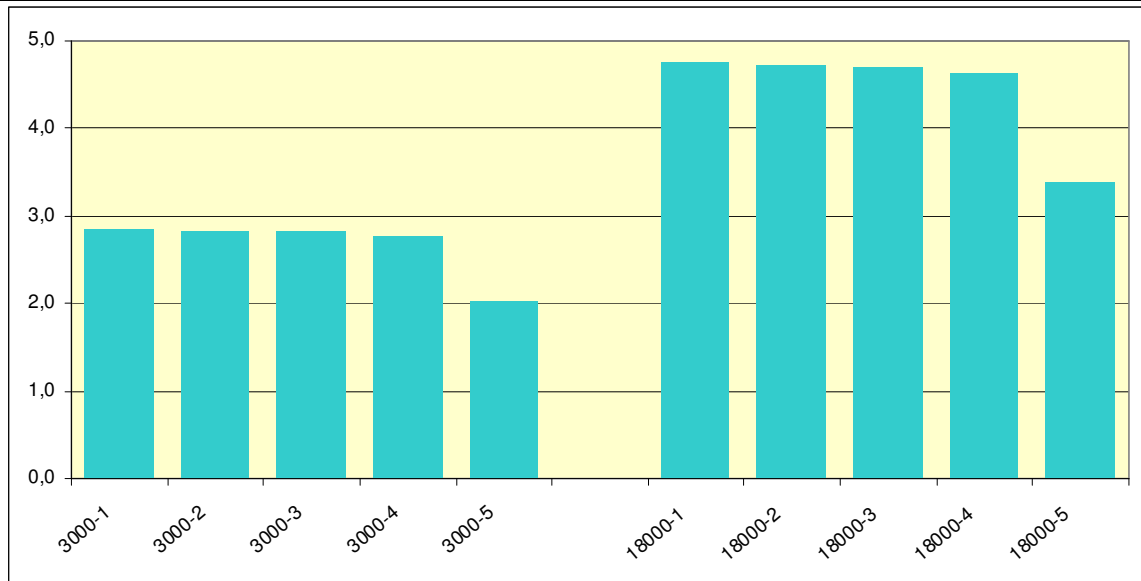
Figuur 5.17: aannamen en FSI-waarden bij KAN4, KAN5 en KAN6 (18.000 m²bvo)

Het verloop tussen de scenario's bij de gebouwen van 3.000 m²bvo en 18.000 m²bvo komt overeen. De FSI van scenario 5 (sloop/nieuwbouw met leegstand) is zoals verwacht het ongunstigst. De waarde zal verder omlaag gaan als de leegstand langer duurt (nu is 20 jaar aangehouden). Ook een kortere levensduurverwachting van de nieuwbouw (nu 50 jaar) heeft een negatief effect.

Bij de andere scenario's is er enige invloed doordat de grond tijdens bouw, renovatie en sloop niet nuttig wordt gebruikt. Ondanks dat er geen sprake is van een renovatieperiode bij scenario 1, scoort dit scenario toch niet beter. Dit komt doordat de slooperperiode door de korte functionele periode van 10 jaar een relatief grote invloed heeft.

In figuur 5.18 worden de beide gebouwgroottes vergeleken. De verschillen zijn aanzienlijk. Zoals verwacht scoort het gebouw van 10 lagen aanzienlijk beter op efficiëntie van grondgebruik dan het gebouw van 4 lagen. Het verschil is groter dan het verschil door leegstand.

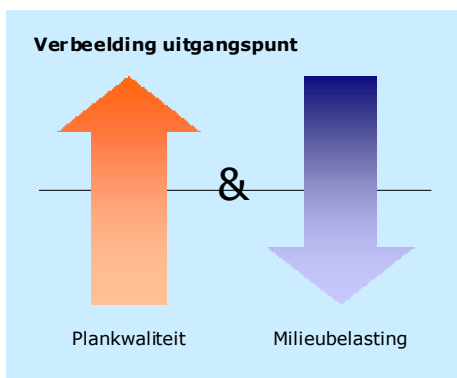
KAN1 en KAN4, 1980 - FSI											
Gebouw	3000-1	3000-2	3000-3	3000-4	3000-5		18000-1	18000-2	18000-3	18000-4	18000-5
FSI	2,86	2,83	2,82	2,78	2,03		4,76	4,72	4,71	4,63	3,38
tov 18000:1	60%	59%	59%	58%	43%	0%	100%	99%	99%	97%	71%



Figuur 5.18: FSI-waarden bij de scenario's voor KAN 1 (1980, 3.000) en KAN 4 (1980, 18.000)

5.5 Gebouwkwaliteit

In dit onderzoek ligt de focus op de milieubelasting in de vorm van de energie- en materiaalgebonden milieubelasting. De duurzaamheid van gebouwen wordt echter door meer aspecten bepaald (triple-P benadering). Deze breedte is in het instrument GPR Gebouw uitgewerkt. Het uitgangspunt hierbij is gestreefd dient te worden naar een zo hoog mogelijk plankwaliteit en dat tegen een zo laag mogelijke milieubelasting (figuur 5.19).



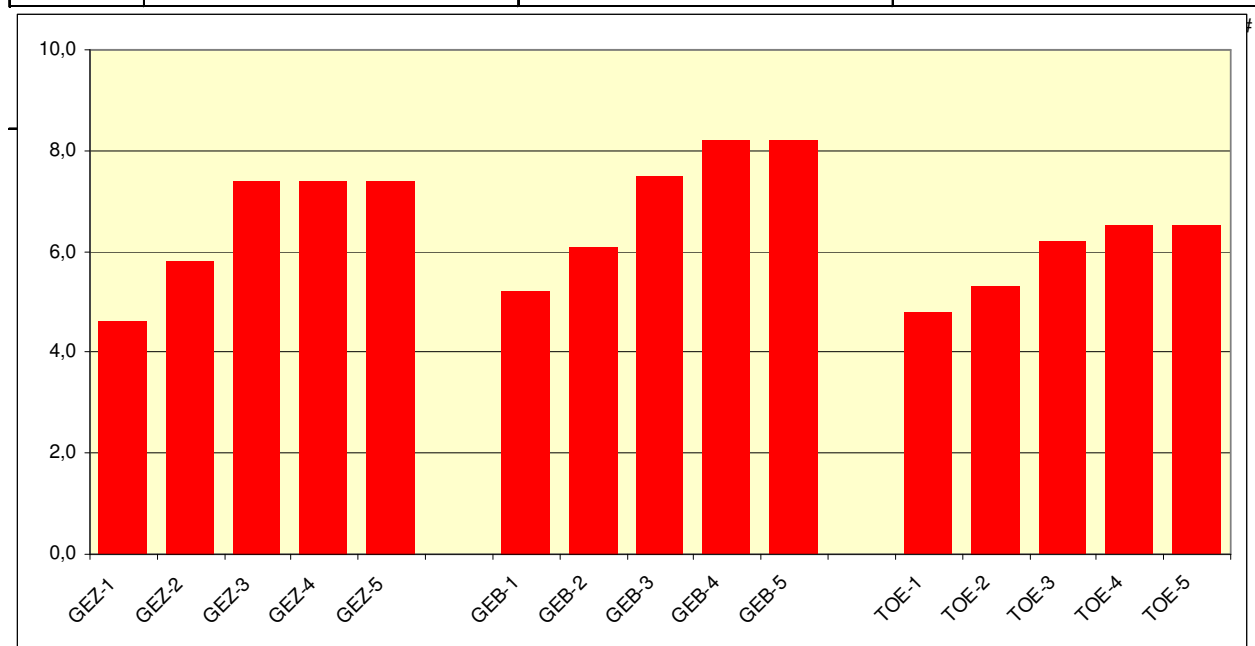
Figuur 5.19: Uitgangspunt GPR Gebouw

De onderzoeksresultaten tot nu toe geven dus zicht op slechts een deel van de duurzaamheid. Om toch een beeld te schetsen van de gebouwkwaliteit bij de diverse scenario's, is er voor de verschillende situaties een GPR Gebouw profiel opgesteld. Omdat de twee belastingsthema's in GPR Gebouw, namelijk Energie en Materialen, al aan bod zijn gekomen, wordt in figuur 5.20 ingezoomd op de kwaliteitsthema's Gezondheid (GEZ), Gebruikskwaliteit (GEB) en Toekomstwaarde (TOE). Het gaat hierbij om een indruk op

basis van een beperkt uitgewerkte referentie. De bandbreedte is fors, afhankelijk van de specifieke situatie (gebouw en omgeving en uitwerking ingreep). Bij de invoer van de scenario's in GPR Gebouw is uitgegaan van de uitwerking van scenario 3, waarbij alleen het casco gehandhaafd blijft. Bij de scenario's 4 en 5 gaat het om dezelfde uitvoering van de nieuwbouw.

NB: Anders dan bij Energie en Materialen betreft het geen berekeningen maar het toekennen van punten op basis van ervaringen bij de aanpak van bestaande gebouwen en nieuwbouw.

