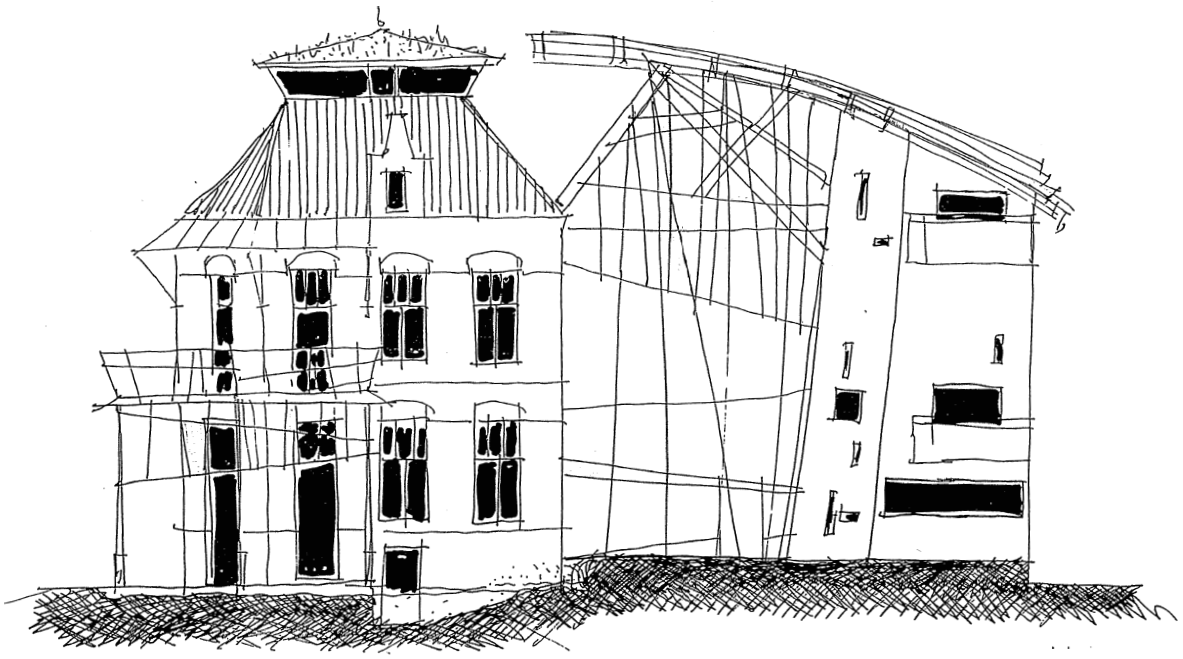
# Milieubelasting kantoren 2040

## Kwantificering resultaat DTO-illustratieprojecten
## Uitdaging voor de Rijkshuisvesting



***Kees van der Linden***
***Michiel Haas***
***Mireille van den Pol***

***AaCee Bouwen en Milieu***
***NIBE Research / Sureac***

***november 1999***

# Inhoud

1 Inleiding ..... 5
2 Gevolgde werkwijze ..... 7
3 Beschrijving van de projecten ..... 9
3.1 Signalement van de projecten door Tom Maas, Architectuur & Bouwen 9
3.2 Korte beschrijving van de kenmerken van de projecten 16
4 GreenCalc berekeningen ..... 23
5 Schatting milieu-effecten nieuwe materialen en technieken ..... 25
5.1 Geschatte milieukosten materialen 25
5.2 Schatting energiegebruik/milieukosten installaties 27
5.3 Schatting milieukosten watergebruik 29
5.4 Schatting milieukosten als gevolg van mobiliteit 29
6 De milieukosten van de vijf projecten ..... 31
6.1 Resultaten op gebouwniveau 31
6.2 Resultaten per m2 bruto vloeroppervlakte en per werknemer 33
6.3 Bespreking van de overall resultaten 35
6.4 Milieukosten materiaal 39
6.5 Milieukosten per constructie 44
6.6 Milieukosten energie 48
6.7 Milieukosten water 51
6.8 Milieukosten mobiliteit 52
7 Conclusies en aanbevelingen ..... 55
7.1 Samenvatting resultaten van de studie 55
7.2 Conclusies 56
7.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek 56
7.4 Aandachtspunten bij de realisatie van huisvesting 58

Bijlage 1: DTO en de “factor 20” ..... 61
Bijlage 2: DTO-panelsessies ..... 63
Eindrapportage evaluatie DTO-ontwerpen voor duurzame kantoorhuisvesting 63
Woord vooraf 63
De maatschappij in 2040 64
Heroriëntatie op kantoorhuisvesten 65
Heroriëntatie op ontwerp- en bouwproces 67
Innovatieperspectief duurzaam bouwen 68
Samenvattende conclusies en aanbevelingen 71

bijlage 3: GreenCalc maakt milieuberekeningen utiliteitsgebouwen mogelijk1 ..... 75
Inleiding 75
Achtergronden 75
Nieuwe generatie: beoordeling milieubelasting 76
GreenCalc 76
Monetarisering 76
Afweging milieuaspecten 77
Berekening milieubelasting door materiaalgebruik; TWIN-model 77
De energiegebruiksberekening 79
De drinkwatergebruiksberekening 80
Milieukostenberekening als gevolg van mobiliteit 80
Bijlage 4: Materialen en hoeveelheden van de projecten ..... 83
Inleiding 83
Mecanoo 83
Kristinsson 84
Pijnenborgh 85
Kroll 85
bijlage 5: Schatting energiegebruik per project ..... 103
Inleiding 103
Referentiegebouw 103
Schatting effect serre's 104
Mecanoo 105
Kristinsson 107
Pijnenborgh 109
Kroll 111
Bijlage 6: Watergebruik per project; in- en uitvoer GreenCalc ..... 129
Bijlage 7: Mobiliteit per project; in- en uitvoer GreenCalc ..... 131

# 1 Inleiding

In het kader van het interdepartementale programma Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) zijn uit een “proto-illustratieproces” vier voorbeelden van kantoorhuisvesting anno 2040 voortgekomen.
Uitgangspunt binnen het DTO-project was het beschrijven van mogelijkheden om de milieubelasting per eenheid van welvaart in dat jaar met een factor 20 t.o.v. die van 1990 te verlagen[1]. Als vervolg hierop kunnen vervolgens de technologische ontwikkelingen die nodig zijn om deze situatie te bereiken worden beschreven (“back casting”) en, zo mogelijk, in gang gezet.
De vier voorbeelden zijn ontwikkeld in een aantal ontwerp-workshops met een viertal architecten[2], voor een reële locatie in Den Haag met een bestaand gebouw.

Op basis van een paneldiscussie met opinionleaders uit de huisvestings-, bouw- en installatiewereld (bedrijfsleven, instituten en universiteiten) zijn de kansen die de illustratieprojecten bieden kwalitatief besproken[3].
Een kwantitatieve beoordeling van het resultaat was op dat moment (nog) niet mogelijk.

Bij de rijksgebouwendienst bestond de wens om de resultaten van de DTO-ontwerpen zoveel mogelijk te benutten. Daaruit komt de opdracht tot de studie die tot dit voorliggende rapport heeft geleid voort.

Met name de verdergaande ontwikkeling op basis van het TWIN-model[4] door de stichting Sureac[5], maakt het inmiddels mogelijk om een zinvolle kwantitatieve bepaling van de milieubelasting van deze ontwerpen uit te voeren. Als resultaat van deze ontwikkeling is het door DGMR Raadgevende Ingenieurs vervaardigde computerprogramma GreenCalc beschikbaar gekomen[6]. Voor deze studie wordt gebruik gemaakt van de speciale Rijksgebouwendienstversie (GreenCalc 1.1) van juni 1998.

GreenCalc berekent de verzonken milieukosten. Dit zijn de kosten die nodig zijn om de door de huisvestingsactiviteit veroorzaakte c.q. nog te veroorzaken milieuschade te herstellen c.q. te voorkomen. Dit betekent dus een “monetarisering van de milieubelasting”. Uiteindelijk moet het mogelijk zijn deze kosten uit te drukken in guldens. Omdat de monetarisering nog in ontwikkeling is, wordt er de voorkeur aan gegeven vooralsnog over “milieu-guldens” te spreken.
Om de resultaten af te zetten tegen de referentiesituatie wordt als maatstaf de “milieu-index” gebruikt zoals die door de Rijksgebouwendienst is geformuleerd.

**milieu-index = (referentiekosten 1990 / verzonken milieukosten) x 100**

Bij de DTO-ontwerpen is als referentie een concreet ontwerp anno 1990 voor een kantoorgebouw op dezelfde locatie aangehouden.

Bij de factor 20 benadering gaat het om de milieubelasting per inwoner, c.q. hoofd van de bevolking. Ook bij het beoordelen van de milieubelasting van kantoren wordt in deze studie daarom gekeken naar de milieubelasting per medewerker (fte) in het gebouw. De index heeft dan het karakter van “x maal beter” per fte ten opzichte van het referentieontwerp van 1990.

De doelstelling van het DTO-project was een “factor 20”. In termen van deze studie is dat: “index 2000” (20x beter).

Dit rapport behandelt eerst de opzet van de studie. Daarna worden de projecten kort beschreven, worden samengevatte resultaten in tabelvorm gepresenteerd en worden conclusies getrokken en aanbevelingen geformuleerd.
In- en uitvoergegevens van de GreenCalc berekeningen zijn opgenomen in bijlagen.

Bij de interpretatie van de resultaten worden naast conclusies en aanbevelingen voor de lange termijn (DTO-horizon 2040) ook aanbevelingen gegeven, voor op kortere termijn (de komende 10 jaar) al bij projecten (van o.a. de Rijksgebouwendienst) toe te passen mogelijkheden.

[1] De achtergrond van de “factor 20” wordt beschreven in bijlage 1

[2] Zie de beschrijving van workshop en projecten in hoofdstuk 3

[3] Het eindrapport van deze sessies is als bijlage 2 integraal opgenomen in dit rapport

[4] Milieuclassificatie bouwmaterialen van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologe en Ecologie

[5] Sustainable Real Estate Accountancy & Certification

[6] In bijlage 3 worden achtergronden en mogelijkheden van GreenCalc uitgebreid besproken

# 2 Gevolgde werkwijze

Als start voor de kwantitatieve inschatting van de milieukwaliteit van de vier projecten is een interpretatie van de vier ontwerpen gemaakt in de zin van soort en hoeveelheid van de toe te passen materialen, energie- en waterhuishouding. De vier ontwerpen bevinden zich namelijk in het stadium van structuurplan/voorlopig ontwerp, terwijl voor invoer in GreenCalc in feite een DO-stadium nodig is.
Voor een toetsing van deze interpretatie zijn gesprekken gevoerd met de architecten.
Voor mobiliteit zijn de huidige gegevens van plaats van station en tram-/buslijnen aangehouden.
Ook van de referentie, het in een eerder stadium voor de betreffende locatie voor de projectontwikkelaar ontworpen gebouw, zijn de gegevens bepaald.

Voor de beschrijving van de toe te passen materialen kan in de meeste gevallen gebruik worden gemaakt van de bij GreenCalc behorende database van materialen en producten met de bijbehorende milieukosten. Voor enkele gevallen, waarin gebruik wordt gemaakt van nog niet bestaande producten, zoals het door Pijnenborgh beschreven “biobeton”, is een inschatting gemaakt van de ten opzichte van “gewone beton”, op onderdelen haalbare, verbetering. De omschrijving hiervan kan worden gezien als een soort “programma van eisen” voor dit nieuw te ontwikkelen materiaal.

Ten aanzien van de thema’s energie en water zijn de omschrijvingen in de plannen veel meer conceptueel van karakter en is het niet rechtstreeks mogelijk dit in de berekeningen met GreenCalc te betrekken. Voor deze thema’s is de hoofdlijn van gebruik van het gebouw en uitgangspunten voor (warm)watervoorziening, klimatisering en verlichting ingevoerd in GreenCalc. De met de innovatieve concepten te bereiken besparing, is op basis van afzonderlijke (globale) berekeningen geschat, en vervolgens als “correctiepost” ingevoerd in GreenCalc, zodat ze ook tot uiting komt in het totaalresultaat.

Het resultaat van de studie is tweeledig.
Enerzijds laat het, samen met de resultaten van de eerder gehouden paneldiscussies[7], zien wat het resultaat is van een andere aanpak van huisvesting (ontwerp en gebruik) in de totaalresultaten van de projecten (korte en middellange termijn). Bij deze aanpak wordt vanaf de eerste fasen van het proces expliciet rekening gehouden met milieuaspecten en wordt tijdens het proces op het juiste moment de goede expertise ingeschakeld. In de paneldiscussies werd het belang van een op “duurzaamheid” ingericht proces, zwaar onderstreept.

Anderzijds wordt duidelijk waar op onderdelen (afzonderlijke materialen en constructies, installaties) een grote vooruitgang kan worden geboekt. Dit laatste kan richting geven aan technologische ontwikkeling. Dit betreft de middellange en lange termijn.

[7] Eindrapportage evaluatie DTO-ontwerpen voor duurzame kantoorhuisvesting, Sträter & Partners/AaCee Bouwen en Milieu, 11 december 1995 (opgenomen als bijlage 2)

## 3.1 Signalement van de projecten door Tom Maas, Architectuur & Bouwen

*Vier ideeën voor een 'zuinig' kantoor in 2040*

# Oefening in duurzaam bouwen

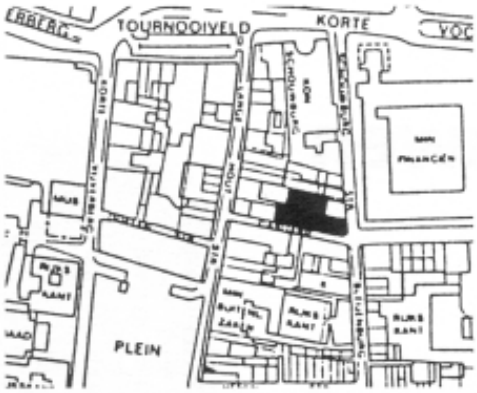
**Wat kunnen architecten bijdragen aan de ontwikkeling van duurzaam bouwen? Als oefening hebben vier architecten een kantoor voor het jaar 2040 geschetst dat twintig keer zo zuinig is met grondstoffen en energie. Van belang is niet hoe verleidelijk al dan niet de tekeningen zijn die Jon Kristinsson, Lucien Kroll, Renz Pijnenborgh en Henk Döll hebben gemaakt. Het gaat om het "denkpatroon" achter de schets.**

**Tom Maas**

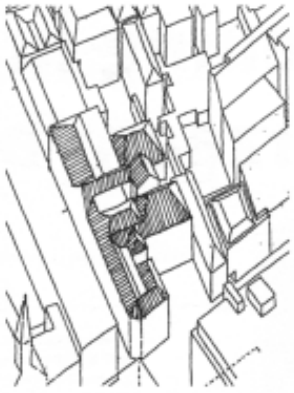
Onder de noemer Duurzame Technologische Ontwikkeling (DTO) is in 1993 een vijfjarig onderzoeksprogramma van start gegaan met als centrale vraag: wat moeten we nu doen om ervoor te zorgen dat we in 2040 op het gebied van voeding, kleding, mobiliteit, huisvesting en produktie twintig keer zo zuinig met grondstoffen en energie kunnen omspringen? Het is een gezamenlijk initiatief van de vijf ministeries die betrokken zijn bij het voorzien in deze elementaire behoeften. Het doel is om in samenspel met het bedrijfsleven, onderwijs- en onderzoeksinstellingen een breed innovatieproces op gang te brengen. De achterliggende premisse is dat bij de huidige groei van de wereldbevolking en toename van het gemiddelde welvaartspeil, minimaal twintig keer zo zuinig moet worden omgesprongen met de "milieugebruiksruimte" (grondstoffen, energie enz.) alleen al om te voorkomen dat de druk op het milieu nog groter wordt.
Het DTO-bureau is ondergebracht bij TNO in Delft. Vandaaruit zijn de eerste onderzoeken opgezet om in kaart te brengen wat de belangrijkste technologische uitdagingen zijn op de genoemde onderzoeksterreinen om deze 'quantum-sprong' om 20x efficënter te worden, waar te kunnen maken. "Illustratieprocessen" moeten vervolgens inzicht geven wat deze 'factor 20' in de praktijk betekent. Zo'n voorbeeldproject dient ook om een breder draagvlak voor de benodigde innovatie te creëren.

**In welke richting moeten we zoeken voor nader onderzoek?**
Het onderzoeksgebied "huisvesting" betreft het hele traject van lokatiekeuze tot en met sloop.
In het Document "Van deep-eco tot high-tech" in A&B 11 hebben de architecten Jacques Vink en Guido Duba een overzicht gegeven van de verschillende "grondhoudingen" vanwaaruit het milieuprobleem kan worden benaderd. Het DTO-programma is in vergelijking met de tendensen die in dat Document worden geschetst vooralsnog niet zo ideologisch geladen. Het is ook nog niet gericht op complete ontwerpconcepten. Het gaat allereerst nog om de vraag wat de belangrijkste technologische uitdagingen en behoeften op verschillende deelgebieden zijn. Om enig idee te krijgen in welke richting gezocht moet worden en op welke manier, is afgelopen najaar een workshop met enkele architecten georganiseerd met als onderwerp het kantoor in 2040. Van hen werd dus een compleet concept verwacht, het was allereerst nog een verkenning welke obstakels men tegen zou komen op zoek naar de 'factor 20'.
Uiteindelijk moet het vijfjarenplan van DTO in 1998 resulteren in een programma voor wat het bedrijfsleven dan verder moet doen aan gerichte *research & development*.

**Workshop**
De workshop rond het kantoor in 2040 was dus niet bedoeld om kant en klare ontwerpen op te leveren. Het ontwerpen was een methode om greep te krijgen op het onderzoeksveld. Wel is geprobeerd dit onderzoek zo concreet mogelijk te maken door in samenwerking met de Rijksgebouwendienst een reële lokatie te kiezen met een redelijk reëel programma. Het gaat om een nu nog gekraakt pand in de binnenstad van Den Haag, op de hoek van de Lange Houtstraat, Casuaristraat en Schouwburgstraat. De RGD en een projectontwikkelaar hadden voor deze lokatie al eens een kantoorplan gemaakt. Het programma behelsde een "projectministerie": een tijdelijke organisatie rond een specifiek project. Toegevoegd was een waslijst aan mo-



De lokatie voor het kantoor in 2040 in de Haagse binnenstad.


Er staat een kantoor van eind vorige eeuw.

gelijke 'ingrediënten' op het gebied van warmte, licht, geluid enzovoorts, die was opgesteld door een serie deskundigen uit de bouw- en installatiewereld.
In de workshop ging het vooral om het zoeken naar de geschikte balans tussen wonen en werken, en tussen installaties, gebouw en stedebouw. Als taak was gesteld het verlengen van de levensduur, het beperken van het gebruik van grondstoffen en beperking van schadelijke emissies, doelmatig watergebruik, en scheiding van afval-stromen. De workshop was niet bedoeld als prijsvraag, noch als speculatief, utopisch project. Het ging erom mogelijke denkpatronen en technologieën al ontwerpend te toetsen.

**Van biologisch bouwen tot high-tech**
In de hoop dat een scala van mogelijkheden aan de orde zou kunnen komen, van biologisch bouwen tot high-tech, waren vier architecten van verschillende signatuur uitgenodigd.
Van Renz Pijnenborgh van bureau Archiservice werd inbreng op het gebied van gezondheid verwacht, van Jon Kristinsson van het gelijknamige architecten- en ingenieursbureau vooral ideeën over gebruik van daglicht en zonne-energie, van Henk Döll (Mecanoo) programmatische analyses en van Lucien Kroll (Ateliers d'Urbanisme, d'Architecture et d'Information) een sociaal en procesmatig georiënteerde benadering.

**Kanttekeningen bij de ontwerpen**
De resultaten van de workshop zijn kortgeleden aan een beperkt publiek van vakgenoten gepresenteerd. De reacties waren sceptisch. Begrijpelijk, want in de beelden ontbreekt het nog aan een wervend innovatief concept. Het zijn veelal nog optellingen van deelbeslissingen. Belangrijker wellicht dan de ontwerpen, zijn de kanttekeningen die de ontwerpers op de presentatie erbij maakten.
***Kristinsson*** stelde: "Een echt integrale benadering is voor een architect moeilijk. Je probeert zuinig met energie om te gaan in het kantoorgebouw, maar daarnaast is het geaccepteerd dat mensen 30.000 kilometer per jaar rijden in woon-werkverkeer! Daarom zou je een kantoor moeten maken waar je ook kunt wonen". Inderdaad is dat een terugkerende gedachte in alle vier de plannen.
Kristinsson noemde nog meer niet-architectonische randvoorwaarden. Als drager van de stedebouw moet volgens hem de waterhuishouding (goten, sloten, grachten, vijvers) belangrijker worden dan de wegenstructuur. Net zo verstrekkend is zijn vraag hoe we van de "ondergrondse infrastructuur" (riolering) af kunnen komen. Wil er sprake kunnen zijn van beperking van het gebruik van grondstoffen, dan moet tenslotte een geheel nieuw vak worden uitgevonden, namelijk het demonteren van gebouwen. "Bij elk gebouw zou behalve een bouwbestek ook een sloopbestek moeten worden geleverd."
***Döll*** bekende niet zo geoefend te zijn in milieuzaken als zijn drie collega's. Een "achterstand" die hij deelt met het gros van de architecten. Zijn plan - met provocatief veel sloop - bevat dan ook nauwelijks spectaculaire innovaties. Döll heeft de nodige efficiëntie onder andere gezocht in de bouwkundige afwerking. "Geen kit, aftimmerlatjes, profieltjes en de hele santekraam." Hij wees erop dat de huidige regelgeving van het Bouwbesluit vernieuwing afstraft door de omgekeerde bewijslast: elke afwijking van de gewone manier van doen moet uitvoerig onderbouwd worden. Dat maakt het moeilijk milieu-architectuur uit de sfeer van experimenten en hobbyisme te halen.
***Pijnenborgh*** sloot zich daarbij aan:

***Kristinsson***

Architect Jon Kristinsson benadrukt de randvoorwaarden. Zijn speelruimte is beperkt omdat tachtig procent van de gebouwen van de komende eeuw er nu al staat. Het woon/werk-verkeer op basis van zonne-energie maakt integraal deel uit van het ontwerp. Autarkie wordt de norm: er is geen algemeen energienet meer, Fossiele energie wordt vervangen door waterstof in brandstof- en photo-voltaïsche cellen. De traditionele riolering komt te vervallen, net als het drinkwaternet. Integraal waterbeheer op alle schaalniveaus is geboden.

Het werken raakt verweven met het wonen. Het kantoor is 24 uur per dag open. Men werkt thuis of in buurt- of wijkkantoren; soms is men op het hoofdkantoor, waar ook slaapgelegenheid is.

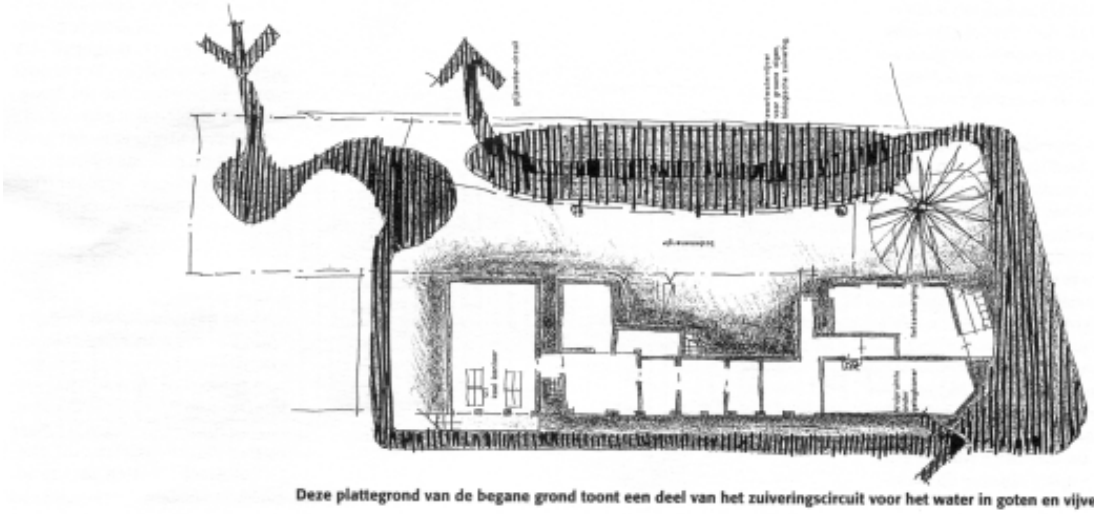
Hergebruik van bouwmateriaal wordt steeds belangrijker. Door het demonteren, schoonmaken en repareren zullen de bouwtijden langer worden.

Het gebouw zelf kent tal van 'zuinige' voorzieningen. Dikke vloeren en muren zorgen voor warmteopslag en geluidisolatie. Er is super-isolatieglas dat van kleur verandert en warmte wint. De photo-voltaïsche cellen op gevels en daken zijn gekoppeld aan een eenvoudige 12 V installatie. Op deze manier zitten alle gebruikers van energie binnen tien meter van de bron.

Het gebouw heeft een basistemperatuur van 12 tot 15 graden; aanvullende verwarming met stralingsgordijnen is gekoppeld aan de werkplek. De bodemenergie-installatie levert in de avonduren koeling aan de naburige Schouwburg.

**Regenwater wordt opgevangen; licht vervuild water wordt gezuiverd in een circuit door de tuinen; afvalwater wordt ondergronds door fotosynthese gezuiverd; glasfibers voeren het licht ondergronds.**

**Door ventilatie via een ondergronds circuit wordt de lucht 's zomers gekoeld en wordt 's winters de warmte opgeslagen.**

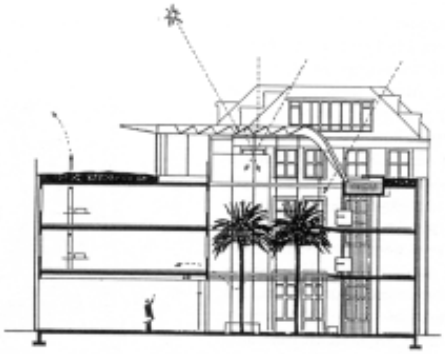


**Deze plattegrond van de begane grond toont een deel van het zuiveringscircuit voor het water in goten en vijvers.**

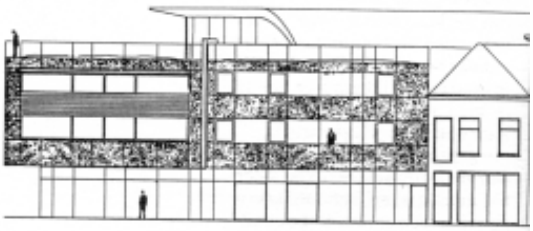
"Er zou in het Bouwbesluit een gedoogregeling moeten komen voor het gebruik van ecologisch verantwoorde materialen". Zijn plan is nog het meest een optelsom van ondertussen al redelijk bekende 'ecologische' materialen en middelen.
***Kroll*** leverde de meest fundamentele bijdrage. Hij noemde tijd als de belangrijkste bouwstof voor duurzaam bouwen. Duurzaam bouwen begint niet met slopen maar met behouden van wat er is. "Daarmee heb ik de 'factor 20' al bereikt!" De duurzaamheid schuilt vervolgens in stapsgewijze adaptatie. Zijn plan speelt zich dan ook niet af in 2040, maar schetst twee fasen in een mogelijke ontwikkeling tot 1999.

**Kunnen architecten de toekomst voorspellen?**
De plannen roepen twijfels op of je wel aan architecten de vraag mag stellen hoe de 'factor 20' gehaald moet worden. Is het voor hen niet net zozeer koffiedik kijken hoe het leven in 2040 eruit zal zien als voor elke willekeurige leek? Zij kunnen ook geen enkele invloed uitoefenen op factoren als de groei van de bevolking en de mobiliteit.
Een van de organisatoren van de workshop, Marinus Sträter van management-, marketing- en communicatie-adviesbureau Sträter & Partners geeft als reactie:
"Het ging er vooral om de creativiteit in het denken te stimuleren, die komt in dit soort onderzoek anders nooit aan bod. Problemen kunnen in een ruimere context worden bekeken. Een voorbeeld daarvan is het idee van Kristinsson om het energiegebruik niet per gebouw te bekijken. Je zou energie kunnen uitwisselen tussen gebouwen of wijken. De overtollige warmte van de een kan nuttig zijn voor de ander. Een echt structureel andere bijdrage

***Döll***
Met huidige technieken kan al de beoogde 'bezuiniging' worden gehaald. Waarom gebeurt dit toch niet ? Naast het kostenaspect komt dat onder andere door de regelgeving, van bouwbesluit tot arbowet, die experimenten afstraft. De bouwnijverheid is niet gericht op innovatie.
Döll deelt niet de hooggespannen verwachtingen van de "bevrijding" door telematica. De gemiddelde reistijd is sinds het begin van de eeuw gelijk gebleven (1,5 uur) maar de afstand is steeds groter geworden (tot ca. 36 km). Door reizen op de bon is deze afstand in 2040 teruggebracht tot ca. 20 km.
Wonen en werken worden meer gemengd; op het werk is logeeraccommodatie.
Het bestaande gebouw wordt gesloopt met gedeeltelijk hergebruik van sloopafval. Materiaal wordt duur, arbeid relatief goedkoop. Er vindt daarom intensief onderhoud plaats. De materialen tonen hun natuurlijke textuur en kleur; extra afwerking (betimmeren, pleisteren, schilderen) vindt niet plaats. Nauwkeurige detaillering maakt aftimmerlatjes, kit en voegenband overbodig.
De daken zijn voorzien van gras. Door de compacte gebouwvorm is er weinig buitengevel. Verwarming geschiedt door vloer- en wandverwarming (stralingswarmte) op de werkplekken. Kunstlicht is gekoppeld aan de werkplek en wordt opgewekt met photo-voltaïsche cellen.

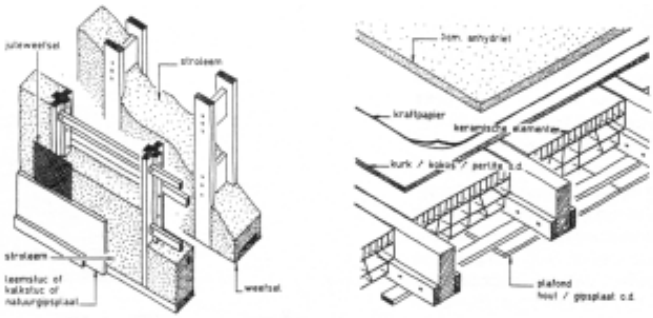


**Dwarsdoorsnede van het nieuwbouwplan van architect Döll.**

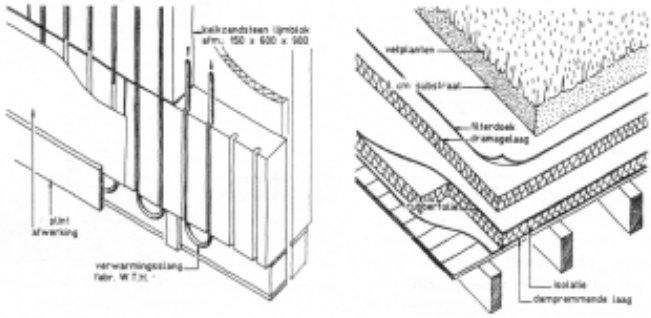


**De "Trombewand" aan de Schouwburgstraat van schoon beton met glasgevel.**

***Pijnenborgh***
Bij deze bio-ecologische aanpak is het gebouw een tweede huid. Het gebouw is autonoom qua energiegebruik en waterkringloop. Omdat in de toekomst overal en op elk moment met een draadloze *laptop* kan worden gewerkt, wordt het kantoor een ontmoetingsplek waar het aangenaam toeven is.
De uit de gedeeltelijke sloop voortkomende materialen worden ter plekke hergebruikt. Gebruik wordt gemaakt van natuurlijke, onvervormde bouwstoffen, zoveel mogelijk ter plekke te vinden. Toegepast wordt bio-beton dat uit hoogwaardig materiaal is gerecycled.
De luchtvochtigheid wordt geregeld met planten, de warmte met thermotropische glasconstructies en translucente isolatie.
Meubilair is van hout met bekledingen van leer, wol, katoen of plantenvezels.
Nader onderzoek moet worden gedaan naar, onder andere, het transporteren van daglicht via glasvezelkabels, naar het verminderen van de ventilatiebehoefte door het gebruik van natuurlijke materialen, en naar opslag van elektriciteit uit photo-voltaïsche cellen in brandstofcellen.