KAN 1: 1980 - Kwaliteitsprofiel GPR Gebouw															
Scenario	GEZ-1	GEZ-2	GEZ-3	GEZ-4	GEZ-5	GEB-1	GEB-2	GEB-3	GEB-4	GEB-5	TOE-1	TOE-2	TOE-3	TOE-4	TOE-5
Prestatie	4,60	5,80	7,40	7,40	7,40	5,20	6,10	7,50	8,20	8,20	4,80	5,30	6,20	6,50	6,50
tov scenario 1	62%	78%	100%	100%	100%	63%	74%	91%	100%	100%	74%	82%	95%	100%	100%



Figuur 5.20: GPR-prestaties Gezondheid (GEZ), Gebruikskwaliteit (GEB) en Toekomstwaarde (TOE)

Gezondheid (GEZ):

Bij het thema gezondheid wordt bij 3 (zware renovatie) hetzelfde niveau als bij 4 (nieuwbouw) behaald. Bij 2 zijn de mogelijkheden beperkt.

- Geluid. Bij 2 wordt winst geboekt door isolatie van de scheidingswanden en vermindering van het installatiegeluid. Bij 3 wordt ook de gevel aangepakt, waarna dezelfde kwaliteit behaald wordt als bij 4.
- Luchtkwaliteit: Bij 2 wordt de ventilatie verbeterd. Bij 3 worden ook tekortkomingen zoals enkel glas en koudebruggen aangepakt (vocht - schimmel).
- Comfort: Bij 2 weer een betere ventilatie. Bij 3 de aanpak van de dichte (isolatie, kierdichting) en open gevel (zoningstraling, warmte-isolatie).
- Licht: Bij 2 komen er lichtregeling en goede armaturen. Bij 3 komt er ook meer daglicht.

Gebruikskwaliteit (GEB):

Bij het thema gebruikskwaliteit legt het bestaande casco bij 3 beperkingen op. Hierdoor is nieuwbouwkwaliteit niet haalbaar.

- Toegankelijkheid en Functionaliteit: Bij 3 kunnen de afmetingen van (verkeersruimten) niet of nauwelijks aangepast worden.
- Technische kwaliteit: Bij 3 wordt overal nieuwbouwniveau gerealiseerd.
- Sociale veiligheid: Bij 2 en 3 is de interactie tussen gebouw en omgeving niet of nauwelijks te verbeteren. Bij nieuwbouw wordt met schone lei begonnen.

Toekomstwaarde (TOE):

- Toekomstgerichtheid en flexibiliteit: Ook hier spelen de beperkingen vanuit het casco een rol voor de prestatie bij 3. Bij 2 is bij de interne herindeling wat in te bouwen.
- Belevingswaarde: Bij 3 is het belangrijk wat de beleving van het bestaande gebouw is. Het kan zelfs zo zijn dat die dusdanig hoog is (monument, of herkenbaar beeldbepalend gebouw), dat de prestatie bij 3 hoger is dan bij 4.

Bij de keuze tussen de scenario's is Kwaliteit een relevante factor. Bij een slechte startsituatie (bestaande gebouw) wordt de ongewenste situatie bij niets doen (1) of slechts een lichte ingreep (2) niet of nauwelijks verbeterd. Is de startsituatie goed, dan is dit nadeel minder groot. Met een zware renovatie (3) of nieuwbouw (4, 5) wordt een slechte situatie wel afdoende aangepakt. Bij beide scenario's is ongeveer hetzelfde niveau haalbaar. Voorwaarde bij 3 is wel dat het casco van voldoende kwaliteit is en ruimte biedt voor het realiseren van nieuwbouwkwaliteit.

5.6 Kanttekeningen bij resultaten

In paragraaf 4.4 is er al op gewezen dat de studie een modelmatige benadering van de werkelijkheid is. Naast de afbakening van de scenario's (zie paragraaf 4.4) zijn er ook kanttekeningen vanuit de aannamen bij de berekeningen te maken.

1. Belangrijkste kanttekening is de beperkte focus tot het gebouwniveau en de milieubelasting. Er is getracht de gevolgen van de scenario's op voorraadniveau mee te nemen door bij sloop/nieuwbouw effecten van leegstand te berekenen. Het blijkt dat hiermee slechts een deel van de problematiek in beeld komt. Op de laatste inperking, de focus op milieubelasting, is in 5.5 uitgebreid ingegaan.
2. Een kanttekening betreft de keuze bij de systeemafbakening. In paragraaf 4.4 is als kanttekening genoemd, dat er bij de scenario's geen gelijke periode aangehouden is. Deze keuze heeft gevolgen voor de uitkomsten bij Materiaal.
 - De levensduur van een nieuw kantoorgebouw van 50 jaar is een standaardwaarde die voorgeschreven is in de 'nationale' bepalingmethode (paragraaf 2.2). Dat deze veronderstelling puur theoretisch is, is bij vergelijking van nieuwbouw met nieuwbouw geen probleem. In deze studie wordt echter een vergelijking van nieuwbouw met bestaande bouw gemaakt, waarbij al een groter deel van de levensloop bekend is. Omdat de 50 jaar een erg positieve invloed heeft is er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarbij een kortere levensduur is verondersteld.
 - Belangrijke vraag is of de belasting van elke gebouw binnen het systeem van het gebouw zelf, of binnen het totale scenario afgeschreven mag worden. Dit is bijvoorbeeld relevant voor de afschrijving van de restschuld van het oude gebouw bij de nieuwbouwscenario's. Afschrijving binnen het systeem van het gebouw betekent dat de zeer hoge restschuld door vervroegde sloop van het oude gebouw in 1 jaar afgeschreven moet worden (delen door 1). In het verleden is altijd te weinig afgelost en door sloop rest er geen toekomst meer, waarin de restschuld

kan worden afgelost. De situatie is aanmerkelijk gunstiger als de restschuld, afgeschreven mag worden over de lange levensduur (50 jaar) van de nieuwbouw (systeem is het hele scenario). Voor de overige scenario's geldt deze discussie niet, omdat het scenario steeds één gebouw betreft.

3. In paragraaf staat als kanttekening bij de LCA-benadering genoemd dat steenachtige materialen, zoals beton, kalkzandsteen, baksteen en gips niet als schaars worden gezien. Ook de aantasting van natuur en landschap door de winning wordt niet meegenomen. Deze beperking is vooral in het voordeel van de nieuwbouwsenario's, waarbij een nieuw casco nodig is dat meestal grotendeels uit steenachtige materialen wordt opgebouwd.
4. De FSI is gehanteerd als maat voor de efficiëntie van ruimtegebruik. Bij het gebruik van de FSI als losse parameter zijn een aantal kanttekeningen te plaatsen:
 - Kwaliteit gebruikte ruimte:
Zeker net zo belangrijk als de kwantiteit is de kwaliteit van de ruimte. De duurzaamheidsconsequenties van het ruimtegebruik hangen ook af van de locatie. Komt er een gebouw leeg te staan op A-locatie (goede mogelijkheden OV)? Ligt de nieuwbouw langs een snelweg (meer autoverkeer) of in een uitbreidingsgebied (ongewenste verstedelijking buitengebied)?
 - Het consequent streven naar een hoge FSI is niet wenselijk:
De vergelijking van de beide gebouwgroottes toont al aan dat FSI hoogbouw beloond. De vraag is of hoogbouw altijd gewenst en duurzaam is. Ook worden op zich duurzame situaties van een klein, weinig ingrijpend, kantoorgebouw op een groot landgoed afgestraft.
 - Uitdrukken van functionaliteit in bvo:
Veel bvo is niet altijd goed. Het gaat om het aantal functionele m², om het aantal werkplekken. In veel gebouwen is niet het gehele bvo geschikt om de hele dag te gebruiken voor werkplekken. Vooral bij renovatie kan dit een beperkende factor zijn.

6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies keuze handelingsopties

In het onderzoek zijn scenario's opgesteld voor de keuze die een huurder van kantoorhuisvesting maakt. In paragraaf 6.2 is een aantal kanttekeningen bij de scenarioaanpak en bepalingsmethoden geplaatst. Met deze kanttekeningen in het achterhoofd is een aantal conclusies te trekken.