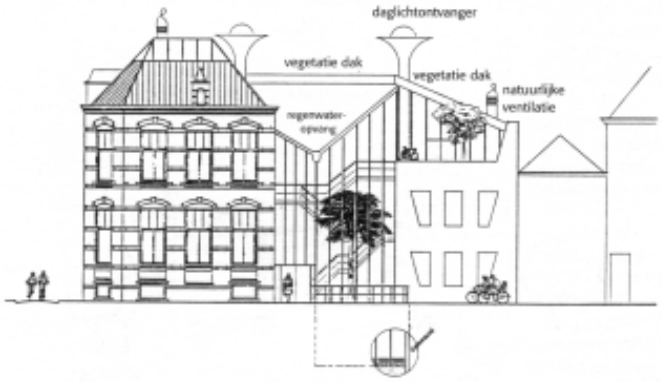



**Principedetails voor het toepassen van lemen wanden en vochtregulerende vloeren.**

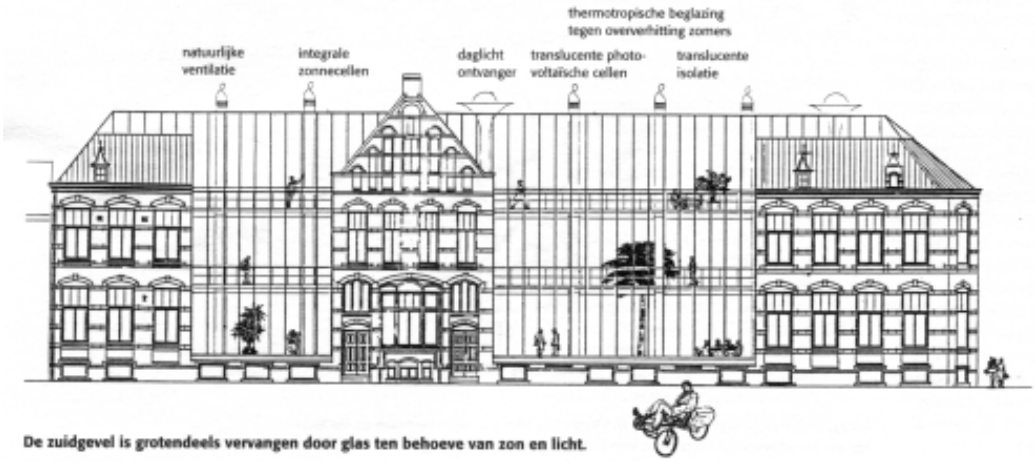



**Samenstelling van de warmtemuur.**

**Opbouw van het vegetatiedak.**




**Aan de Schouwburgstraat is de glazen hal tussen oud- en nieuwbouw zichtbaar in het ontwerp van Renz Pijnenborgh.**




**De zuidgevel is grotendeels vervangen door glas ten behoeve van zon en licht.**

Architectuur & BOUWEN

12 - 1994

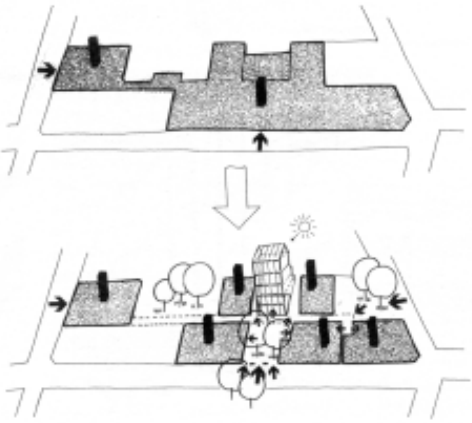
**Kroll**

Tijd is de bepalende factor. Alle tijden hebben, volgens Kroll, definitief gebouwd en deze gebouwen hebben ook echt geduurd. Sinds kort weten we: hoe functioneler het is, hoe minder het functioneert. Kroll probeert de handelingen na te bootsen die ten grondslag lagen aan de geboorte van de oude steden, niet de steden zelf. Een gebouw verandert net zo langzaam en selectief als een stad. Het kantoorgebouw is een woud waarin Kroll zegt open plekken te laten ontstaan waarin verschillende projectgroepen zich kunnen settelen. Het wordt geen teleologische ruimte, geen *general problem solving* toegepast op de stad als levend onderwerp. Het is ook geen constructie die demonstratief om te bouwen is met platvloerse panelen of industrieel gerei - daarmee kan men nooit vormgeven aan democratische ruimten.

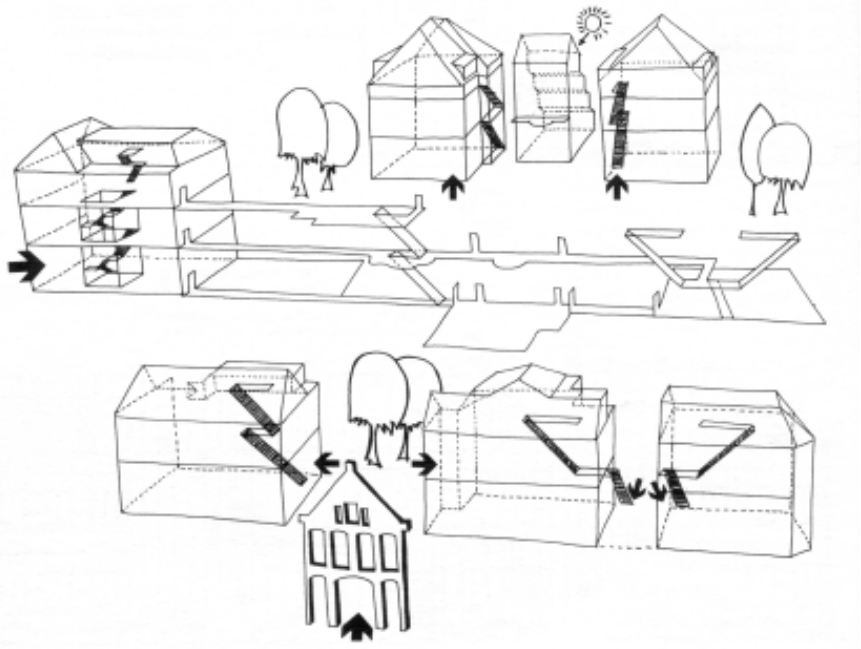
Kroll wil geen traditioneel project organiseren dat zich op klassieke wijze nestelt op deze plek en in dit programma. Geen levenloos programma met daarbij een werktuiggebouw. In plaats van componenten: handelingen, modellen, motieven maar zeker geen architectonische vormen. Die groeperen zich naargelang de behoefte op naïeve wijze bij elkaar. Kroll zoekt een milieu dat resoluut de wetten van de geometrie en gecentraliseerde esthetiek afwijst, zonder centrum, zonder precieze grenzen: een mozaïek.

De eerste fase voor het kantoor behelst integraal behoud. Het programma van het projectministerie wordt onderzocht op haar aanpassingsvermogen. Groepsgewijs trekt men in het gebouw en vinden transformaties plaats. Het gebouw wordt georganiseerd alsof het gaat om woningen. Per huis wordt een programma ontwikkeld.

Het afzien van sloop levert volgens Kroll al een besparing van twintig tot vijftig keer de anders benodigde energie en grondstoffen op. Het gebouw wordt super geïsoleerd 'ingepakt'. Warmte wordt opgeslagen in de massa van het gebouw en het grondwater. Er zijn zo weinig mogelijk installaties, en ze zijn in ieder geval makkelijk vervangbaar. In het gebouw komt geen lift, wat een forse besparing op elektriciteit oplevert. Photo-voltaïsche cellen voeden een gelijkstroomnet. De boom aan de Schouwburgstraat blijft als nationaal monument bewaard.



**Fase 1 is het behoud van de bestaande toestand (bovenste tekening). In de tweede fase (1999) wordt zorgvuldig een lichte plek gemaakt in het gebouw. Het geheel wordt beschouwd als een mozaïek van losse woningen die gaandeweg door verschillende groepen in bezit worden genomen en aangepast.**



**De *exploded view* laat de situatie in 1999 zien. Het circulatiesysteem en de lichthof op het binnenterrein maken een flexibel gebruik van het gebouw mogelijk.**

22 12 - 1994

Architectuur & BOUWEN

De gevel aan de Casuaristraat.

heeft Kroll geleverd. Hij introduceert een andere manier van ontwerpen, waarbij hij zichzelf vooral ziet als "*facilitator*."
Begeleider en RGD-architect Rob Stringa zegt daarover:
"Het was een korte workshop voor weinig geld. Daarvoor zou je net één tekening kunnen laten maken door de gebroeders Das. Dat is minder interessant dan de visie van architecten op de vraag hoe een kantoor functioneert. Döll heeft daarbij het belang van de politiek aangegeven, Kristinsson dat van de stedebouw."

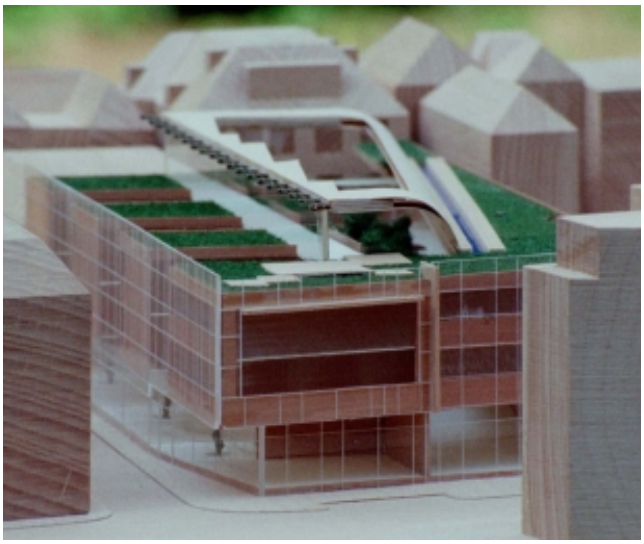
**Het belang van de 'factor 20'**
Heeft de workshop duidelijk heeft gemaakt of de factor 20 haalbaar is in redactie van energie- en grondstoffengebruik?
Stringa: "Je moet het resultaat niet te strikt ophangen aan de vraag of de factor 20 wel is gehaald. Dat is niet de norm. Het is ook maar net waarmee je het vergelijkt. Vergelijk je de ontwerpen met een situatie waarin niets wordt gedaan, dan levert elke ingreep een negatief resultaat. Vergelijk je het met het standaard projectontwikkelaars-kantoor dan zit je al gauw op een winst van een factor 15."
Ook Kees van der Linden, die als begeleider op bouwfysisch terrein optrad, maakt zich geen zorgen over de precieze berekeningen. Hij zegt daarover: "De genoemde factor 20 moet je zien als een metafoor. Het is een heel globaal getal dat is afgeleid van een wereldomwattende benadering. Zo'n workshop is een goede manier om er vat op te krijgen wat in het streven naar vergaande reductie zoden aan de dijk zet. Het gebruik en hergebruik van grondstoffen is zo'n element en het klimaatsysteem. Ook als je nauwelijks water of energie nodig hebt, kun je vrij nauwkeurig aangeven wat de besparing is."

**Kraken in plaats van ontwerpen**
Behalve de ideeën voor nieuwe technologieën die de workshop heeft opgeleverd, stellen de resultaten enkele belangrijke vragen aan de orde die eerst moeten worden beantwoord.
Wat behoort nog tot de verantwoordelijkheid van de architect. Als bijvoorbeeld niet-bouwen de beste optie is, kun je dan zo'n advies verwachten van ontwerpers en bouwers?
En wat behoort tot het domein van het ontwerp? Moeten in het ontwerp technologische vernieuwingen worden uitgevonden, of kan een ontwerp nooit verder gaan dan hoogstens het interpreteren van wat de industrie kan leveren aan technieken en ideeën?
Het gevaar van het onvervaard aan het ontwerpen slaan is, dat het ontwerp een optelsom van *gimmicks* en *gadgets* wordt zoals het conceptueel volstrekt zinloze Huis en het Kantoor van de Toekomst zijn. De ontwerpen van Pijnenborgh en Kristinsson gaan daaronder gebukt. Het ontwerp van Döll demonstreert in al zijn 'gewoonheid' hoe groot de afstand tot werkelijk vernieuwende concepten nog is. De wijste weg heeft daarom Lucien Kroll bewandeld door zoveel mogelijk de verleiding om te ontwerpen te weerstaan. Hij ontwikkelt allereerst een andere manier van denken en doen. Een opvatting waarin het zoveel mogelijk handhaven van de bestaande gebouwde omgeving centraal staat. Een strategie van fasegewijze verandering die overeenkomsten vertoont met wat krakers doen.
Het meest duurzame ontwerp zou dan bestaan uit het ondersteunen van de krakers die nu al in het pand zitten. ■

## 3.2 Korte beschrijving van de kenmerken van de projecten

In deze paragraaf wordt een korte beschrijving van de projecten gegeven in de vorm van een opsomming van eigenschappen. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van de eerder in samenwerking met Sträter & Partners opgestelde “karakteristieken van de ontwerpen”, en de schetsontwerptekeningen met uitleg van de architecten, aangevuld met zaken waar in het kader van deze studie nadruk op zal worden gelegd.
In bijlage 4 t/m 7 zijn de hoeveelheden en andere gegevens zoals die zijn aangehouden voor de verschillende projecten gegeven.

### 3.2.1 Mecanoo



#### *Materiaal*

- draagconstructie, fundering, wanden en vloeren van glasvezelbeton
- huid van glas, enkel glas voor serre en buitengevel, isolerend glas voor buitenkozijnen
- stralingsarm
- warmteaccumulerend
- geluidabsorberend
- vochtopnemend
- efficiënt materiaalgebruik, uitvoering en detaillering zodanig dat geen plinten en afwerklatjes nodig zijn
- onbehandeld hout voor kozijnen, plafond en binnenwanden
- onbehandeld hout, verdiepingvloeren met zwevende dekvloeren
- natuursteen, vloer begane grond
- keramische tegels, watergleuven begane grond
- binnenwanden en kozijnen indien mogelijk uit sloophout en demontabel
- stalen loopbruggen, hekwerken, loopvloer van hout
- wandkleden
- beton met hoog percentage puingranulaat
- onderhoudsarm

#### *Energie*

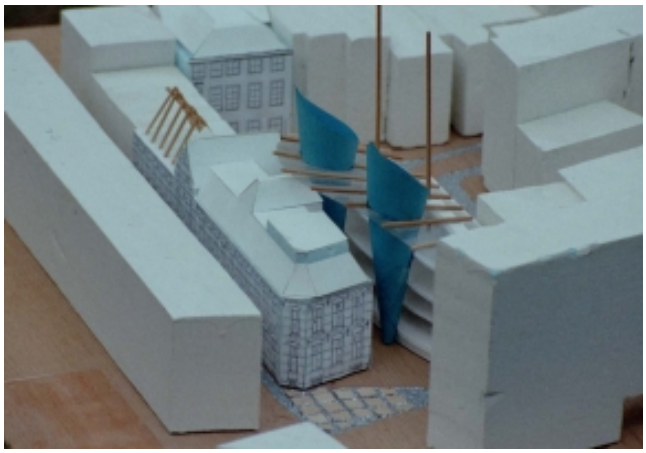
- beperken warmtevraag
- weinig buitengevel
- ventileren van binnenruimten met voorverwarmde lucht, afvoer via schachten in werkruimten door natuurlijke trek
- optimaal gebruik van zoninstraling
- temperatuurzonering
- warmtepomp
- warmte-terugwinning
- photo-voltaïsche cellen

- verhitting van twee gassen m.b.v. spiegels en een collector; daarbij ontstaat een synthesegas waarin de energie is opgeslagen
- wand en vloerverwarming, dicht bij de werkplekken
- plaatselijke verwarming bij wisselplekken
- koeling uit koude-opslag in bodem
- vochtregulatie door beplanting
- verlichting, overdag door daglicht, kunstlicht gekoppeld aan werkplek, gevoed uit photo-voltaïsche cellen

***Water***

- opvangen van regenwater
- regenwater gebruiken voor wassen, spoelen, toiletten, douches
- beperken van watergebruik
- drinkwater uit fles of regenwater gefilterd
- afvalwater wordt gezuiverd en hergebruikt
- overschot niet naar grondwater afvoeren

### 3.2.2 Kristinsson



***Materiaal***

***Algemene aannames***

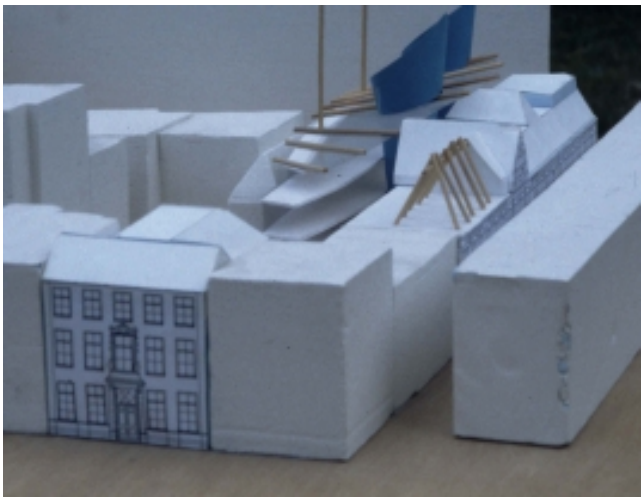
- aanname voor het jaar 2040: bouwmateriaal schaars, duur; dus veelal hergebruik
- recycling versus hergebruik zijn afwegingsfactoren
- demontage-technologie wordt ontwikkeld
- bouwen met secundaire bouwstoffen wordt algemeen
- bouwen wordt een gesloten proces
- constructies volgens trekkrachttechnologie, minder materiaal maar meer constructiehoogte
- toepassen dikkere vloeren en ankerloze spouwmuren voor laagcalorische warmteopslag en geluidisolatie
- passief hergebruik wordt bereikt door vergaande standaardisatie
- hergebruik materiaal is percentage-gewijs steeds belangrijker
- onbehandeld hout, veredeld door hoge druk en verhitting
- keramische tegels en leemtoepassingen
- leembouwproducten zijn standaard geworden

***Materialen oudbouw***

- thermische isolatie aan binnenzijde van buitenmuren
- waar mogelijk binnenmuren loszagen van buitenmuren (koudebruggen)
- aan de binnenzijde van de monumentale gebouwen wordt een duurzame dragende isolatieplaat aangebracht, bijvoorbeeld geschuimd glas dat balkdragend is
- daken kunnen in de regel aan de buitenzijde geïsoleerd worden
- meerlaags isolatieglas biedt ook goede mogelijkheden voor een behaaglijk binnenklimaat

### *Materialen nieuwbouw*

- fundering op staal van het gebruikte, gezaagde en gelijmde beton; betonnen kolommen ingeklemd
- kanaalplaatvloeren van betongranulaat met luchtkanalen
- vloerafwerking begane grondvloer, gepolijste muurklinkers aangebracht als kunstwerk, kantoorruimten linoleum of wollen tapijten
- trappen, treden en leuningen van hout met invullingen van halfdoorzichtig glas
- ramen, gelamineerd veredeld niet geschilderd hergebruikt naaldhout, helder glas
- de grote glaspuien zijn dubbel uitgevoerd
- binnenwanden, leembouwplaten als binnenwanden, hergebruikte binnendeuren, licht-doorlatende wanden van melkachtig glas
- geen akoestische plafonds
- buitenwanden zoveel mogelijk van hergebruikte bakstenen, ramen worden afgewisseld met translucent isolatiemateriaal
- de dakhuid is een eenlaags materiaal van ca 100 mm dikte dat doorzichtig is en daarbij ook nog extra goed isolerend. Het is gemaakt van een soort glasschuim en wordt verder “translucente isolerende dakconstructie” genoemd.



### *Energie*

- fossiele energie wordt tot op zekere hoogte vervangen door waterstof in brandstofcellen en door electriciteit uit photo-voltaïsche cellen
- gebouwen zijn zoveel mogelijk zelf-voorzienend of geheel autarkisch
- leven zonder meterkast, voor- en nadelen zijn evident
- daglicht, translucente isolatie in niet zonbeschenen gevel
- glas, high-tech, seizoen variabele gevels en daken
- glasfiberkabels vormen bij geconcentreerd lichtaanbod de basisverlichting naast zelf-regelende kunstverlichting. Ook voor benutting van licht, diep in gebouwen
- RVS spiegels om daglicht te sturen
- super isolatieglas dat van kleur verandert en warmte wint
- pv-cellen als dak en gevelelementen, aangebracht op accu, die tevens isoleert en binnen-afwerking vormt, hieraan hangt een intelligente 12V installatie; afnemers op minder dan 10 m van de bron.
- lichtbron direct bij de gebruiker
- boomtakken van lichtfiberdraden op daken bepalen silhouet en kunnen op verschillende diepten zonlicht brengen in algenvijvers
- er zal verwarmingstechnische splitsing ontstaan tussen oudbouw en nieuwbouw; nieuw-bouw is zelfvoorzienend, voor oudbouw geen eenduidige oplossing
- in stookseizoen gebalanceerde ventilatie met warmte terugwinning toepassen
- lage luchttemperatuur (12-15 C°) met aanvullende lokale stralingsverwarming
- koeling, gebruik maken van bodemenergie voor vereffening bij extreme temperaturen

Einde algemeen energienet, zelfvoorziening en autarkie wordt de norm

### *Water*

- meer open water in de stad
- overtollig regenwater langzaam afvoeren
- grijs afvalwater in circuit met riet en biezenzuivering door de tuinen van het bouwblok rondpompen
- zwart rioolwater komt niet langer voor
- fecaliën als droge extrementen met g.f.t. als compost afvoeren naar de bloemen en bollentuinen op het Malieveld; hier is een cultuuromslag voor nodig
- groene algen in verlichte warme vijvers breken de fecaliën af in photosynthese; eindproduct eiwitten, gemalen tot visvoer
- mechanisch aangedreven chemocomposters met $H_2O$- filters werken in een gesloten proces, mochten bij calamiteiten de groene algen vergiftigd worden
- regenwater wordt gescheiden gehouden en bovengronds opgeslagen
- in trechtervormige drinkwatersilo's wordt het regenwater gefilterd in zand
- de seizoenschommelingen in het aanbod van het regenwater kunnen mogelijk opgevangen worden door opslag in waterzakken, schoon bewaard in vijvers en grachten
- bij het wegvallen van riolering wordt drainage minder belangrijk, er ontstaat een natuurlijk grondwaterpeil
- kruipruimten zijn nu al onnodig bij betonvloeren

Einde riolering, einde ratten in de stad.

## 3.2.3 Pijnenborgh

### *Materiaal*

### *Algemene aannames*

- anhydriet voor vloerafwerking
- gebruik van sloophout
- draagconstructie is hol met non-ferro vezel wapening
- demontabel bouwen
- zwevende dekvloeren voor geluid-isolatie, vulling met keramisch materiaal, houtvezels e.d.
- uit de sloop vrijgekomen materialen worden zoveel mogelijk ter plaatse hergebruikt

### *Buitenwanden*

- baksteen, hout, glas, keramische elementen, natuursteen en kalkzandsteen
- kunststof uit plantaardige materialen
- translucente isolatie, photo-voltaïsche cellen
- thermotropische glasconstructies

### *Binnenwanden*

- leem, hout, keramiek, gips en steen
- plantaardige materialen, ook kunststoffen
- glas en translucente materialen

### *Wandafwerking*

- schoon metselwerk
- leemstuc en glansputz
- hout, textiel, papier, natuursteen en keramiek

### *Plafonds*

- balklaag, houten delen in het zicht, kalkstuc, leemstuc en keramische elementen
- biobeton afgewerkt met natuurverf, kalkstuc en leemstuc
- vloerbedekking, verschillende soorten om te prikkelen, zoals sisal, kokos, wol
- meubilair, diverse houtsoorten afgewerkt met olie en was, bekledingen van leer, wol, katoen of plantenvezels

### *Energie*

- natuurlijke ventilatie
- geïntegreerde zonnecellen
- daglichtontvangers, glasvezel
- translucente photo-voltaïsche cellen
- energieopslag waterstof of brandstofcel, verlichting
- warmtewanden en vloeren
- minimale installaties
- electrisch licht, glasvezel, p.v. cellen
- zoveel mogelijk direct daglichttoetreding

### *Water*

- hemelwater en kringloopwater van toiletten, wassen etc., gezuiverd door biologische zuiveringsinstallatie en plantenfiltering
- consumptiewater via osmosefilter
- afvalwaterzuivering, interne riolering, schoonmaak via helofytenfilter en biotoop naar HWA-bassin
- overschot van regenwater en gezuiverd water naar grondwater

## 3.2.4 Kroll

### *Materiaal*

- materialen kiezen aan de hand van verbruik, verplaatsingsafstand, niet vervuilende kwaliteit
- translucente isolatiematerialen
- translucente zonnepanelen
- vochtregulerende binnenbepleisteringen
- gebruik maken van tweedehands materialen

- UV-doorlatend glas
- grondbekleding met halfopen verharding
- materialen; hout, kalk, leem, natuurverf, papierisolatie en wol, bio-sisal en kokos-vezels, kwartsglas
- de structuur is zwaar, de inbouw is licht en vernieuwbaar, demontabel en sloopbaar
- gekozen op basis van (geringe) milieubelasting
- leembouw binnenwanden
- hergebruiktechniek

### *Energie*

- verwarming; basistemperatuur van 15°C
- beperking omhullend oppervlak
- thermisch supergeïsoleerd
- translucente isolatie
- verwarming via stralingswarmte, met door zonlicht opgewarmd water en aanvullend gebruik van warmtepompen
- overtollige warmte wordt in buurtleiding gebracht
- warmte accumulatie in gebouwmassa, waterreservoirs, speksteenkachels en eventueel in bodem
- toepassing van klimaatramen met in de toekomst glasverwarming
- natuurlijke ventilatie via gebalanceerde systemen
- opwarming van ventilatielucht door glasoverdekte ruimte
- toevoer van lucht naar serre via buizen in de grond ter voorkoming van oververhitting
- daglicht via ramen en daglichtverspreiders, lichte binnen-afwerking ter optimale daglichtbenutting
- zon optimaal benutten
- PV cellen
- lage voltage systemen (12 volt)
- bescherming tegen magnetische velden

### *Water*

- regenwater via begroeide daken en groene terrassen
- zuivering middels biezen en groene algen
- grijs water wordt na zuivering door osmose filter als drinkwater benut
- reservoirs voor warmteaccumulatie en brandbeveiliging
- overloop naar grondwater
- bij watertekort gebruik maken van grondwater

### 3.2.5 Referentie

Voor het referentie project is uitgegaan van een kantoorgebouw dat door Volker Stevin Ontwikkelingsmaatschappij in 1990 voor de betreffende locatie is aangeboden aan de Rijksgebouwendienst. Voor materialen, hoeveelheden, e.d. is uitgegaan van een overzicht van stichtingskosten. Hierin zijn niet alle materialen en installaties duidelijk beschreven. In voorkomende gevallen is gewerkt met materialen en installaties die op dat moment in de utiliteitsbouw gebruikelijk waren.

#### *Materialen*

Het kantoorgebouw heeft een betonnen skelet met invullingen van metselwerk en een afwerking van aluminium. In de berekeningen is uitgegaan van HR beglazing in aluminium kozijnen, om in de lijn van de gevelbekleding te blijven.
Er is rekening gehouden met afwerking van muren en vloeren, al wordt hierover in de beschrijving niets gezegd. Hiervoor zijn gangbare materialen en hoeveelheden gebruikt die voortkomen uit de vorm en afmeting van het gebouw.

#### *Energie*

Energiemaatregelen zijn bij de stichtingskosten niet omschreven. Daarom is voor de klimatisering van het gebouw uitgegaan van conventionele installaties. Er is bijvoorbeeld rekening gehouden met een gasketel, verwarming en koeling met een 4-pijps inductiesysteem en een beperkte warmteterugwinning uit de ventilatielucht. Alle installatie componenten zijn echter zo gekozen dat de energieprestatiecoëfficiënt precies op 1,9 uitkomt. Daarmee is de referentie, wat dit betreft, een paar jaar verder in de tijd gelegd.
Via het bouwbesluit wordt deze waarde pas vanaf december 1996 vereist; binnen de Rijksgebouwendienst was een dergelijk niveau al vanaf 1992 gewoon.

#### *Water*

Voor het watergebruik zijn standaard berekeningen uitgevoerd. Dat betekent dat uitgegaan is van normale kranen en niet van waterbesparende kranen, dat er geen regenwater opvang voorzien is en dat de groenvoorziening besproeid wordt met drinkwater.

#### *Mobiliteit*

In het ontwerp gesproken over een verschil van mening wat betreft parkeergelegenheid. Zo geeft de Rijksgebouwendienst aan niet direct behoefte te hebben aan een parkeerkelder, terwijl dit vanuit beleggersoogpunt zeer belangrijk is. Uiteindelijk is, als combinatie van wensen, een aantal parkeerplaatsen op de begane grond ontworpen. Hieruit blijkt duidelijk, dat het openbaar vervoer op deze locatie niet voor 100% zal worden benut.

# 4 GreenCalc berekeningen

Voor het schatten van de milieubelasting van de projecten is gebruik gemaakt van het door Sureac, mede ten behoeve van de Rijksgebouwendienst ontwikkelde computerprogramma GreenCalc[1].
GreenCalc is opgebouwd uit vier modules: materiaal, energie, water en mobiliteit.
De **materiaalmodule** is gebaseerd op het TWIN-model[2], waarin naast kwantitatieve gegevens ook niet-kwantificeerbare gegevens worden verwerkt om een volledige beoordeling van materialen mogelijk te maken.
De **energiemodule** is gebaseerd op de NEN 2916: Energie Prestatie van Utiliteitsgebouwen. GreenCalc biedt, in tegenstelling tot de Energie Prestatie Norm, echter mogelijkheden om het gebruikersgedrag te modelleren.
De **module watergebruik** is gebaseerd op de Water Prestatienormering zoals die voor de Rijksgebouwendienst en de gemeente Utrecht, met ondersteuning van NOVEM is opgesteld door bureau opMAAT.
De bepaling van **mobiliteit** is complex; er zijn veel factoren en afwegingen te maken. Op basis van een aantal scenario's (opgesteld op basis van o.a. locatie en gebruiker) wordt inzicht verkregen in milieu-effecten als gevolg van mobiliteit.

De milieubelasting, zoals bepaald in de verschillende modulen, wordt uitgedrukt in "milieuguldens". Dit is gedaan om zo goed mogelijk aan te sluiten bij bekende begrippen binnen de doelgroep.
Deze milieukosten zijn de eliminatie- en/of preventiekosten van de totale milieuschade die optreedt door de bouw en het gebruik van een gebouw. Dit zijn kosten die, op dit moment nog, worden afgewenteld op de samenleving en die vroeg of laat tevoorschijn komen.
De milieukosten worden berekend op basis van het daadwerkelijke ontwerp van een gebouw en hebben betrekking op de totale levensduur daarvan.
Omdat in de DTO-projecten gebruik is gemaakt van nog niet bestaande, maar wel mogelijk geachte technologieën, kunnen de projecten niet helemaal rechtstreeks in GreenCalc worden ingevoerd.
Er moeten schattingen worden gemaakt, waarmee de GreenCalc resultaten worden gecorrigeerd.

In hoofdstuk 5 worden deze schattingen besproken.