1. Minst belastende scenario:

- Kijkend naar de integrale milieubelasting (van energie- en materiaalgebruik), dan blijkt het vaak zinvol om fors in te grijpen bij kantoorgebouwen van 20 jaar en ouder. Bij gebouwen met een energielabel D of slechter, lijkt een forse verbeteringreep zelfs de enige optie die leidt tot een duurzaam resultaat.
- Fors ingrijpen betekent, een ingrijpende renovatie, of sloop en vervangende nieuwbouw. Wordt de sloop van het oude gebouw vooraf gegaan door een langere periode van leegstand, dan heeft de ingrijpende renovatie de voorkeur.
- Wordt het oude gebouw direct gesloopt, dan is er op basis van de studie geen onderscheid tussen de ingrijpende renovatie en sloop en vervangende nieuwbouw aan te geven. Welk alternatief het duurzaamst is, hangt af van de specifieke situatie. Bepalend zijn de bereikte eindkwaliteit (o.a. energieprestatie), en de verwachte (rest)levensduur. Bij renovatie is ook de erfenis uit het verleden van belang. Zijn er belemmeringen voor een substantiële levensduurverlenging vanuit het casco of de omgeving? Wat is de bestaande kwaliteit, wat moet er vervangen worden en wat niet?
- Bij gebouwen met een energielabel B of beter, komt de lichte ingreep ook als duurzame optie in beeld. Dit geldt zeker als die vergeleken wordt met sloop en vervangende nieuwbouw, waarbij het oude gebouw eerst enige tijd leeg komt te staan. Is de schil van een goede kwaliteit, dan is ook met een lichte ingreep vaak een goede energetische kwaliteit haalbaar.

2. Relevante variabelen:

- Het bouwjaar blijkt een zeer relevante factor. Duidelijk blijkt dat de materiaal- en energiegerelateerde belasting een tegengesteld verloop hebben. Het aan materialen gerelateerde deel van de milieubelasting stijgt naarmate het gebouw van een recenter bouwjaar is. De "afschrijving" van de aanwezige materialen is namelijk groter naarmate de periode van toepassing korter is (vergelijkbaar met kosten). De milieubelasting van energiegebruik is juist lager naarmate het gebouw jonger is, doordat de energetische kwaliteit beter is (strengere regelgeving).
- De verbetering van de energieprestatie is logisch te verklaren uit de steeds verdere aanscherping van de energieprestatie-eisen in de afgelopen decennia. Er zijn in de praktijk echter ook oudere gebouwen die energetisch goed scoren. Eigenlijk gaat het dus niet om de ouderdom, maar om het energielabel van het gebouw.

- De conclusies zijn gebaseerd op een studie, die een periode omvat, waarin de energieprestatie-eisen continu aangescherpt zijn. De conclusies blijven in de toekomst actueel als deze lijn, zoals nu voorzien, versneld wordt doorgezet. Omdat een nieuw gebouw in 2020 weer energetische veel beter zal zijn, is het voor een duurzaam resultaat nodig om dan fors in te grijpen in een bestaand gebouw uit 2000. Vlakt het tempo van aanscherping van prestatie-eisen af, dan komen doorexploreren of een lichtere ingreep in beeld.
 - Ook als de lijn wel doorzet, komt er een kantelpunt. De bijdrage van de materiaalgebonden belasting wordt relatief groter omdat de energiereleerde belasting in absolute zin kleiner wordt. Uiteindelijk gaat het om het vinden van een optimum tussen het behalen van een lange (rest)levensduur met zo weinig mogelijk ingrepen.
 - Voor het verloop tussen de scenario's (van belang voor duurzame keuze) blijkt de gebouw grootte van gering belang. Het patroon komt bij het kleine gebouw overeen met dat bij het grote gebouw. Het absolute belastingsniveau (per m²bvo) ligt bij het kleine gebouw wel hoger. Dit komt niet zo zeer door het verschil in grootte als wel door het verschil in compactheid. Een grotere compactheid blijkt gunstig voor de energie- en materiaalgerelateerde milieubelasting. Of het ook duurzaam is hangt af van onder andere de consequenties voor de daglichttoetreding.
 - De kwaliteit van gebouw (o.a. flexibiliteit, energetische kwaliteit) en omgeving zijn van invloed op de gebouwlevensduur en daarmee op de prestatie bij het thema Materiaal. Bij een langere levensduur kan de belasting door bouw, renovatie en sloop over een langere periode worden afgeschreven. Dit heeft vooral een positief effect op de belasting van langcyclische gebouwdelen, zoals het casco. Voor bijvoorbeeld de inbouw is dit effect nihil.
3. Overige inzichten:
- Leegstand heeft vooral een effect op de integrale milieubelasting, doordat een deel van het energiegebruik doorgaat. Het effect van de doorlopende onderhoudsbehoefte is beperkt. De belastingscore bij sloop/nieuwbouw wordt door leegstand met ongeveer 15% verhoogd. De milieubelasting door leegstand is een factor die zinvol is om in de afweging mee te nemen.
 - De invloed van de bouw-, renovatie-, en slooperperiode op de Floor-space-index (=FSI, een maat voor de efficiëntie van het grondgebruik) is gering. In verhouding tot de lange (functionele) levensduur van een gebouw gaat het om korte perioden. In mindere mate geldt dit ook voor een periode van (gedeeltelijke) leegstand. De keuze voor laag- of hoogbouw blijkt de bepalende factor voor de FSI.
 - De constatering dat het relatieve belang van Materiaal t.o.v. Energie toeneemt met het jonger worden van de gebouwen, maakt duidelijk dat het relevant is dat de milieubelasting (CO₂-emissie) van de in gebouwen toegepaste materialen hoger op de (beleids)agenda komt.

6.2 Conclusies voor het afwegingskader en bepalingmethoden

Eén van de beoogde resultaten van deze studie is een 'model' voor de afweging van ingreepopties op basis van milieubelasting. De toepassing van het opgestelde 'model' in de scenariostudie leidt tot de volgende conclusies:

1. Waarde van het 'afwegingsmodel':

De toepassing van de bepalingmethoden levert waardevolle inzichten op. Dit geldt in het bijzonder voor het onder één noemer brengen van de belasting door het energie- en materiaalgebruik. Hierdoor is een vergelijking op de totaaluitkomst mogelijk, die tot nu toe op basis van gevoel gemaakt werd. De inzichten vormen een belangrijke bouwsteen voor het afwegingskader.
2. Behoeftes aan het 'afwegingsmodel':
 - De studie levert inzichten op, waarmee de praktijk aan de slag kan. De belangrijkste eerste prioriteit heeft het fors ingrijpen bij gebouwen met een label D of slechter. Bij dergelijke gebouwen is genuanceerde rekenwerk niet nodig.
 - Bij een verdere optimalisatie is er wel behoefte aan een genuanceerde kijk. De keuze tussen zware renovatie of sloop en vervangende nieuwbouw hangt af van een groot aantal variabelen. Van invloed zijn de bestaande situatie (gebouw en omgeving), de huisvestingsopgave en het toekomstperspectief. Om te kunnen bepalen welke optie in een specifieke situatie vanuit duurzaamheid de voorkeur heeft, is een berekening van de milieubelasting nodig.
 - Ook na de keuze van een optie, kunnen berekeningen helpen bij het verder optimaliseren. Vooral de prestatie bij een zware ingreep is sterk contextafhankelijk. Het bestaande casco is bepalend voor de te behalen kwaliteit. Staat het casco het toe dan is het kwaliteitsniveau van nieuwbouw en dus een vergelijkbare (rest)levensduur haalbaar. Net als bij nieuwbouw is de (rest)levensduur vooral afhankelijk van de omgeving en de mogelijkheden om in te kunnen spelen op ontwikkelingen. Flexibiliteit is het antwoord op deze laatste voorwaarde, met als bijkomend voordeel dat bij wijzigingen minder gesloopt hoeft te worden.
3. Kanttekeningen bij 'afwegingsmodel':
 - Het gebruik en de interpretatie van het 'afwegingsmodel' is complex. Het is in de huidige vorm bruikbaar als onderzoeksmodel. Het model kan ingezet worden voor het verkrijgen van nieuwe inzichten en optimalisatie van specifieke opgaven (koplopers). Het betreft geen kant en klaar bruikbaar instrument voor beslissers.
 - In de paragrafen 4.4 en 5.6 is een aantal kanttekeningen bij de scenariostudie beschreven. De kanttekeningen hebben vooral te maken met de modelmatige beschrijving van de pluriforme werkelijkheid. Ook is een aantal noodzakelijke theoretische keuzen gemaakt, zoals de wijze van afschrijving van de restbelasting bij sloop en vervangende nieuwbouw. Kanttekeningen waarmee men bij de interpretatie van de uitkomsten rekening dient te houden.
 - Een belangrijke kanttekening betreft een beperking van de LCA-systematiek, die de basis vormt voor de in deze studie gebruikte 'nationale' bepalingmethode. Steenachtige grondstoffen worden in de LCA niet als schaars gezien (wat

mondiaal ook correct is). Ook de eventuele landschapaantasting als gevolg van de winning van de grondstoffen blijft buiten beeld.