[1] In bijlage 3 wordt een korte beschrijving van het programma gegeven

[2] Milieuclassificatie bouwmaterialen van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologe en Ecologie

# 5 Schatting milieu-effecten nieuwe materialen en technieken

## 5.1 Geschatte milieukosten materialen

Alle afmetingen en materialen zijn, voor zover mogelijk, rechtstreeks ingevoerd in GreenCalc. Hiervoor is gebruik gemaakt van de beschrijvingen uit paragraaf 3 en voor wat betreft de hoeveelheden, de tekeningen van de architecten. Voor een aantal voorgestelde materialen was het niet mogelijk deze rechtstreeks in GreenCalc in te voeren. Hiervoor zijn de uitkomsten handmatig gecorrigeerd.
De gegevens van deze materialen (afmetingen, hoeveelheden en uiteindelijke correctie) zijn in bijlage 4, in de vorm van nadere beschrijvingen per project samen met de invoer van GreenCalc, opgenomen.
Hieronder volgt een beschrijving van de specifieke materialen waarvoor aannames zijn gedaan.

### *Biobeton*

Biobeton is een milieuvriendelijke variant op de gangbare betonsoorten. Er wordt van uitgegaan dat de toeslagstoffen in het beton vervangen worden door 100% puingranulaat (een afvalproduct, dus minder milieubelastend). Het portlandcement wordt vervangen door een minder milieubelastende variant, bijvoorbeeld traskalk, en de staalwapening zou tegen die tijd vervangen kunnen worden door glas- of kunstvezel.
Op basis van deze uitgangspunten kunnen de milieubelastingspunten[3] worden uitgerekend voor biobeton en glas/kunstvezelwapening.

| Product | milieubelastingspunten/ton |
|---|---|
| beton (20% puingranulaat) | 116059 |
| biobeton | 67769 |
| staal (12% recycling) | 751113 |
| glasvezel | 278767 |

Op basis van de milieubelastingspunten van de producten en de verhouding van de samenstellende materialen, zoals deze in de database van GreenCalc zijn opgenomen, wordt bepaald wat de correctie van de bio-producten is ten opzichte van de ingevoerde producten. Voor constructiebeton wordt op deze wijze een reductie van 40% gevonden. Voor funderingsbalken daalt de reductie tot 30%, omdat in de onderliggende werkvloer een hoger percentage toeslagstoffen zit, waardoor deze balken ook nu al een lagere milieubelasting hebben.
De correctie gebeurt puur op basis van milieubelastingspunten, een correctie voor de hoeveelheid afval is niet meegenomen.

Biobeton wordt vermeld binnen het project van architect Pijnenborgh en bij Mecanoo. Hoewel het product bij Mecanoo niet de naam biobeton krijgt, maar binnen de omschrijving wel wordt gesproken van glasvezelbeton en beton met hoog percentage puingranulaat, zijn de reducties voor beide projecten gelijk gesteld.
Afhankelijk van het toepassingsgebied van het beton liggen de reducties dus tussen de 30 à 40%.

[3] NIBE Milieuclassificatie Bouwmaterialen, Handboek Duurzame Bouwproducten, WEKA, Amsterdam, versie januari 1999

### *Thermotropische glasconstructies*

Een thermotropische glasconstructie is een glasconstructie die oververhitting voorkomt. Bij hoge temperaturen wordt het glas ondoorzichtig, waardoor de zon geweerd wordt. Bij lage temperaturen wordt echter wel gebruik gemaakt van passieve zonne-energie. De constructie kan vergeleken worden met HR-glas, met een coating en gasvulling, wat betreft de milieukosten van het materiaal; er hoeft dus geen verekening plaats te vinden.

### *Super isolatieglas dat van kleur verandert*

In principe werkt deze glasconstructie op dezelfde manier als bovenstaande constructie. Het grote verschil zit in het feit dat het glas niet ondoorzichtig wordt, maar van kleur verandert, waardoor oververhitting voorkomen wordt.
Op materiaalgebied hoeft geen verrekening plaats te vinden.

### *UV doorlatend kwartsglas*

Kwartsglas heeft als voordeel dat het UV-straling doorlaat. Dit komt doordat de grondstoffen voor dit product van hogere kwaliteit zijn waardoor de helderheid van het glas hoger is. Hierdoor zal ook de mate van daglicht-instraling iets groter zijn, zodat er bijvoorbeeld minder kunstlicht nodig is in de kantoorruimten en de benutting van passieve zonne-energie hoger is. De toepassing van UV doorlatend kwartsglas heeft aan de andere kant het nadeel dat er bij hoge buitentemperaturen ook sneller oververhitting plaats zal vinden, zodat er meer koeling (of andere maatregelen met hetzelfde effect) nodig is. Al met al wordt er van uitgegaan dat de voordelen van het gebruik van kwartsglas opwegen tegen de nadelen en hoeft er geen verrekening plaats te vinden.

### *Translucent isolatiemateriaal voor de gevel*

Het translucente isolatiemateriaal bestaat uit 2 glazen platen met daartussen, loodrecht op de glasplaten, gestapelde rietjes van een helder materiaal. De dikte van de constructie, lengte van de rietjes, is minimaal 100 mm. Het voordeel van deze constructiewijze is dat een grote daglichtdoorlaat gecombineerd wordt met een hoge warmteweerstand. Dit betekent een beperking van het gebruik van kunstlicht en benutting van passieve zonne-energie, zonder dat het toepassen van grote glasvlakken tot extra energieverlies leidt.

De isolatiewaarde van deze constructie is veel groter dan van HR-glas. Ten opzichte van HR-glas is echter wel meer materiaal nodig, zodat de milieukosten door materiaalgebruik hoger zullen worden (12%), daarentegen kan er voor de energie weer een reductie plaatsvinden.

### *Translucente isolerende dakconstructie*

Deze dakconstructie is gemaakt van een soort glasschuim. De constructie heeft een redelijke dikte, ca100 mm. De eigenschappen voor lichtdoorlating en warmtetransport lijken sterk op die van de hiervoor beschreven translucente isolatie. Door de vele luchtbelletjes in de constructie is het materiaalgebruik laag. De constructie is redelijk zelfdragend, zodat ook op de draagconstructie bespaard kan worden. De reductie van de milieukosten door materiaalgebruik zal uiteindelijk dan ook zo'n 80% zijn t.o.v. het in de GreenCalc berekening ingevoerde HR-glas.

### *Translucente PV cellen*

Deze constructie wordt vooral gebruikt voor dakconstructies, zodat geprofiteerd kan worden van zowel energiewinning uit photo-voltaïsche cellen, als van de lichttoevoer. Het systeem is al toegepast en op de markt verkrijgbaar, maar nog niet in te voeren in GreenCalc. Ten opzichte van HR-glas is er iets minder materiaal nodig. De reductie van de milieubelasting t.o.v. het ingevoerde HR-glas is 5%.

## 5.2 Schatting energiegebruik/milieukosten installaties

Het vaststellen van het bij de verschillende ontwerpen te verwachten energiegebruik in 2040 verloopt in twee stappen.

In eerste instantie wordt het installatieconcept zo goed mogelijk ingevoerd in GreenCalc. Dit betreft de uitgangspunten voor het gebruik van het gebouw en de basisopzet van de installatie.
De beoogde nieuwe technologieën kunnen niet rechtstreeks in GreenCalc worden meegenomen. Dit wordt in een tweede stap aangepakt. Per energiegebruikspost wordt een beredeneerde schatting gegeven van de besparing die op de betreffende post met het ontwerp wordt beoogd. Het totaal van de beoogde besparingen wordt in de GreenCalc berekening als een aftrekpost opgenomen.

Hieronder worden de uitgangspunten, zoals die voor alle vier de projecten gelden, weergegeven. Bijlage 5 beschrijft de wijze waarop de installatie voor de verschillende ontwerpen in GreenCalc is ingevoerd, inclusief de aftrekposten (besparingen) voor de innovatieve oplossingen.

### *Algemene uitgangspunten*

**Gebouwgebruik**

| | |
|---|---|
| bedrijfstijd gebouw: | 06.00 - 22.00 uur |
| gemiddelde werktijd per werknemer: | 40 uur/week |
| gemiddelde aanwezigheid werknemers: | 80% |

Omdat het gebruik van het gebouw is geoptimaliseerd via wisselwerkplekken en verlengde openstelling wordt in GreenCalc een gemiddelde werktijd per medewerker ingevoerd van 80 uur/week. Dit is nodig om het met de werkzaamheden samenhangende energiegebruik van computers, verlichting, enz. in rekening te brengen.

**Interne warmtelast**

| | |
|---|---|
| oppervlaktegebruik per persoon, gemiddeld: | 9-12 $m^2$ |
| interne warmtelast door personen: | 8 $W/m^2$ |
| interne warmtelast computerapparatuur: | 3 $W/m^2$ |

Bij de computerapparatuur wordt ervan uitgegaan dat het energiegebruik tot een minimum is teruggebracht door het gebruik van nu al bekende technologieën zoals LCD-displays, energie-spaarstanden bij niet gebruiken, enz. Het is overigens zeker denkbaar dat dit nog verder terug zal lopen.

**Klimaatsysteem**

Bij alle ontwerpen wordt in de GreenCalc berekening uitgegaan van centrale verwarming (radiatoren) met natuurlijke of mechanische ventilatie. Voor het rendement van de warmte-opwekking is maximaal $\eta = 1$ ingevoerd in de GreenCalc berekening. Besparingen door andere verwarmingsystemen, zoals wandverwarming en hogere rendementen van de warmte-opwekking zijn in de aanpassingen (aftrekposten) verwerkt.
Bij geen van de ontwerpen is bevochtiging toegepast.
Voor ventilatoren, pompen, enz. wordt er van uitgegaan dat het energiegebruik van deze apparaten zelf nog 30% t.o.v. de huidige situatie lager zal worden, door verbeteren van het rendement van die apparaten zelf en van de (electro)motoren, die voor de aandrijving zorgen.

**Warm tapwater**

Uitgegaan wordt van een voor dit moment normaal gebruik van warm tapwater.
Bij de aftrekposten wordt een correctie aangebracht voor andere opwekking van warmte dan nu gebruikelijk, bijvoorbeeld met een warmtepomp of volledig uit zonne-energie.

**Verlichting**

Voor alle ontwerpen wordt een maximaal gebruik van daglicht nagestreefd.
Er wordt een normale, energiezuinige verlichting ingevoerd in de GreenCalc berekening, waarbij de daglichtsector voor de verlichting op 70% van de gebruiksoppervlakte is aangehouden.

Extra besparing door verdere verhoging van de lichtopbrengst van lampen, toepassen andere voedingssystemen, enz. worden per ontwerp in rekening gebracht via een aftrekpost.
Bij alle ontwerpen wordt er van uitgegaan dat de lichtopbrengst van lampen nog met een factor 2 zal verbeteren ($\eta = 0{,}4$ i.p.v. $\eta =$ ca 0,2 zoals nu voor HF-verlichting).

**Productiegebonden apparatuur en liften**

Bij het bepalen van het energiegebruik voor kantoorapparatuur wordt in alle ontwerpen uitgegaan van een laag gebruik (zie hiervoor bij interne warmtelast).
Eventuele verdere besparingen, onder andere als gevolg van andere manieren van electriciteitsopwekking, worden per ontwerp ingevoerd via een aftrekpost.
Voor liften worden de standaardgetallen uit GreenCalc gebruikt. Voor alle ontwerpen wordt er van uitgegaan dat liften op zich nog 30% energiezuiniger zullen worden t.o.v. de standaard GreenCalc berekeningen door verhoging van het rendement van motoren en overbrenging. Hiermee en met extra besparingen (andere vormen van electriciteitsopwekking e.d.) wordt rekening gehouden door per ontwerp een correctie toe te passen.

**Electriciteitsopwekking**

Daar waar uitgegaan wordt van electriciteitsopwekking via brandstofcellen (waterstof als opslagmedium) wordt er in de berekeningen van uitgegaan dat ten opzichte van fossiele energie een rendement van $\eta = 10$ bestaat. Dit is 25 maal beter dan de huidige situatie (landelijk rendement nu: $\eta =$ ca 0,40). Mogelijk kan electriciteitsopwekking ook geheel zonder fossiele energie plaatsvinden.
Niettemin wordt er voor gekozen om op deze wijze nog een kleine post voor electriciteitsgebruik in de eindresultaten te laten zien. Dit wordt mede gedaan omdat ook nog niet duidelijk is hoe de milieubelasting, veroorzaakt door het gebruik van grondstoffen bij de vervaardiging van de apparatuur voor de energie-opwekking, zich zal verhouden tot de huidige situatie.
Daar waar sprake is van rechtstreeks gebruik van electriciteit uit photo-voltaïsche cellen

(eventueel via rechtstreekse opslag in accu's of dergelijke) wordt het totale berekende gebruik afgetrokken als besparing.
Om de gevoeligheid voor het wel of niet op grote schaal gebruik maken van vernieuwbare energiebronnen te bepalen, wordt als variant ook een tot slechts 50% beperkte verbetering van het opwekkingsrendement van electriciteit bekeken.

## 5.3 Schatting milieukosten watergebruik

Op het gebied van water is nu ook al veel mogelijk. Daarbij gaat het enerzijds om minder verspilling: zuiniger sanitair. Anderzijds is niet voor alle toepassingen drinkwaterkwaliteit nodig en kan gewerkt worden met vervanging door (gezuiverd) regenwater of oppervlaktewater.
Daarnaast is het van belang, ter vermindering van de verdroging, om niet al het hemelwater rechtstreeks door een riool af te voeren, maar te behouden op eigen terrein c.q. in de eigen omgeving. Begroeide daken, sloten en vijvers spelen hierbij een belangrijke rol, evenals verwerking van afvalwater op eigen terrein.

In de vier ontwerpen zijn hiervoor integrale concepten ontwikkeld die kwalitatief kunnen worden bekeken op hun toekomstwaarde.

Voor de berekening van de milieukosten door watergebruik is uitsluitend gekeken naar het kwantificeerbare gebruik van drinkwater en de besparing hierop door gedeeltelijke vervanging door regenwater. Uit de GreenCalc berekeningen (zie bijlage 5) volgt voor alle projecten een gemiddeld gebruik van ca 25 liter per medewerker per dag.

Omdat er van kan worden uitgegaan dat op termijn voor alle functies, behalve consumptie, met vervangend water kan worden gewerkt, wordt voor alle projecten, voor 2040, gerekend met een gebruik aan drinkwater van 2,5 liter per medewerker, per dag. Dit leidt tot een bedrag aan milieukosten van f 102.250 (300 medewerkers).

De bezetting van het gebouw op een bepaald tijdstip is maar 150 personen, maar door het intensievere gebruik moet, ter vergelijking met de referentie, uitgegaan worden van het dubbele aantal.

## 5.4 Schatting milieukosten als gevolg van mobiliteit

Voor mobiliteit wordt bij de GreenCalc berekeningen de huidige situatie ingevoerd wat betreft afstanden tot trein en ander openbaar vervoer. Gezien de locatie is het gebruik van de auto al tot een minimum teruggebracht. Voor de situatie van 2040 is ten opzichte van de referentie alleen de frequentie van treinen, respectievelijk trams/bussen verhoogd van 4 en 6 naar 12 en 20.
Dit leidt voor alle vier de projecten tot een bedrag van f 170.490 aan milieukosten voor de beschouwingsperiode (75 jaar).
Verwacht mag worden dat de vervoersmiddelen nog aanzienlijk zuiniger (en schoner) zullen worden. Enerzijds door het overgaan op electrische aandrijving waar het auto's en bussen betreft (electriciteit opgeslagen in accu's of opgewekt in brandstofcellen). Anderzijds door het uit vernieuwbare bronnen winnen van electriciteit (zon, wind).
Vooralsnog wordt de (arbitraire) aanname gedaan dat het effect hiervan voor treinen en auto's/bussen een verbetering met een factor 5 respectievelijk 10 betekent.
Dit leidt voor alle projecten voor aan te houden, mobiliteit gerelateerde milieukosten van f 40.000 voor de beschouwingsperiode van 75 jaar. Daarbij is uitgegaan van een dubbele bezetting van de DTO-projecten t.o.v. de referentie.

# 6 De milieukosten van de vijf projecten

## 6.1 Resultaten op gebouwniveau

Primair is gerekend met de ideeën zoals die zijn neergelegd in de vier ontwerpen. Daarbij zijn vergaande aannamen gedaan over de inzet van vernieuwbare energie.
Omdat de einduitkomsten hierdoor zeer sterk worden beïnvloed is als variant gerekend met minder vergaande aannamen (paragraaf 5.2.).
De aannamen voor energie beïnvloeden ook de uitkomsten voor mobiliteit (par. 5.4).
Voor materialen en watergebruik blijven de aannamen (en de resultaten) gelijk.