- Het afwegingsmodel en de inzichten uit de scenariostudie zijn bouwstenen in het bredere afwegingskader dat in de praktijk gehanteerd zal worden. Veel van de kanttekeningen hebben met de focus van de studie te maken. De focus kan verbreed worden door andere variabelen dan alleen "planet" in het model op te nemen.
- Een risico van de afbakening op gebouwniveau is dat effecten op voorraadniveau buiten beeld blijven. Getracht is in deze studie een belangrijk item op dat niveau, namelijk leegstand, ook op gebouwniveau mee te nemen. Dit is zinvol gebleken bij de energie- en materiaalgerelateerde milieubelasting. De consequenties door het in gebruik nemen van een nieuwe locatie en het (ongebruikt) achterlaten van de oude locatie wordt door de invloed op de FSI onvoldoende gekwantificeerd. Behalve over de kwantiteit van het grondgebruik gaat het over de kwaliteit, en invloed op milieuthema's zoals mobiliteit. Op een A-locatie met goede aansluiting op het openbaar vervoer is de milieukwaliteit anders dan bij een nieuw kantorenlocatie langs de snelweg. Een ander milieueffect van leegstand is de negatieve invloed op de beleving van de omgeving en de eventuele invloed op de verhuurbaarheid van omliggende gebouwen. Voor het beoordelen van de gevolgen van leegstand bij afwegingen over de huisvesting past een beschouwing op voorraadniveau beter.

6.3 Aanbevelingen

Geconcludeerd is dat het afwegingsmodel een zinvolle bouwsteen is voor het brede afwegingskader bij beslissingen ten aanzien van duurzame huisvesting. Voor het vergroten van de grip is een aantal opties:

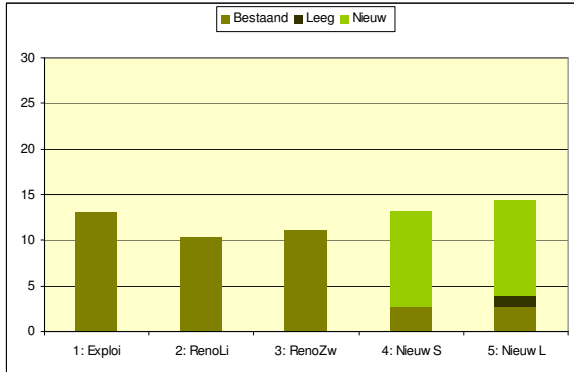
1. Vergroten inzicht:
 - Het inzicht kan vergroot worden door het afwegingsmodel los te laten op huisvestingsopgaven bij reële gebouwen en huisvestingsopgaven, in plaats van op de 'platgeslagen' werkelijkheid bij de referentiegebouwen. De resultaten zullen worden beïnvloed door de praktijkcontext die in deze studie noodgedwongen is weggelaten.
 - De scenariostudie op basis van dit model geeft waardevolle inzichten, maar is niet allesomvattend. Er is een groot aantal variabelen vastgezet, omdat bij teveel vrijheidsgraden geen goede analyse mogelijk is. Het inzicht is te vergroten door met gevoeligheidsanalyses de invloed van andere variabelen af te tasten.
2. Uitbreiding afwegingskader:
 - Het op de milieubelasting gerichte afwegingsmodel kan los gebruikt worden voor het creëren van inzichten of voor de suboptimalisatie. Het model zou ook geïntegreerd kunnen worden in een breder afwegingskader. Een voorzet is gegeven met de relatie met de kwaliteitsaspecten gezondheid, gebruikskwaliteit en toekomstwaarde, zoals dat nu al in het instrument GPR Gebouw gebeurt. Ook een verdere uitbreiding richting triple-P met criteria als waardeontwikkeling en mobiliteit is denkbaar, maar kan het geheel mogelijk ook te complex maken.



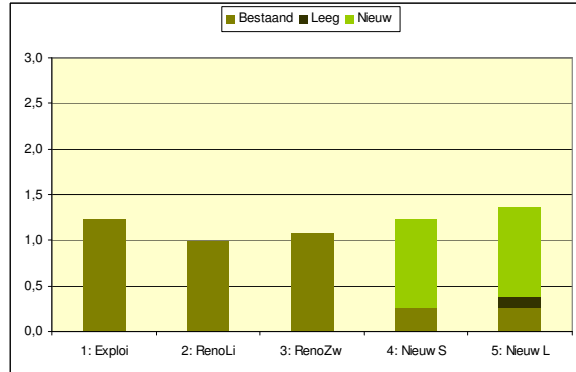
- De afbakening tot gebouwniveau betekent dat niet alle invloeden en interacties in beeld komen. Bij besef van de afbakening hoeft dit geen probleem te zijn. De vraag is echter of het zinvol is het model naar voorraadniveau op te schalen. Een optie is een aparte beschouwing van de problematiek op voorraadniveau. Berekeningswijzen en resultaten uit deze studie kunnen hierbij gebruikt worden. Te denken valt aan kengetallen per referentietype en per referentie-ingreep.
3. Overige aanbevelingen:
- De focus van het duurzaamheid- en klimaatbeleid van de overheid voor de gebouwde omgeving ligt op het terugdringen van de energieregerelateerde CO₂-emissie (gebruiksfase van de gebouwen). Deze studie wijst uit dat de relevantie van materiaalgebonden belasting relevant is en dit decennium relatief groter wordt. De materiaalgebonden belasting verdient een hogere plek op de beleidsagenda.
 - In 6.1 is geconcludeerd dat fors ingrijpen in bestaande kantoorgebouwen in de toekomst vanuit duurzaamheid nodig blijft als de energieprestatie-eis voor nieuwe gebouwen blijft dalen. Opnieuw een dergelijke opgave is te voorkomen door bij renovatie of nieuwbouw als met de eisen van de toekomst rekening te houden. Dit geldt met name voor de gebouwcomponenten die lang mee moeten gaan. Door nu al voor een zeer goed isolerende schil te kiezen, wordt voorkomen dat de gevel vroegtijdig vervangen of ingrijpend gerenoveerd dient te worden. Een andere optie is een makkelijk vervangbare gevel, die goed te recyclen, te composteren of her te gebruiken is.

Bijlage 1: Rekenresultaten Materiaal

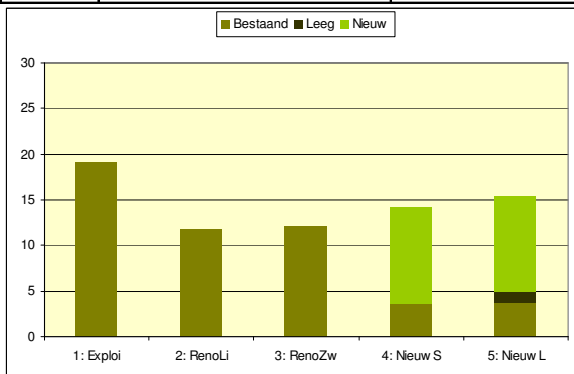
KAN1: 1980, 3000 m2 - CO2-emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	13,10	0,00	0,00	13,10	100%
2: RenoLi	10,26	0,00	0,00	10,26	78%
3: RenoZw	11,14	0,00	0,00	11,14	85%
4: Nieuw S	2,74	0,00	10,44	13,18	101%
5: Nieuw L	2,74	1,16	10,44	14,34	109%



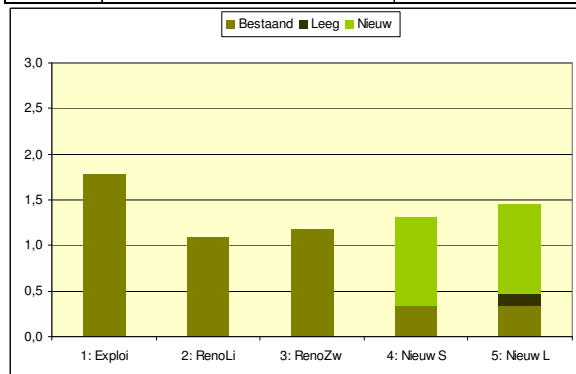
KAN1: 1980, 3000 m2 - Schaduw prijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	1,23	0,00	0,00	1,23	100%
2: RenoLi	0,99	0,00	0,00	0,99	80%
3: RenoZw	1,08	0,00	0,00	1,08	88%
4: Nieuw S	0,26	0,00	0,97	1,23	100%
5: Nieuw L	0,26	0,12	0,97	1,35	110%



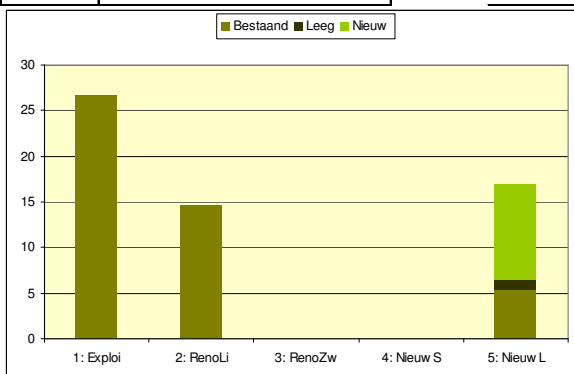
KAN2: 1990, 3000 m2 - CO2-emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	19,23	0,00	0,00	19,23	100%
2: RenoLi	11,69	0,00	0,00	11,69	61%
3: RenoZw	12,15	0,00	0,00	12,15	63%
4: Nieuw S	3,72	0,00	10,44	14,16	74%
5: Nieuw L	3,72	1,23	10,44	15,39	80%



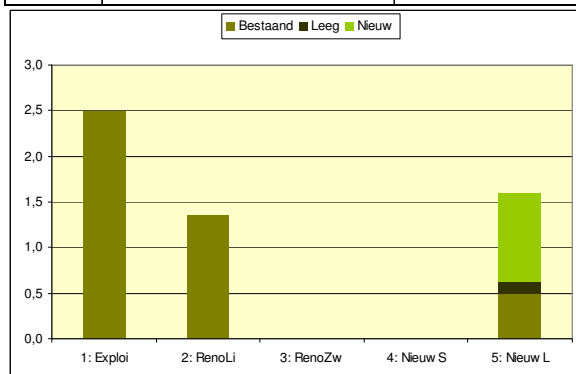
KAN2: 1990, 3000 m2 - Schaduw prijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	1,79	0,00	0,00	1,79	100%
2: RenoLi	1,09	0,00	0,00	1,09	61%
3: RenoZw	1,17	0,00	0,00	1,17	65%
4: Nieuw S	0,34	0,00	0,97	1,31	73%
5: Nieuw L	0,34	0,13	0,97	1,44	81%



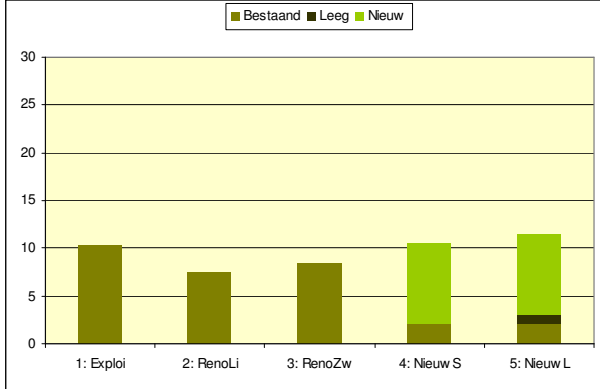
KAN3: 2000, 3000 m2 - CO2-emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	26,71	0,00	0,00	26,71	100%
2: RenoLi	14,55	0,00	0,00	14,55	54%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
5: Nieuw L	5,32	1,24	10,44	17,00	64%



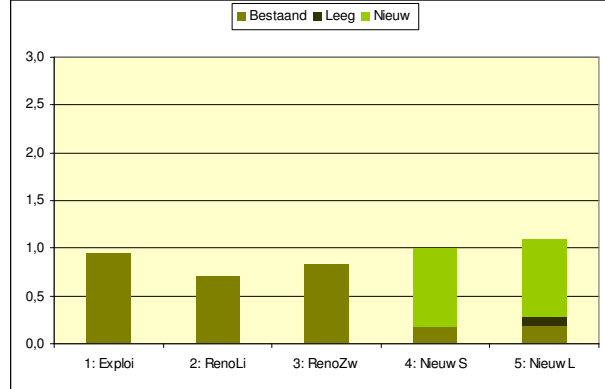
KAN3: 2000, 3000 m2 - Schaduw prijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	2,49	0,00	0,00	2,49	100%
2: RenoLi	1,35	0,00	0,00	1,35	54%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
5: Nieuw L	0,50	0,13	0,97	1,60	64%



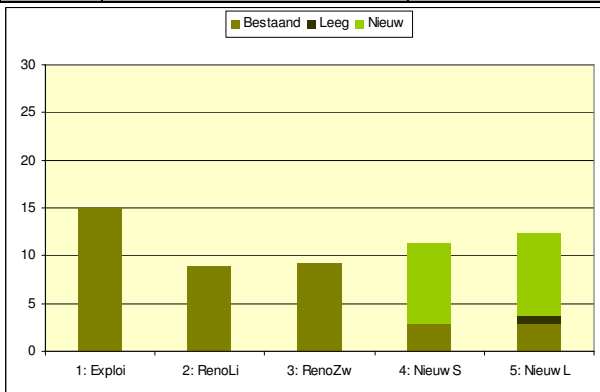
KAN4: 1980, 18000 m ² - CO ₂ -emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	10,28	0,00	0,00	10,28	78%
2: RenoLi	7,45	0,00	0,00	7,45	57%
3: RenoZw	8,45	0,00	0,00	8,45	65%
4: Nieuw S	2,04	0,00	8,50	10,55	81%
5: Nieuw L	2,04	0,89	8,50	11,44	87%



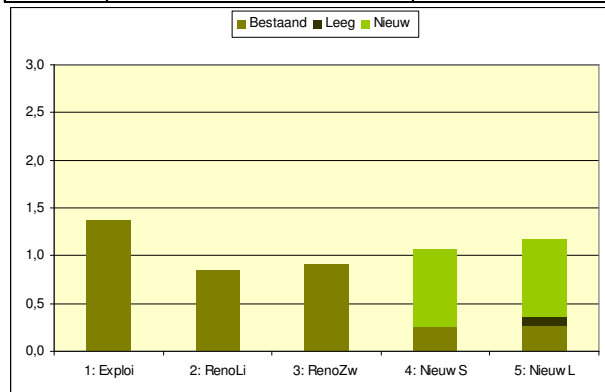
KAN4: 1980, 18000 m ² - Schaduwprijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	0,95	0,00	0,00	0,95	77%
2: RenoLi	0,71	0,00	0,00	0,71	58%
3: RenoZw	0,84	0,00	0,00	0,84	68%
4: Nieuw S	0,19	0,00	0,81	1,00	81%
5: Nieuw L	0,19	0,10	0,81	1,09	89%



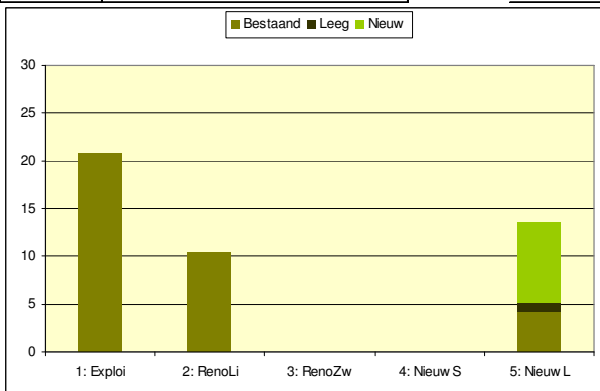
KAN5: 1990, 18000 m ² - CO ₂ -emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	14,98	0,00	0,00	14,98	78%
2: RenoLi	8,90	0,00	0,00	8,90	46%
3: RenoZw	9,27	0,00	0,00	9,27	48%
4: Nieuw S	2,90	0,00	8,50	11,41	59%
5: Nieuw L	2,90	0,93	8,50	12,34	64%



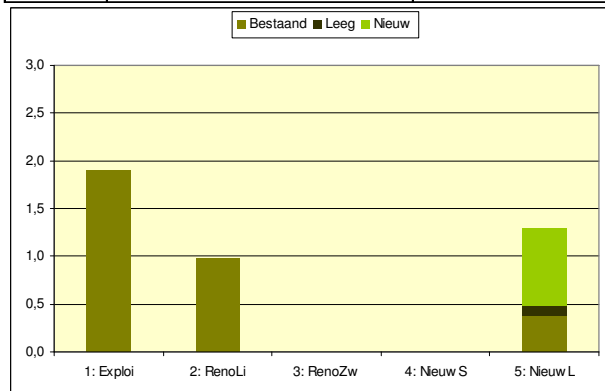
KAN5: 1990, 18000 m ² - Schaduwprijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	1,37	0,00	0,00	1,37	77%
2: RenoLi	0,85	0,00	0,00	0,85	47%
3: RenoZw	0,91	0,00	0,00	0,91	51%
4: Nieuw S	0,26	0,00	0,81	1,07	60%
5: Nieuw L	0,26	0,10	0,81	1,18	66%



KAN6: 2000, 18000 m ² - CO ₂ -emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	20,75	0,00	0,00	20,75	78%
2: RenoLi	10,45	0,00	0,00	10,45	39%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
5: Nieuw L	4,12	0,95	8,50	13,57	51%