De resultaten worden gepresenteerd in drie verschillende scenario's:

- aannamen conform DTO-projecten "2040" (tabel 1),
- minder vergaande toepassing vernieuwbare energie, wel rendementsverbeteringen ventilatoren, pompen, liften, enz. "2015" (tabel 2),
- energie-infrastructuur zoals nu aanwezig, geen rendementsverbeteringen, minder vergaande besparing op watergebruik "1999" (tabel 3).

In de tabellen wordt per onderdeel en voor het totaal de bereikte milieu-index gegeven. Deze indices zijn afgerond en wel op de volgende manier:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| < 200 | op | 5 | 2000 – 5000 | op | 100 |
| 200 – 500 | | 10 | 5000 – 10000 | | 250 |
| 500 – 1000 | | 25 | 10000 – 20000 | | 500 |
| 1000 – 2000 | | 50 | > 20000 | | 1000 |

Tabel 1: Totaaloverzicht projecten conform DTO-uitgangspunten "2040"

| | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|
| **milieukosten** | | | | | |
| Materialen | 3383749 | 1073737 | 501789 | 576294 | 175433 |
| Energie | 3913826 | 18403 | 14640 | 8075 | 19055 |
| Water | 978345 | 102251 | 102251 | 102251 | 102251 |
| Mobiliteit | 459189 | 40000 | 40000 | 40000 | 40000 |
| totaal | 8735109 | 1234391 | 658680 | 726620 | 336739 |
| **procentuele verdeling** | | | | | |
| Materialen | 39 | 87 | 76 | 79 | 52 |
| Energie | 45 | 1 | 2 | 1 | 6 |
| Water | 11 | 8 | 16 | 14 | 30 |
| Mobiliteit | 5 | 3 | 6 | 6 | 12 |
| totaal | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **index** | | | | | |
| Materialen | 100 | 310 | 675 | 575 | 1950 |
| Energie | 100 | 21000 | 27000 | 48000 | 21000 |
| Water | 100 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| Mobiliteit | 100 | 1150 | 1150 | 1150 | 1150 |
| totaal | 100 | 700 | 1350 | 1200 | 2600 |

Tabel 2: Resultaten met geringere inzet vernieuwbare energie "2015"

| | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|
| **Milieukosten** | | | | | |
| Materialen | 3383749 | 1073737 | 501789 | 576294 | 175433 |
| Energie | 3913826 | 307193 | 244037 | 134568 | 318388 |
| Water | 978345 | 102251 | 102251 | 102251 | 102251 |
| Mobiliteit | 459189 | 144000 | 144000 | 144000 | 144000 |
| totaal | 8735109 | 1627181 | 992077 | 957113 | 740072 |
| **procentuele verdeling** | | | | | |
| Materialen | 39 | 66 | 51 | 60 | 24 |
| Energie | 45 | 19 | 25 | 14 | 43 |
| Water | 11 | 6 | 10 | 11 | 14 |
| Mobiliteit | 5 | 9 | 15 | 15 | 19 |
| totaal | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **index** | | | | | |
| Materialen | 100 | 310 | 675 | 575 | 1950 |
| Energie | 100 | 1250 | 1600 | 2900 | 1250 |
| Water | 100 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| Mobiliteit | 100 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| totaal | 100 | 525 | 875 | 925 | 1200 |

Tabel 3: Geen duurzame energie en beperkte waterbesparing "1999"

| | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|
| **Milieukosten** | | | | | |
| Materialen | 3383749 | 1073737 | 501789 | 576294 | 175433 |
| Energie | 3913826 | 2065389 | 1210692 | 1728505 | 1745209 |
| Water | 978345 | 1031380 | 1031380 | 1031380 | 1031380 |
| Mobiliteit | 459189 | 340980 | 340980 | 340980 | 340980 |
| totaal | 8735109 | 4511486 | 3084841 | 3677159 | 3293002 |
| **procentuele verdeling** | | | | | |
| Materialen | 39 | 24 | 16 | 16 | 5 |
| Energie | 45 | 46 | 39 | 47 | 53 |
| Water | 11 | 23 | 33 | 28 | 31 |
| Mobiliteit | 5 | 8 | 11 | 9 | 10 |
| totaal | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| **index** | | | | | |
| Materialen | 100 | 310 | 675 | 600 | 1950 |
| Energie | 100 | 190 | 320 | 230 | 220 |
| Water | 100 | 95 | 95 | 95 | 95 |
| Mobiliteit | 100 | 135 | 135 | 135 | 135 |
| totaal | 100 | 195 | 280 | 240 | 260 |

## 6.2 Resultaten per m² bruto vloeroppervlakte en per werknemer

De te bereiken index 2000 geldt per eenheid van welvaart. Dat betekent dat in functionele zin overeenkomstige zaken moeten worden vergeleken. Daarom worden de eindresultaten hier nog eens gegeven per eenheid gebouw (m² bvo) en per eenheid arbeid (fte), zie tabel 4 en 5.

Tabel 4: Eindresultaten per m² bruto vloeroppervlakte

| | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|
| bruto vloeropp. m² | 4099 | 3940 | 3473 | 4214 | 3278 |
| **scenario 1: uitgangspunten DTO-plannen 2040** | | | | | **milieukosten/m² bvo** |
| Materialen | 826 | 273 | 144 | 137 | 54 |
| Energie | 955 | 5 | 4 | 2 | 6 |
| Water | 239 | 26 | 29 | 24 | 31 |
| Mobiliteit | 112 | 10 | 12 | 9 | 12 |
| totaal | 2131 | 313 | 190 | 172 | 103 |
| **scenario 2: beperkte toepassing duurzame energie 2015** | | | | | **milieukosten/m² bvo** |
| Materialen | 826 | 273 | 144 | 137 | 54 |
| Energie | 955 | 78 | 70 | 32 | 97 |
| Water | 239 | 26 | 29 | 24 | 31 |
| Mobiliteit | 112 | 37 | 41 | 34 | 44 |
| totaal | 2131 | 413 | 286 | 227 | 226 |
| **scenario 3: energie situatie 1999** | | | | | **milieukosten/m² bvo** |
| Materialen | 826 | 273 | 144 | 137 | 54 |
| Energie | 955 | 524 | 349 | 410 | 532 |
| Water | 239 | 262 | 297 | 245 | 315 |
| Mobiliteit | 112 | 87 | 98 | 81 | 104 |
| totaal | 2131 | 1145 | 888 | 873 | 1005 |
| **scenario 1: uitgangspunten DTO-plannen 2040** | | | | | **index** |
| Materialen | 100 | 300 | 575 | 600 | 1550 |
| Energie | 100 | 20000 | 23000 | 50000 | 16500 |
| Water | 100 | 925 | 800 | 975 | 775 |
| Mobiliteit | 100 | 1100 | 975 | 1200 | 925 |
| totaal | 100 | 675 | 1100 | 1250 | 2100 |
| **scenario 2: beperkte toepassing duurzame energie 2015** | | | | | **index** |
| Materialen | 100 | 300 | 575 | 600 | 1550 |
| Energie | 100 | 1250 | 1350 | 3000 | 975 |
| Water | 100 | 925 | 800 | 975 | 775 |
| Mobiliteit | 100 | 310 | 270 | 330 | 260 |
| totaal | 100 | 525 | 750 | 950 | 950 |
| **scenario 3: energie situatie 1999** | | | | | **index** |
| Materialen | 100 | 300 | 575 | 600 | 1550 |
| Energie | 100 | 180 | 270 | 230 | 180 |
| Water | 100 | 90 | 80 | 100 | 75 |
| Mobiliteit | 100 | 130 | 115 | 140 | 110 |
| totaal | 100 | 185 | 240 | 240 | 210 |

Tabel 5: Eindresultaten per werknemer (fte)

| | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|
| aantal werkn. (fte) | 150 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| | | | | | |
| **scenario 1: uitgangspunten DTO-plannen 2040** | | | | **milieukosten per werknemer** | |
| Materialen | 22558 | 3579 | 1673 | 1921 | 585 |
| Energie | 26092 | 61 | 49 | 27 | 64 |
| Water | 6522 | 341 | 341 | 341 | 341 |
| Mobiliteit | 3061 | 133 | 133 | 133 | 133 |
| totaal | 58234 | 4115 | 2196 | 2422 | 1122 |
| **scenario 2: beperkte toepassing duurzame energie 2015** | | | | **milieukosten per werknemer** | |
| Materialen | 22558 | 3579 | 1673 | 1921 | 585 |
| Energie | 26092 | 1024 | 813 | 449 | 1061 |
| Water | 6522 | 341 | 341 | 341 | 341 |
| Mobiliteit | 3061 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| totaal | 58234 | 5424 | 3307 | 3190 | 2467 |
| **scenario 3: energie situatie 1999** | | | | **milieukosten per werknemer** | |
| Materialen | 22558 | 3579 | 1673 | 1921 | 585 |
| Energie | 26092 | 6885 | 4036 | 5762 | 5817 |
| Water | 6522 | 3438 | 3438 | 3438 | 3438 |
| Mobiliteit | 3061 | 1137 | 1137 | 1137 | 1137 |
| totaal | 58234 | 15038 | 10283 | 12257 | 10977 |
| | | | | | |
| **scenario 1: uitgangspunten DTO-plannen 2040** | | | | | **index** |
| Materialen | 100 | 625 | 1350 | 1150 | 3900 |
| Energie | 100 | 43000 | 53000 | 97000 | 41000 |
| Water | 100 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 |
| Mobiliteit | 100 | 2300 | 2300 | 2300 | 2300 |
| totaal | 100 | 1400 | 2700 | 2400 | 5250 |
| **scenario 2: beperkte toepassing duurzame energie 2015** | | | | | **index** |
| Materialen | 100 | 625 | 1350 | 1150 | 3900 |
| Energie | 100 | 2500 | 3200 | 5750 | 2500 |
| Water | 100 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 |
| Mobiliteit | 100 | 650 | 650 | 650 | 650 |
| totaal | 100 | 1050 | 1750 | 1850 | 2400 |
| **scenario 3: energie situatie 1999** | | | | | **index** |
| Materialen | 100 | 625 | 1350 | 1150 | 3900 |
| Energie | 100 | 380 | 650 | 450 | 450 |
| Water | 100 | 190 | 190 | 190 | 190 |
| Mobiliteit | 100 | 270 | 270 | 270 | 270 |
| totaal | 100 | 390 | 575 | 475 | 525 |

## 6.3 Bespreking van de overall resultaten

In paragraaf 6.1 en 6.2 is de bereikte vermindering van de milieubelasting, uitgedrukt in “milieuguldens”, op drie manieren weergegeven:

- voor het gebouw als geheel
- per $m^2$ bruto vloeroppervlakte
- per werknemer (fte)

### *Gebouw als geheel*

Deze cijfers maken vooral een vergelijking mogelijk tussen de projecten als geheel. Immers de ontwerpopgave is voor alle vier de projecten gelijk. Er wordt, zij het op verschillende wijze, een volwaardig antwoord op het programma gegeven.

Een belangrijk verschil tussen de vier ontwerpen ligt in de mate van gebruik maken van het bestaande gebouw (tabel 6).

Tabel 6: verhouding bestaand/nieuw

| **Project** | **best./nieuw** |
|---|---|
| Referentie | 0/100 |
| Mecanoo | ca 20/80 |
| Kristinsson | ca 65/35 |
| Pijnenborgh | ca 65/35 |
| Kroll | ca 95/5 |

Voor de situatie in 2040 (tabel 1), is er in de workshop van uitgegaan dat vrijwel volledig gebruik wordt gemaakt van duurzame energie. Hierdoor wordt de index 2000 voor dat onderdeel ruimschoots gehaald (21000 – 48000).
Voor het gebouw als geheel wordt de index 2000 alleen gehaald als vrijwel uitsluitend gebruik wordt gemaakt van een bestaand gebouw (Kroll).

| **scenario 1: uitgangspunten DTO-plannen 2040** | | | | | **index** |
|---|---|---|---|---|---|
| Materialen | 100 | 310 | 675 | 575 | 1950 |
| Energie | 100 | 21000 | 27000 | 48000 | 21000 |
| Water | 100 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| Mobiliteit | 100 | 1150 | 1150 | 1150 | 1150 |
| totaal | 100 | 700 | 1350 | 1200 | 2600 |

De beperking ligt met name in het achterblijven van de resultaten op het gebied van materiaaltoepassing. Hierop wordt in paragraaf 6.4 nader ingegaan.
Duidelijk is dat nooit voor alle huisvesting gebruik kan worden gemaakt van bestaande gebouwen. Er zal altijd een zeker aandeel voor nieuwbouw blijven.
Dit gegeven en de vraag of in alle gevallen met vrijwel volledig hergebruik van bestaande gebouwen voldoende “gebruikskwalitieit” kan worden bereikt, geeft aan dat materiaalgebruik alle aandacht behoeft.

Ook op het gebied van water en mobiliteit wordt de index 2000 niet gehaald. Door het relatief geringe aandeel in de totale milieukosten, bij de projecten waarin ook nieuwbouw plaatsvindt, is de invloed op het totaal resultaat betrekkelijk gering.

| **scenario 1: uitgangspunten DTO-plannen 2040** | | | | **procentuele verdeling** | |
|---|---|---|---|---|---|
| Materialen | 39 | 87 | 76 | 79 | 52 |
| Energie | 45 | 1 | 2 | 1 | 6 |
| Water | 11 | 8 | 16 | 14 | 30 |
| Mobiliteit | 5 | 3 | 6 | 6 | 12 |
| totaal | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Daarnaast is het zo dat watergebruik en mobiliteit recht evenredig zijn met het aantal gebruikers van het gebouw. Aangezien voor de DTO-ontwerpen is uitgegaan van een twee keer zo hoge bezetting van het gebouw (300 i.p.v. 150 werknemers), ligt de index voor water en mobiliteit, ten opzichte van het gebruik dat van het gebouw wordt gemaakt, in feite twee keer zo hoog als hier aangegeven.

In het scenario voor 2015 wordt uitgegaan van een veel minder grootschalige inzet van duurzame energie. Dit beïnvloedt naast de resultaten voor energie ook die voor mobiliteit. Bij vrijwel volledig hergebruik van het bestaande gebouw wordt nu energie de bepalende factor; al bij een beperkt aandeel nieuwbouw worden de materialen weer maatgevend. De invloed van de lage index (320) voor mobiliteit is beperkt, de milieukosten voor mobiliteit (tabel 2) maken slechts ca. 15% van het totaal uit.