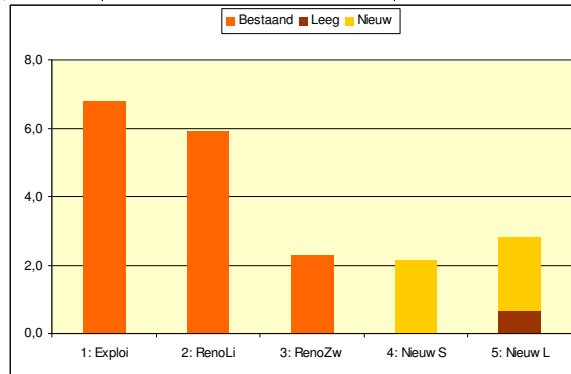
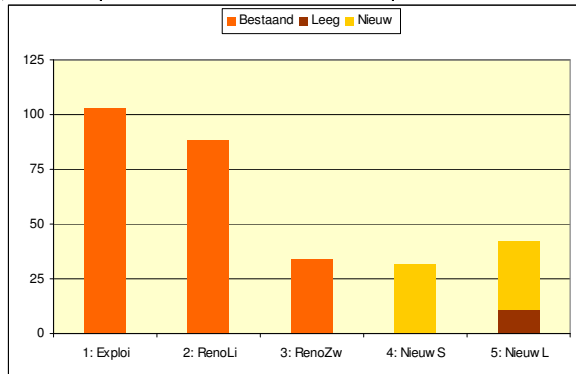
KAN6: 2000, 18000 m ² - Schaduwprijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	1,91	0,00	0,00	1,91	77%
2: RenoLi	0,98	0,00	0,00	0,98	39%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
5: Nieuw L	0,38	0,10	0,81	1,29	52%



Bijlage 2: Rekenresultaten Energie

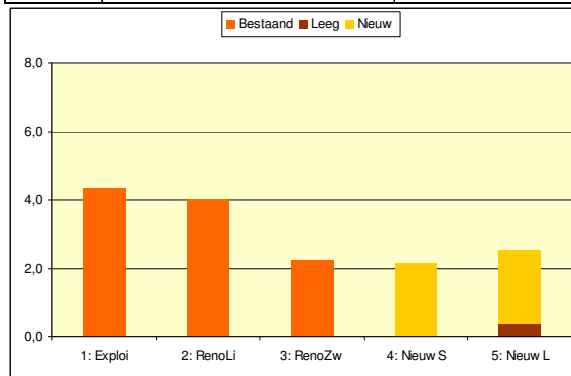
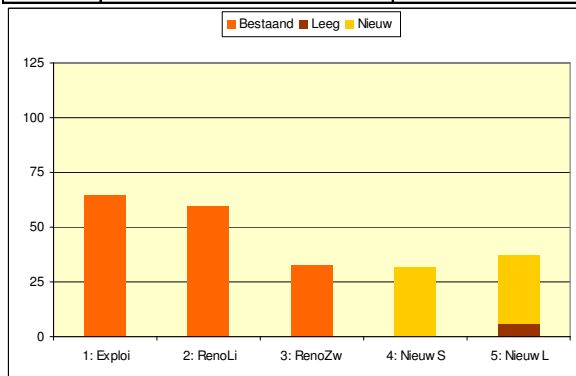
KAN1: 1980, 3000 m ² - CO ₂ -emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	102,62	0,00	0,00	102,62	100%
2: RenoLi	88,48	0,00	0,00	88,48	86%
3: RenoZw	34,20	0,00	0,00	34,20	33%
4: Nieuw S	0,00	0,00	31,43	31,43	31%
5: Nieuw L	0,00	10,79	31,43	42,22	41%

KAN1: 1980, 3000 m ² - Schaduw prijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	6,78	0,00	0,00	6,78	100%
2: RenoLi	5,92	0,00	0,00	5,92	87%
3: RenoZw	2,31	0,00	0,00	2,31	34%
4: Nieuw S	0,00	0,00	2,15	2,15	32%
5: Nieuw L	0,00	0,68	2,15	2,83	42%



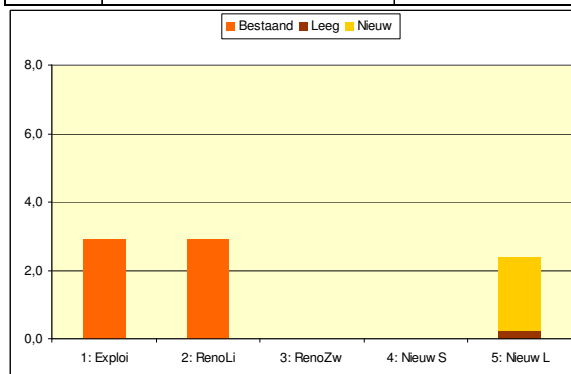
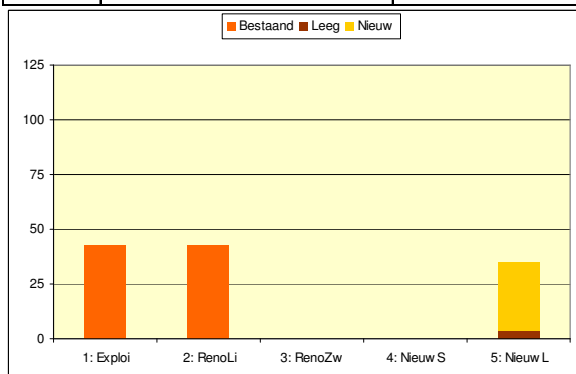
KAN2: 1990, 3000 m ² - CO ₂ -emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	64,62	0,00	0,00	64,62	100%
2: RenoLi	59,75	0,00	0,00	59,75	92%
3: RenoZw	32,58	0,00	0,00	32,58	50%
4: Nieuw S	0,00	0,00	31,43	31,43	49%
5: Nieuw L	0,00	6,15	31,43	37,58	58%

KAN2: 1990, 3000 m ² - Schaduw prijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	4,34	0,00	0,00	4,34	100%
2: RenoLi	4,05	0,00	0,00	4,05	93%
3: RenoZw	2,22	0,00	0,00	2,22	51%
4: Nieuw S	0,00	0,00	2,15	2,15	50%
5: Nieuw L	0,00	0,39	2,15	2,54	59%

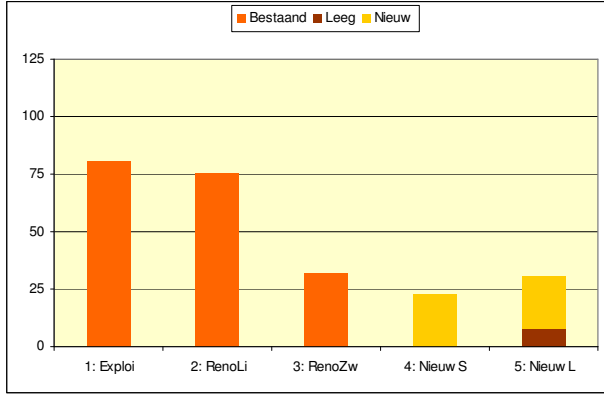


KAN3: 2000, 3000 m ² - CO ₂ -emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	42,68	0,00	0,00	42,68	100%
2: RenoLi	42,68	0,00	0,00	42,68	100%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
5: Nieuw L	0,00	3,92	31,43	35,35	83%

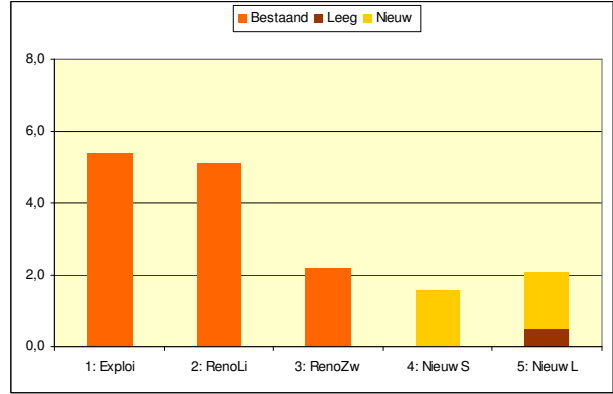
KAN3: 2000, 3000 m ² - Schaduw prijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	2,91	0,00	0,00	2,91	100%
2: RenoLi	2,91	0,00	0,00	2,91	100%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
5: Nieuw L	0,00	0,25	2,15	2,40	82%



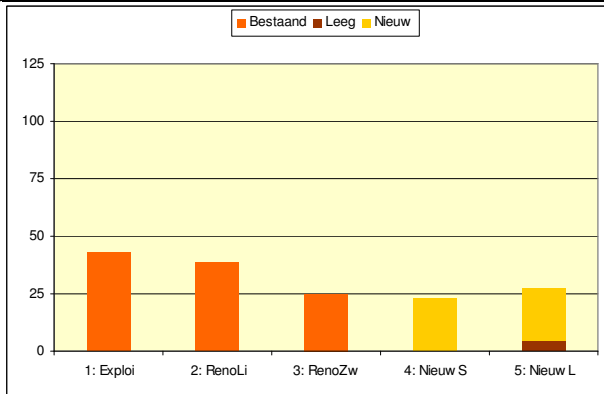
KAN4: 1980, 18000 m2 - CO2-emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	80,24	0,00	0,00	80,24	78%
2: RenoLi	75,46	0,00	0,00	75,46	74%
3: RenoZw	32,28	0,00	0,00	32,28	31%
4: Nieuw S	0,00	0,00	22,82	22,82	22%
5: Nieuw L	0,00	7,55	22,82	30,37	30%



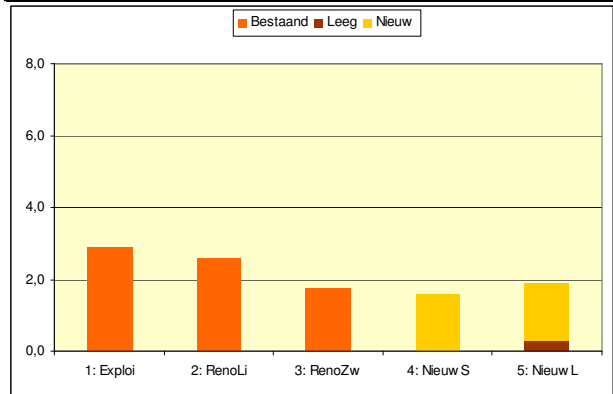
KAN4: 1980, 18000 m2 - Schaduwprijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	5,39	0,00	0,00	5,39	80%
2: RenoLi	5,12	0,00	0,00	5,12	75%
3: RenoZw	2,20	0,00	0,00	2,20	32%
4: Nieuw S	0,00	0,00	1,58	1,58	23%
5: Nieuw L	0,00	0,48	1,58	2,06	30%



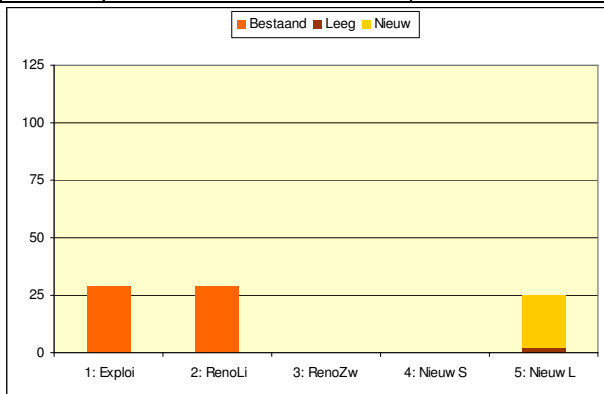
KAN5: 1990, 18000 m2 - CO2-emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	43,02	0,00	0,00	43,02	67%
2: RenoLi	38,33	0,00	0,00	38,33	59%
3: RenoZw	25,18	0,00	0,00	25,18	39%
4: Nieuw S	0,00	0,00	22,82	22,82	35%
5: Nieuw L	0,00	4,44	22,82	27,26	42%



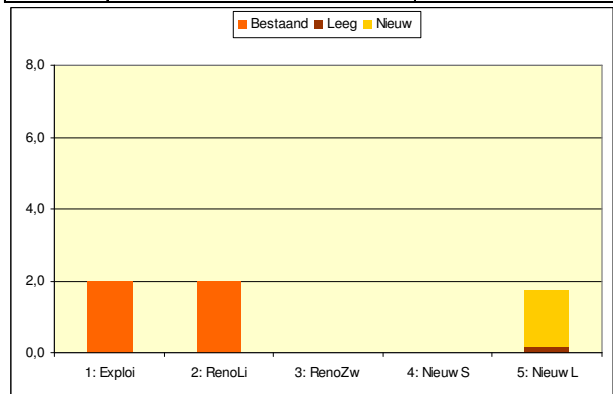
KAN5: 1990, 18000 m2 - Schaduwprijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	2,87	0,00	0,00	2,87	66%
2: RenoLi	2,58	0,00	0,00	2,58	59%
3: RenoZw	1,72	0,00	0,00	1,72	40%
4: Nieuw S	0,00	0,00	1,58	1,58	36%
5: Nieuw L	0,00	0,28	1,58	1,86	43%



KAN6: 2000, 18000 m2 - CO2-emissie					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	28,99	0,00	0,00	28,99	68%
2: RenoLi	28,99	0,00	0,00	28,99	68%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
5: Nieuw L	0,00	2,43	22,82	25,25	59%

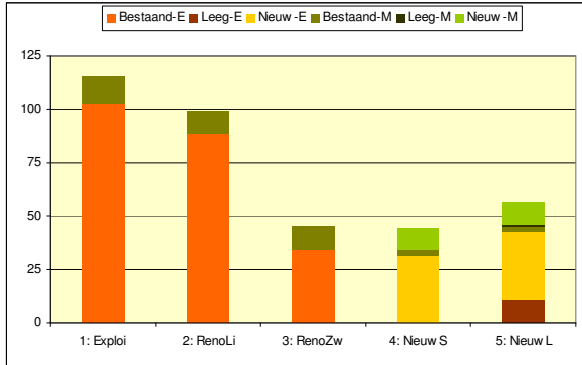


KAN6: 2000, 18000 m2 - Schaduwprijs					
Scenario	Bestaand	Leeg	Nieuw	Totaal	tov scenario1
1: Exploi	2,00	0,00	0,00	2,00	69%
2: RenoLi	2,00	0,00	0,00	2,00	69%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0%
5: Nieuw L	0,00	0,16	1,58	1,74	60%

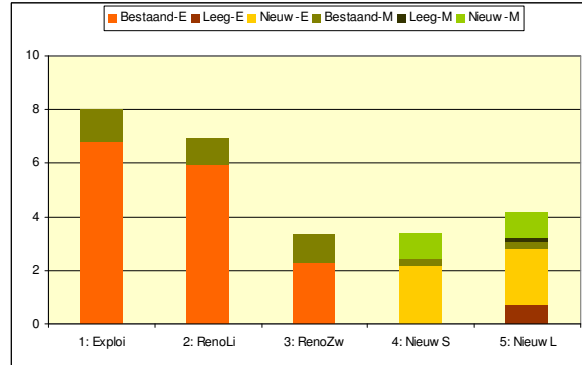


Bijlage 3: Rekenresultaten Integraal

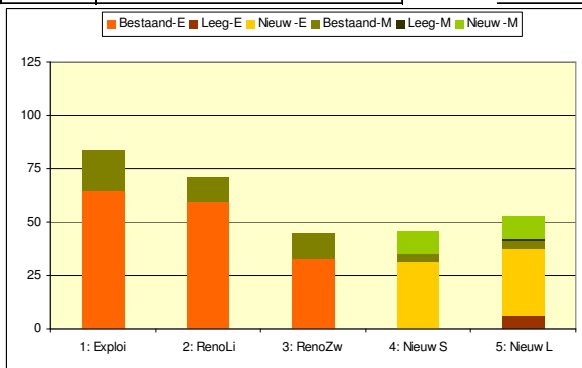
KAN1: 1980, 3000 m ² - CO ₂ -emissie							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	102,62	0,00	0,00	13,10	0,00	0,00	115,72 100%
2: RenoLi	88,48	0,00	0,00	10,26	0,00	0,00	98,74 85%
3: RenoZw	34,20	0,00	0,00	11,14	0,00	0,00	45,34 39%
4: Nieuw S	0,00	0,00	31,43	2,74	0,00	10,44	44,61 39%
5: Nieuw L	0,00	10,79	31,43	2,74	1,16	10,44	56,57 49%



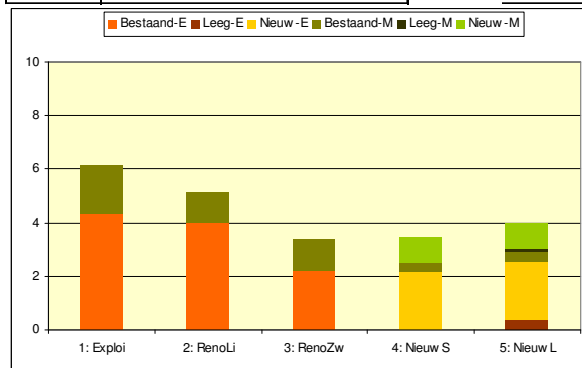
KAN1: 1980, 3000 m ² - Schaduwprijs							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	6,78	0,00	0,00	1,23	0,00	0,00	8,01 100%
2: RenoLi	5,92	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	6,91 86%
3: RenoZw	2,31	0,00	0,00	1,08	0,00	0,00	3,39 42%
4: Nieuw S	0,00	0,00	2,15	0,26	0,00	0,97	3,38 42%
5: Nieuw L	0,00	0,68	2,15	0,26	0,12	0,97	4,18 52%



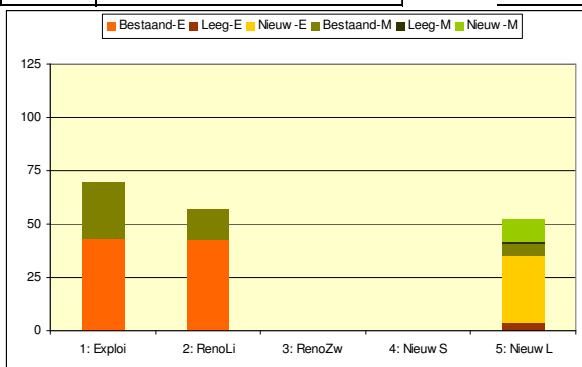
KAN2: 1990, 3000 m ² - CO ₂ -emissie							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	64,62	0,00	0,00	19,23	0,00	0,00	83,85 72%
2: RenoLi	59,75	0,00	0,00	11,69	0,00	0,00	71,44 62%
3: RenoZw	32,58	0,00	0,00	12,15	0,00	0,00	44,73 39%
4: Nieuw S	0,00	0,00	31,43	3,72	0,00	10,44	45,59 39%
5: Nieuw L	0,00	6,15	31,43	3,72	1,23	10,44	52,97 46%