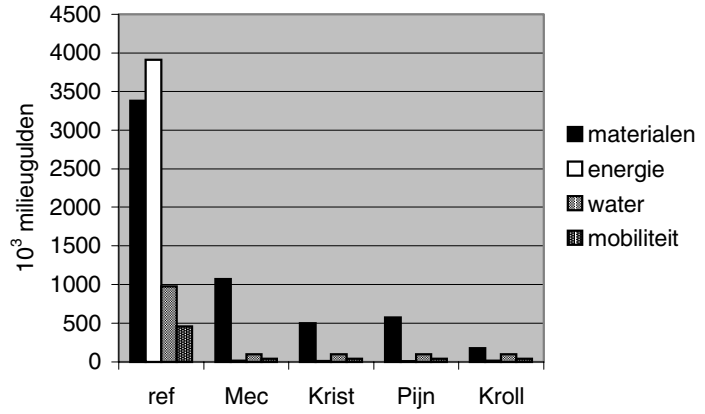
| **scenario 2: beperkte toepassing duurzame energie 2015** | | | | | **index** |
|---|---|---|---|---|---|
| Materialen | 100 | 310 | 675 | 575 | 1950 |
| Energie | 100 | 1250 | 1600 | 2900 | 1250 |
| Water | 100 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| Mobiliteit | 100 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| totaal | 100 | 525 | 875 | 925 | 1200 |

Voor het scenario 1999, uitgangspunt energiesituatie van vandaag en minder vergaande voorzieningen op het gebied van waterbesparing, ligt het grootste aandeel in de milieukosten nog bij energie- en watergebruik.

| **scenario 3: energie situatie 1999** | | | | **procentuele verdeling** | |
|---|---|---|---|---|---|
| Materialen | 39 | 24 | 16 | 16 | 5 |
| Energie | 45 | 46 | 39 | 47 | 53 |
| Water | 11 | 23 | 33 | 28 | 31 |
| Mobiliteit | 5 | 8 | 11 | 9 | 10 |
| totaal | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

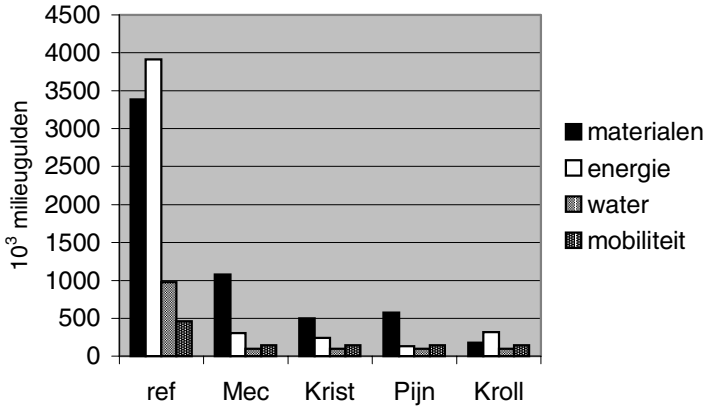
De index die kan worden bereikt (tabel 3) ligt tussen 195 en 280. De invloed van de mate van hergebruik van het bestaande gebouw wordt minder groot.
Gezien het feit dat voor water en mobiliteit is gerekend met 300 werknemers (fte) i.p.v. 150 (huidige situatie), zouden de cijfers hiervoor moeten worden bijgesteld.
Als dat wordt gedaan stijgt de index tot 230 – 360.

In figuur 1 t/m 3 worden de resultaten nog eens grafisch weergegeven.



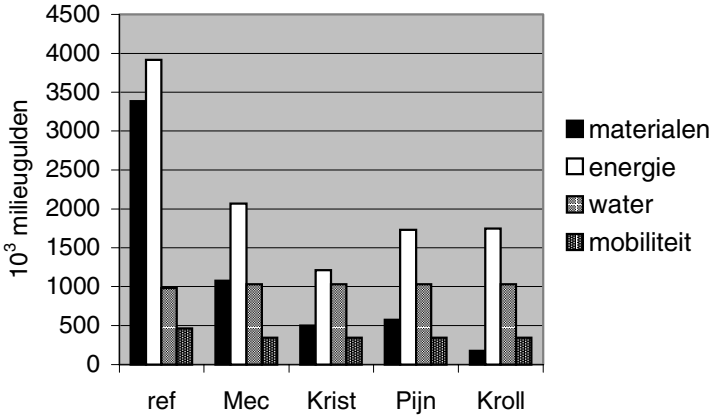

Figuur 1
verdeling milieukosten 2040

Bij de uitgangspunten van de DTO-projecten: verregaand gebruik van vernieuwbare energiebronnen, zorgen de materialen voor de begrenzing van wat kan worden bereikt.




Figuur 2
Verdeling milieukosten 2015

Ook als alleen uitgegaan wordt van een verbetering van de rendementen van toestellen met 30% en een verhoging van het landelijk rendement van de energieopwekking met een factor 1,5 blijven de materialen maatgevend.




Figuur 3
Verdeling milieukosten 1999

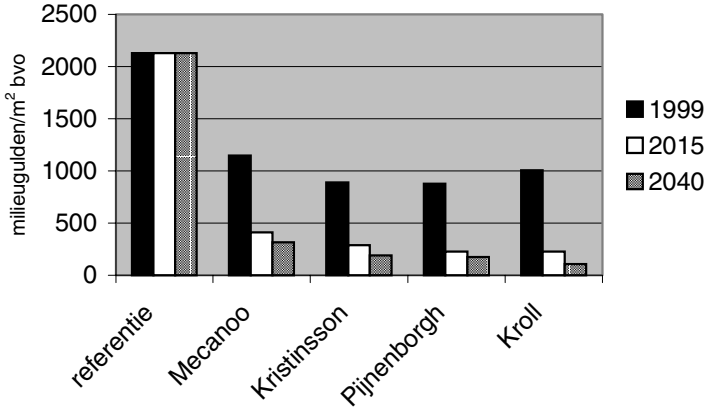
In een situatie waarin de energie-infrastructuur gelijk is aan die in 1999 en maar beperkte waterbesparing wordt gerealiseerd, ligt de grootste milieubelasting bij energie en water.

### *Resultaten per eenheid gebouw (m² bvo)*

Wat betreft de technische kant van het aanbod van gebouwen lijkt het kijken naar de milieukosten per m² bruto vloeroppervlakte van de gebouwen een logische keuze (tabel 4 en figuur 5). De index geeft dan aan wat er in technologische zin aan verbetering is bereikt per eenheid product. Globaal blijven dezelfde constateringen gelden als bij bekijken van het gebouw als geheel. Niettemin onstaat er een belangrijke verschuiving. Doordat genormeerd wordt op de bruto vloeroppervlakte, stijgt de index voor een (te) groot gebouw, terwijl de milieubelasting voor het gebouw als geheel in feite hoger is dan voor de te huisvesten functie nodig is.

| | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|
| bruto vloeropp. m² | 4099 | 3940 | 3473 | 4214 | 3278 |
| **scenario 1: uitgangspunten DTO-plannen 2040** | | | | | **index** |
| gebouw als geheel | 100 | 700 | 1350 | 1200 | 2600 |
| per m² bvo | 100 | 675 | 1100 | 1250 | 2100 |

De cijfers per m² bvo geven dus echt alleen aan wat er per eenheid product aan resultaat wordt geboekt. Zie ook figuur 4.




Figuur 4
Milieukosten per m² bvo

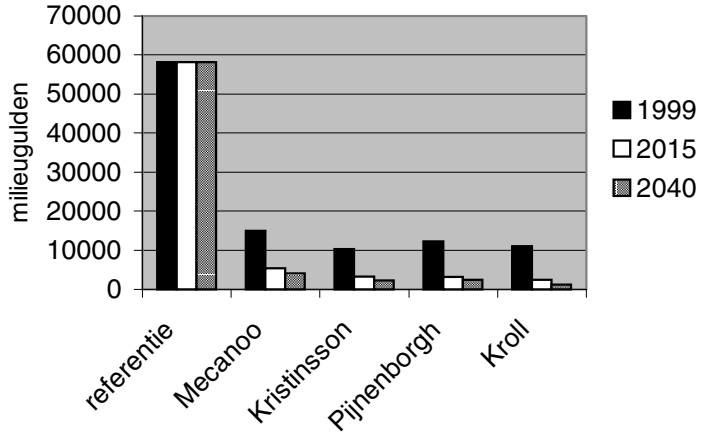
### *Resultaten per werknemer (fte)*

De doelstelling van het DTO-programma richt zich op de mondiale belasting van het milieu. Daarvoor is het beoordelen van een ontwikkeling op basis van eenheid van welvaart of eenheid van menselijke activiteit nodig. Hiervoor geven de resultaten, genormeerd op het gebruik dat van het gebouw wordt gemaakt, per werknemer (functionele tijdseenheid van verrichte arbeid, fte) het beste beeld.

Doordat het gebouw twee maal zo intensief wordt gebruikt als in de referentiesituatie, komen de indices nu uiteraard ook twee maal zo hoog uit dan wanneer het gebouw als geheel wordt bekeken.

| | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|
| aantal werkn. (fte) | 150 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| | | | | | **index** |
| scenario 1: 2040 | 100 | 1400 | 2700 | 2400 | 5250 |
| scenario 2: 2015 | 100 | 1050 | 1750 | 1850 | 2400 |
| scenario 3: 1999 | 100 | 390 | 575 | 475 | 525 |

Door dit meer intensieve gebruik wordt in scenario 1 (2040) de index 2000 gehaald, zodra, naar schatting, meer dan de helft van het programma in het bestaande gebouw wordt ondergebracht.
Om in scenario 2 (2015) de index 2000 te halen moet ruim 75% van het programma in het bestaande gebouw wordt ondergebracht.
Voor scenario 3 is het realiteitsgehalte van de cijfers niet zo hoog, omdat de aanname dat de bezetting van het gebouw wordt verdubbeld op dit moment nog niet reëel is. Als het werken, vrij naar tijd en plaats doorzet, kan dit echter zeker bereikt worden.




Figuur 5
Milieukosten per werknemer

## 6.4 Milieukosten materiaal

Voor een goede vergelijking is het noodzakelijk de milieukosten op de verschillende gebouw onderdelen apart inzichtelijk te maken. Eerst wordt voor de vijf projecten nog even samengevat wat de totale milieukosten voor materiaalgebruik zijn, welk percentage de materialen in de totale milieukosten vertegenwoordigen en wat de milieukosten zijn per $m^2$ en per werknemer. Ook worden de bijbehorende milieu-indices gegeven. Zie tabel 7.

Tabel 7: Samenvatting milieukosten voor materiaalgebruik

| **Milieukosten materiaal** | **Referentie** (150 fte) | **Mecanoo** (300 fte) | **Kristinsson** (300 fte) | **Pijnenborgh** (300 fte) | **Kroll** (300 fte) |
|---|---|---|---|---|---|
| Milieukosten materiaal | 3.383.749 | 1.073.737 | 501.789 | 576.294 | 175.433 |
| % van totaal (sc. 1, 2040) | 39% | 87% | 76% | 79% | 52% |
| index materiaal project | 100 | 310 | 675 | 575 | 1950 |
| mil. kosten materiaal / $m^2$ | 826 | 273 | 144 | 137 | 54 |
| index t.o.v. kosten / $m^2$ | 100 | 300 | 575 | 600 | 1.550 |
| mil. kosten mat. per fte | 22.558 | 3.579 | 1.673 | 1.921 | 585 |
| index t.o.v. lasten p werkn | 100 | 625 | 1.350 | 1.150 | 3.900 |

### *Milieukosten materialen per gebouwonderdeel/constructie*

Het is van belang te onderzoeken wat de milieukosten zijn van de verschillende onderdelen van een gebouw. In tabel 8 wordt aangegeven hoe dit bij de vijf gebouwen van deze studie ligt. Per onderdeel worden de milieukosten gegeven, zowel in milieuguldens, als in percentage t.o.v. de totale milieukosten door materiaalgebruik. Ook wordt de index voor het betreffende onderdeel vermeld.
Duidelijk is, dat bij alle projecten waarin nieuwbouw plaatsvindt, de draagconstructie het grootste aandeel in de milieukosten heeft. “Draagconstructie” betekent bij de indeling die in GreenCalc wordt gemaakt: kolommen, balken, dragende binnenwanden en massieve niet dragende wanden, trappen en verdiepingvloeren.
Begane grondvloer, eventueel dragende geveldelen en dakvloer worden ondergebracht bij “gebouwschil” omdat de eigenschappen hiervan nodig zijn voor de energieberekening.
Na de draagconstructie komt bij de DTO-projecten de “afwerking”. De belangrijkste post hierin wordt bij deze projecten gevormd door de anhydriet afwerkvloeren.

In tabel 9 wordt per constructie genoemd welke materialen zijn toegepast. Daarbij wordt ook aangegeven welke reductie op de GreenCalc resultaten is toegepast om de vermindering van de milieukosten door nog te ontwikkelen minder milieubelastende materialen in rekening te brengen (zie ook paragraaf 5.1).

Daarna wordt, om de milieukosten voor de verschillende onderdelen vergelijkbaar te maken, in afzonderlijke tabellen, 10 t/m 17, genormeerd op functionele eenheid ($m^1$ funderingsbalk, $m^2$ gevel). Voor een volledig overzicht van hoeveelheden en opbouw van constructies wordt verwezen naar de GreenCalc-invoer (bijlage 4).

Per onderdeel worden de resultaten van de berekening besproken.

Tabel 8: Verdeling milieukosten materiaalgebruik over de gebouwonderdelen

| **Materialen** | **referentie** | % | **Mecanoo** | % | **Kristinsson** | % | **Pijnenborgh** | % | **Kroll** | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| fundering | 390.789 | | 81.760 | | 21.185 | | 50.987 | | 5.843 | |
| | 100 | 12 | 480 | 8 | 1.850 | 4 | 775 | 9 | 6.750 | 3 |
| gevel zuid | 155.820 | | 55.120 | | 8.312 | | 8.944 | | 7.688 | |
| | 100 | 5 | 280 | 5 | 1.900 | 2 | 1.750 | 2 | 2.050 | 4 |
| gevel noord | 283.116 | | 44.447 | | 21.857 | | 25.759 | | 6.586 | |
| | 100 | 8 | 650 | 4 | 1.300 | 4 | 1.100 | 4 | 4.300 | 4 |
| gevel oost | 94.166 | | 21.250 | | 4.372 | | 10.588 | | 4.616 | |
| | 100 | 3 | 440 | 2 | 2.200 | 1 | 900 | 2 | 2.000 | 3 |
| gevel west | 133.714 | | 4.113 | | 1.351 | | 10.600 | | 1.088 | |
| | 100 | 4 | 3.300 | 0 | 10.000 | 0 | 1.250 | 2 | 12.500 | 1 |
| totaal gevels | 666.816 | | 124.930 | | 35.892 | | 55.891 | | 19.978 | |
| | 100 | 20 | 550 | 12 | 1.850 | 7 | 1.200 | 10 | 3.300 | 11 |
| beg. grondvl. | 164.841 | | 141.603 | | 80.911 | | 88.077 | | 46.234 | |
| | 100 | 5 | 115 | 13 | 200 | 16 | 185 | 15 | 355 | 26 |
| dak | 182.838 | | 93.866 | | 17.811 | | 16.157 | | 20.959 | |
| | 100 | 5 | 195 | 9 | 1.050 | 4 | 1.150 | 3 | 875 | 12 |
| draagconstr. | 1.447.153 | | 492.403 | | 225.348 | | 253.973 | | 167 | |
| | 100 | 43 | 300 | 46 | 650 | 45 | 575 | 44 | 865.000 | 0 |
| afwerking | 377.126 | | 128.896 | | 116.270 | | 102.593 | | 77.874 | |
| | 100 | 11 | 290 | 12 | 320 | 23 | 370 | 18 | 480 | 44 |
| afbouw | 72.161 | | 8.117 | | 2.126 | | 6.076 | | 1.838 | |
| | 100 | 2 | 900 | 1 | 3.400 | 0 | 1.200 | 1 | 3.900 | 1 |
| inrichting | 3.680 | | 2.162 | | 2.246 | | 2.540 | | 2.540 | |
| | 100 | 0 | 170 | 0 | 165 | 0 | 145 | 0 | 145 | 1 |
| terrein | 78.344 | | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | |
| | 100 | 2 | >2000 | 0 | >2000 | 0 | >2000 | 0 | >2000 | 0 |
| tot. materiaal | 3.383.749 | 100 | 1.073.737 | 100 | 501.789 | 100 | 576.294 | 100 | 175.433 | 100 |
| index | 100 | | 310 | | 675 | | 575 | | 1.950 | |