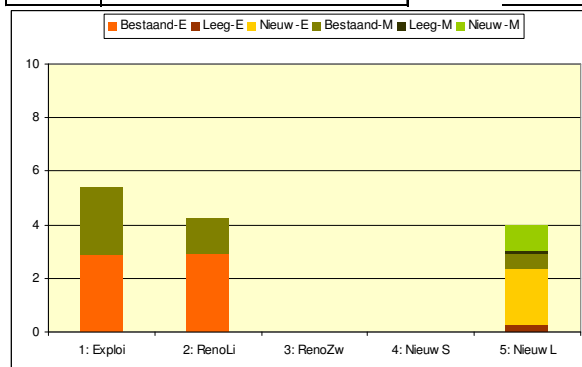
KAN2: 1990, 3000 m ² - Schaduwprijs							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	4,34	0,00	0,00	1,79	0,00	0,00	6,13 77%
2: RenoLi	4,05	0,00	0,00	1,09	0,00	0,00	5,14 64%
3: RenoZw	2,22	0,00	0,00	1,17	0,00	0,00	3,39 42%
4: Nieuw S	0,00	0,00	2,15	0,34	0,00	0,97	3,46 43%
5: Nieuw L	0,00	0,39	2,15	0,34	0,13	0,97	3,98 50%



KAN3: 2000, 3000 m ² - CO ₂ -emissie							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	42,68	0,00	0,00	26,71	0,00	0,00	69,39 60%
2: RenoLi	42,68	0,00	0,00	14,55	0,00	0,00	57,23 49%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0%
5: Nieuw L	0,00	3,92	31,43	5,32	1,24	10,44	52,35 45%

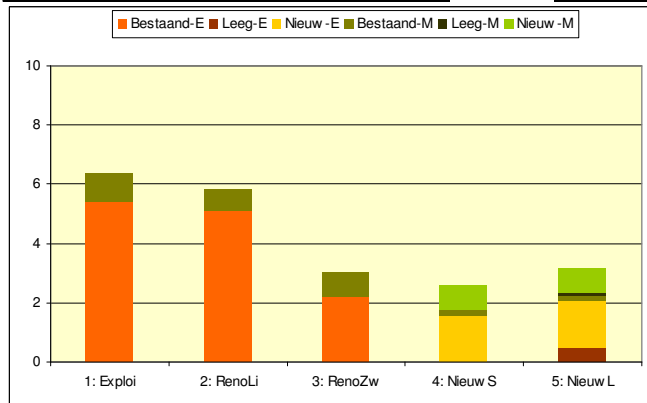
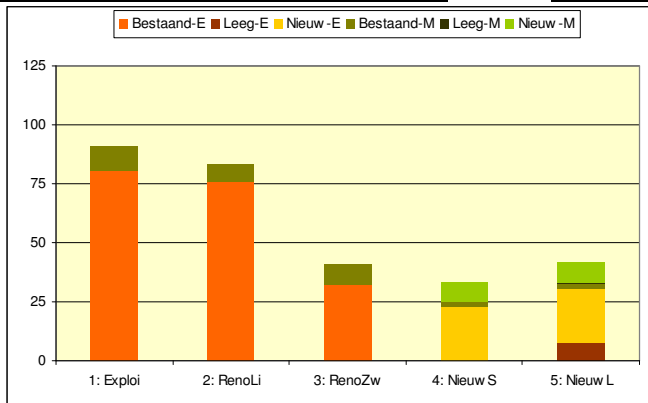


KAN3: 2000, 3000 m ² - Schaduwprijs							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	2,91	0,00	0,00	2,49	0,00	0,00	5,40 67%
2: RenoLi	2,91	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	4,26 53%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0%
5: Nieuw L	0,00	0,25	2,15	0,50	0,13	0,97	4,00 50%



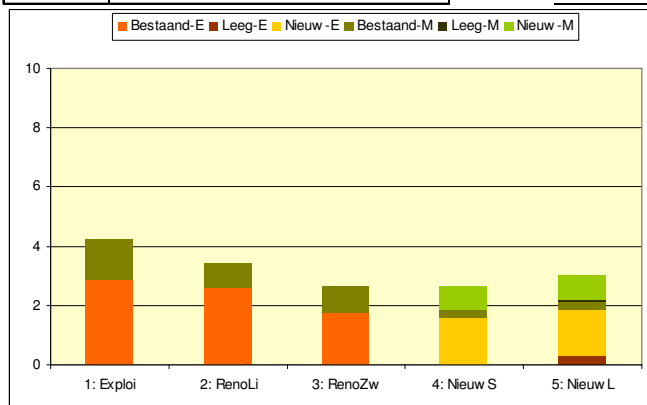
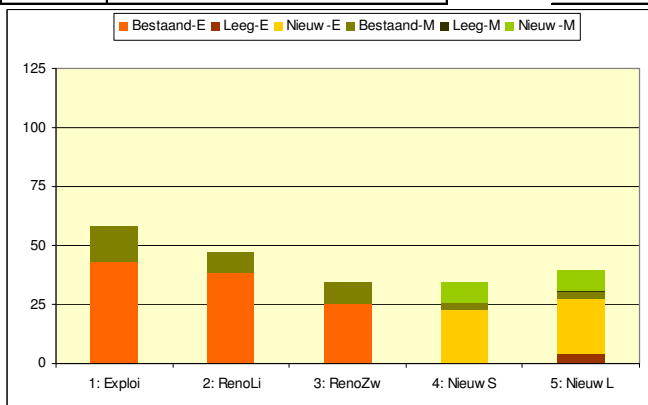
KAN4: 1980, 18000 m2 - CO2-emissie							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	80,24	0,00	0,00	10,28	0,00	0,00	90,52 78%
2: RenoLi	75,46	0,00	0,00	7,45	0,00	0,00	82,91 72%
3: RenoZw	32,28	0,00	0,00	8,45	0,00	0,00	40,73 35%
4: Nieuw S	0,00	0,00	22,82	2,04	0,00	8,50	33,37 29%
5: Nieuw L	0,00	7,55	22,82	2,04	0,89	8,50	41,81 36%

KAN4: 1980, 18000 m2 - Schaduwprijs							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	5,39	0,00	0,00	0,95	0,00	0,00	6,34 79%
2: RenoLi	5,12	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00	5,83 73%
3: RenoZw	2,20	0,00	0,00	0,84	0,00	0,00	3,04 38%
4: Nieuw S	0,00	0,00	1,58	0,19	0,00	0,81	2,58 32%
5: Nieuw L	0,00	0,48	1,58	0,19	0,10	0,81	3,15 39%



KAN5: 1990, 18000 m2 - CO2-emissie							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	43,02	0,00	0,00	14,98	0,00	0,00	58,00 50%
2: RenoLi	38,33	0,00	0,00	8,90	0,00	0,00	47,23 41%
3: RenoZw	25,18	0,00	0,00	9,27	0,00	0,00	34,45 30%
4: Nieuw S	0,00	0,00	22,82	2,90	0,00	8,50	34,23 30%
5: Nieuw L	0,00	4,44	22,82	2,90	0,93	8,50	39,60 34%

KAN5: 1990, 18000 m2 - Schaduwprijs							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	2,87	0,00	0,00	1,37	0,00	0,00	4,24 53%
2: RenoLi	2,58	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00	3,43 43%
3: RenoZw	1,72	0,00	0,00	0,91	0,00	0,00	2,63 33%
4: Nieuw S	0,00	0,00	1,58	0,26	0,00	0,81	2,65 33%
5: Nieuw L	0,00	0,28	1,58	0,26	0,10	0,81	3,04 38%



KAN6: 2000, 18000 m2 - CO2-emissie							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	28,99	0,00	0,00	20,75	0,00	0,00	49,74 43%
2: RenoLi	28,99	0,00	0,00	10,45	0,00	0,00	39,44 34%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0%
5: Nieuw L	0,00	2,43	22,82	4,12	0,95	8,50	38,82 34%

KAN6: 2000, 18000 m2 - Schaduwprijs							
Scenario	staand-E	Leeg-E	Nieuw-E	staand-M	Leeg-M	Nieuw-M	Totaal tov scenario1
1: Exploi	2,00	0,00	0,00	1,91	0,00	0,00	3,91 49%
2: RenoLi	2,00	0,00	0,00	0,98	0,00	0,00	2,98 37%
3: RenoZw	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0%
4: Nieuw S	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 0%
5: Nieuw L	0,00	0,16	1,58	0,38	0,10	0,81	3,03 38%