Tabel 9: Toegepaste materialen per constructie; reductie op GreenCalc resultaten voor nog te ontwikkelen materialen

| **gevel zuid** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | zonder reductie | 155.820 | 73.676 | 8.312 | 8.944 | 7.688 |
| | met reductie | n.v.t | 55.120 | n.v.t | n.v.t | n.v.t |
| materiaal | materiaal gevel | baksteen muur | glas/kurk/beton (-40%) | oude bakstenen muur+steenw | oude bakstenen gevel | oude gevel, kurk |
| | raam & kozijn in gevel | HR-glas, alu kozijnen | dubbel glas/ vuren(ramen) | ramen vernieuwen (HR+) | ramen vernieuwen (HR+) | oude ramen, dubb/vuren |
| | raam & kozijn in serre | | enkel glas/ vuren (serre) | ramen in de serre, enkel glas | ramen serre | serre ramen, enkel/vuren |
| index | | 100 | 280 | 1.900 | 1.750 | 2.050 |

| **gevel noord** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | zonder reductie | 283.116 | 44.447 | 21.857 | 25.759 | 6.586 |
| materiaal | materiaal gevel | tussenmuur, geisoleerd | baksteen(R)/kurk/ leemsteen | Kalkzandsteen/ kurk/ leemsteen | scheidingsmuur, geisoleerd | oude gevel met kurk |
| | raam & kozijn in gevel | | | nieuwe ramen/ | | |
| dubbel(HR+)/ vuren | | | oude ramen dubb(HR+)/vuren | | | |
| | raam & kozijn in serre | | | dubbel glas | | |
| ( HR+) vuren | | | dubbel glas | | | |
| ( HR+) vuren | | | | | | |
| index | | 100 | 650 | 1.300 | 1.100 | 4.300 |

| **gevel oost** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | zonder reductie | 94.166 | 28.442 | 4.372 | 10.588 | 4.616 |
| | met reductie | n.v.t | 21.250 | n.v.t | n.v.t | n.v.t |
| materiaal | materiaal gevel | baksteen muur | glas/kurk/beton (-40%) | oude baksteen muur, steenw | oude gevel + isolatie | oude gevel + kurk+rogips |
| | raam & kozijn in gevel | HR-glas/ alu kozijn | dubbel glas/vuren | nieuwe buitenwanden | nieuwe kozijnen/dubbel glas | oude ramen+ dubb./vuren |
| | raam & kozijn in serre | | enkel glas/ vuren (serre) | dubbel glas (HR+) vuren | ramen serre | |
| | | | | | nieuwe gevel | |
| | | | | | nieuwe ruiten/vuren | |
| index | | 100 | 440 | 2.200 | 900 | 2.000 |

| **gevel west** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | zonder reductie | 133.714 | 4.113 | 1.351 | 10.600 | 1.088 |
| materiaal | materiaal gevel | scheimuur, + isolatie | baksteen gevel +kurk | oude baksteen muur + iso | nieuwe gevel | oude gevel + kurk+rogips |
| | raam & kozijn in gevel | | dubbel glas/ vuren | dubbel glas (HR+) vuren | nieuwe kozijnen/ HR+ | oude ramen+ dubb./vuren |
| | | | buitendeur in vurenhout | | oude gevel +iso | |
| | | | | | vuren kozijnen | |
| index | | 100 | 3.300 | 10.000 | 1.250 | 12.500 |

| **totaal gevels** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | met reductie, indien v. toepassing | 666.816 | 124.930 | 35.892 | 55.891 | 19.978 |
| materiaal | oude scheidingsmuur | scheidingsmuur + isolatie | baksteen gevel +kurk | oude baksteen muur + iso | nieuwe gevel | oude gevel + kurk+rogips |
| | nieuwe kozijnen | | dubbel glas/ vuren | dubbel glas (HR+) vuren | nieuwe kozijnen/ HR+ | oude ramen+ dubb./vuren |
| | buitendeur | | buitendeur vurenhout | | oude gevel +iso | |
| | | | | | vuren kozijnen | |
| index | | 100 | 550 | 1.850 | 1.200 | 3.300 |

| **Fundering** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | zonder reductie | 390.789 | 116.723 | 21.185 | 72.838 | 5.843 |
| | met reductie | n.v.t | 81.700 | n.v.t | 50.987 | n.v.t |
| materiaal | fundering & | gewap. bet. fund palen | gewap/stamp-beton werkvloer (-30%) | kalkzandst fundering | gewap/stampbet. werkvloer (-30%) | gewap/stamp-beton werkvl |
| | bodemafsluiting | schuimbeton, bodemafsl. | | | | |
| | folie | pvc-folie | PE-folie | PE-folie | PE-folie | PE-folie, bodemafsl. |
| | ophoogzand | ophoogzand | | | | |
| | | 600 m2 | 600m2 | 500m2 | 480 m2 | 70m2 |
| index | | 100 | 480 | 1.850 | 775 | 6.750 |

| **begane grondvloer** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | zonder reductie | 164.841 | 183.612 | 80.911 | 68.077 | 46.234 |
| | met reductie | n.v.t | 141.603 | n.v.t | n.v.t | n.v.t |
| materiaal | grondvloer | kanaalplaat/PS/ anhydriet | kanaalpl/poly-ester-alu folie/ anh. (-40%) | kanaalpl/poly-ester-alu folie/ anhydriet | kleikorrels/PE/ zand cement | houten vloer |
| | oude vloer (EP) | polyester folie | PE-folie | oude vloer/kurk/ anhydriet | polyesterfolie | zand/PE/gew beton/EPS/zand |
| | folie | | | | vloer in oude gedeelte | |
| index | | 100 | 115 | 200 | 185 | 360 |

| **dak** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | zonder reductie | 182.838 | 125.460 | 26.245 | 22.552 | 21.337 |
| | met reductie | n.v.t | 93.866 | 17.811 | 16.157 | 20.959 |
| materiaal | dakconstructie | kanaalplaat/PS | kanaalplaat/kurk (-40%) | | | |
| | | | vuren dakbeschot/ geexpandeerde kurk | vuren dakbeschot/ kurk | vuren dakbeschot/ kurk | vuren dakbeschot/ kurk |
| | serre constructie | | glazen dak/vuren | dubbel glas/ vuren (zappi) (-80%) | glas serre HR+, (-5%) | dakramen van de serre, (-5%) |
| | oude dak | | kurk toegevoegd | kurk toegevoegd | kurk toegevoegd | kurk toegevoegd |
| index | | 100 | 195 | 1.050 | 1.150 | 875 |

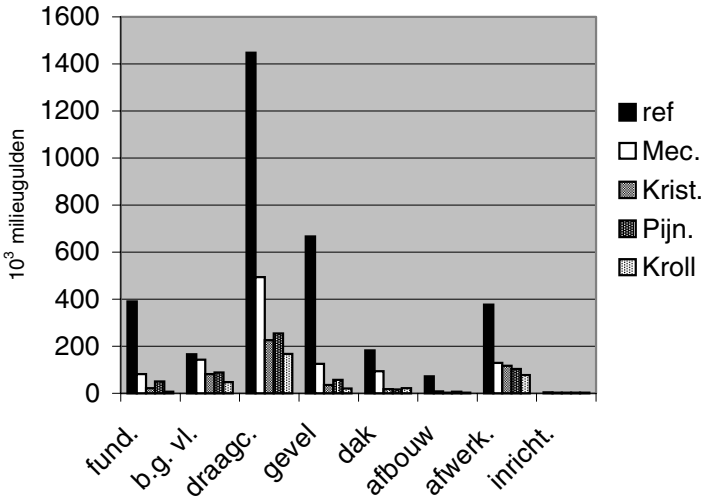
| **draag-constructie** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | zonder reductie | 1.447.153 | 752.341 | 225.348 | 405.138 | 167 |
| | met reductie, indien v. toepassing | n.v.t | 492.403 | n.v.t | 253.973 | n.v.t. |
| materiaal | kolommen | beton | Biobeton | beton | biobeton | beton |
| | Balken | beton | Biobeton | beton | Biobeton | beton |
| | Serre s, daken | vuren balken | vuren balken | vuren balken | vuren balken | vuren balken |
| | vloeren | betonvloer | kanaalplaten (-30%) | cellenbetonvloer | vuren houten vloer | vuren houten vloer |
| | tussenwanden | metalstut | vuren tussenwanden | leemsteen-metselwerk | leemsteen-metselwerk | Bestaande wanden |
| | trappen | beton | vuren | vuren | vuren | vuren |
| index | | 100 | 300 | 650 | 575 | 865.000 |

| **afwerking** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | | 377.126 | 128.896 | 116.270 | 102.593 | 77.874 |
| materiaal | gevelafwerking | aluminiumplaat | | | | |
| | pleister | sierpleister | cementpleister | leemstucwerk | leemstuc | leemstuc |
| | verf | highsolid | natuurverf | natuurverf | natuurverf | natuurverf |
| | plinten | meranti plinten | | europees zachthout | europees zachthout | europees zachthout |
| | afwerkvloeren | anhydriet | anhydriet | anhydriet | anhydriet | anhydriet |
| | vloerafwerking | vinyl vloerafw. | natuursteen, keram. tegels, hout | keramische tegels, kurk | keramische tegels, kurk | keramische tegels, kurk |
| | dakafwerking | bitumen | EPDM | EPDM | EPDM | EPDM |
| | ballast | grind, ballast | grind | grind | grind | grind |
| | profielen | aluminium profielen | | | | |
| | dakfolie | pvc dakfolies | PE | PE | PE | PE |
| | slabben | lood | EPDM | EPDM | EPDM | EPDM |
| index | | 100 | 290 | 320 | 370 | 480 |

| **afbouw** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | | 72.161 | 8.117 | 2.126 | 6.076 | 1.838 |
| materiaal | | | | | | |
| | ballustrade | beton/staal ballustrades | staal/hout ballustrades | europees zachthout ballustra | europees zachthout, ballust | europees zachthout, ballust |
| index | | 100 | 900 | 3.400 | 1.200 | 3.900 |

| **inrichting** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | | 3.680 | 2.162 | 2.246 | 2.540 | 2.540 |
| materiaal | keukenblok | multiplex keukenblok 13 st | multiplex keukenblok 7stks | multiplex keukenblok 7stks | multiplex keukenblok 10stks | multiplex keukenblok 10stks |
| | aanrechtblad | rvs aanrechtblad | europees zachthout 30 stks | multiplex 7stk | multiplex 10stk | multiplex 10stk |
| | toilet | porelein toilet,30st | porcelein toilet 30stks | porcelein toilet 30stks | porcelein toilet 30stks | porcelein toilet 30stks |
| | wastafel | porcelein, 30 st | porcelein wastafel 23stks | porcelein wastafel 30stks | porcelein wastafel 30stks | porcelein wastafel 30stks |
| index | | 100 | 170 | 165 | 145 | 145 |

| **terrein** | | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten | | 78.344 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| materiaal | terrein behandeling | asfalt | tuininrichting | tuinrichting | tuinrichting | tuininrichting |
| | drainage | PVC, drainage buizen | | | | |
| index | | 100 | >2000 | >2000 | >2000 | >2000 |




Figuur 6
Milieukosten per constructiedeel

Grafische weergave van de verdeling van de milieu-lasten t.g.v. materialen over de constructies.

Duidelijk is dat de zware constructiedelen (met name de draagconstructie) de grootste milieubelasting met zich mee brengen. Dit wordt vooral veroorzaakt door het gebruik van steenachtige materialen (beton).

Ook afwerking ligt hoog. Een belangrijk onderdeel daarin zijn de dekvloeren. In paragraaf 6.5 wordt nader ingegaan op de afzonderlijke constructies.

## 6.5 Milieukosten per constructie

### 6.5.1 Fundering

Voor de referentie is uitgegaan van fundering op palen. Bij de DTO-projecten is er van uitgegaan dat palen niet nodig zijn op deze locatie.
Voor de bodemafsluiting wordt een PE-folie i.p.v. een pvc-folie toegepast.
Bij Mecanoo (80% nieuwbouw) leidt het weglaten van palen en het gebruik maken van biobeton tot een index van ca 500. Zodra gebruik gemaakt wordt van (gedeelten van) het bestaande gebouw, stijgt de index sterk.
De resultaten voor het gebouw als geheel geven echter niet goed aan wat de verbetering is, die in technologische zin wordt bereikt. Daarvoor moet worden genormeerd op functionele eenheid. In dit geval is dat $m^1$ fundering.

Per $m^1$ fundering blijft de milieuwinst beperkt tot een index van 167 - 277.
Het verschil tussen kalkzandsteen funderingsstroken (Kristinsson) of balken van biobeton (Mecanoo en Pijnenborgh) is niet significant.

Tabel 10: Overzicht milieukosten fundering per ontwerp en per $m^1$ fundering

| | | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|---|
| lengte funderingsbalken | ($m^1$) | 800 | 400 | 120 | 250 | 20 |
| milieukosten fundering | ( f ) | 390789 | 81760 | 21185 | 50987 | 5843 |
| index fundering | | 100 | 478 | 1845 | 766 | 6688 |
| kosten per $m^1$ fundering | ($f/m^1$) | 488 | 204 | 177 | 204 | 292 |
| index per $m^1$ fundering | | 100 | 239 | 277 | 240 | 167 |

Verbeteringen kunnen, binnen de huidge funderingsconcepten, naar verwachting het beste worden gezocht in toepassing van zoveel mogelijk secundair materiaal.

### 6.5.2 Begane grondvloer

Door toepassing van minder milieubelastende vloertypen (kanaalplaatvloeren, vermindering van de hoeveelheid beton) wordt een (beperkte) verbetering bereikt.
De grootste verbetering volgt ook hier uit het zoveel mogelijk gebruik maken van het bestaande gebouw. Door toepassen van anhydriet afwerkvloeren op de bestaande houten vloeren wordt echter weer een aanzienlijke milieubelasting geïntroduceerd.

Tabel 11: Overzicht milieukosten begane grondvloer per ontwerp en per $m^2$ vloer

| | | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|---|
| oppervlakte beg. grondvl. | ($m^2$) | 616 | 1140 | 1126 | 1370 | 1129 |
| milieukosten b.g. | ( f ) | 164841 | 141603 | 80911 | 88077 | 46234 |
| index begane grondvloer | | 100 | 116 | 204 | 187 | 357 |
| kosten per $m^2$ b.g. | ($f/m^2$) | 268 | 124 | 72 | 64 | 41 |
| index per $m^2$ b.g. | | 100 | 215 | 372 | 416 | 653 |

Verlagen van de milieukosten kan worden bereikt door, voor beton, zoveel mogelijk gebruik te maken van secundaire materialen, maar vooral door gebruik maken van vernieuwbare grondstoffen zoals hout. Voor afwerkvloeren moeten alternatieven worden gezocht met minder milieubelastende materialen. Daarbij moet, bij houten vloeren, aandacht worden besteed aan

de geluidisolatie. Ook met droge vloeren (gipsvezelplaten, parket) kunnen veelal voldoende resultaten worden bereikt.

### 6.5.3 Gevels

Door het toepassen van houten kozijnen i.p.v. aluminium ontstaat maar een beperkte reductie (index 139 - 157) op de milieukosten van de vensters op zich. Daarnaast is het aandeel van de vensters in de totale milieukosten door de gevels beperkt.
Dat betekent dat de keuze van materialen voor de dichte delen en vooral het zo mogelijk handhaven van bestaande gevels zeer belangrijk is. Afhankelijk van het percentage nieuwbouw (80% Mecanoo, 5 – 35% anderen) stijgt de index voor de gevel als geheel naar 235 respectievelijk 436 – 1607.

Doordat de vier ontwerpen echter gemiddeld een factor 2,4 minder geveloppervlakte hebben wordt de winst op het totaal veel groter: 534 respectievelijk 1193 – 3338.
Overigens is dit een enigszins geflatteerd resultaat omdat de binnengevels (in de serres) als binnenwanden bij draagconstructies zijn opgenomen.

Bij de drie ontwerpen waarin veel van het bestaande gebouw gehandhaafd blijft, is dit handhaven de belangrijkste reden van de grote besparing op milieukosten.

Tabel 12: Overzicht milieukosten gevel per ontwerp en per $m^2$ gevel

| | | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|---|
| oppervlakte vensters | ($m^2$) | 983 | 721 | 529 | 504 | 531 |
| oppervlakte gesloten | ($m^2$) | 2842 | 963 | 984 | 895 | 1311 |
| totaal | ($m^2$) | 3825 | 1684 | 1513 | 1399 | 1842 |
| | | | | | | |
| milieukosten vensters | ( f ) | 26940 | 14246 | 10200 | 9970 | 9260 |
| milieukosten gesloten | ( f ) | 639875 | 110684 | 25692 | 45921 | 10718 |
| totaal | ( f ) | 666815 | 124930 | 35892 | 55891 | 19978 |
| | | | | | | |
| index vensters | | 100 | 189 | 264 | 270 | 291 |
| index gesloten | | 100 | 578 | 2491 | 1393 | 5970 |
| totaal | | 100 | 534 | 1858 | 1193 | 3338 |
| | | | | | | |
| kosten per $m^2$ venster | (f/$m^2$) | 27 | 20 | 19 | 20 | 17 |
| kosten per $m^2$ gesloten | (f/$m^2$) | 225 | 115 | 26 | 51 | 8 |
| totaal | (f/$m^2$) | 174 | 74 | 24 | 40 | 11 |
| | | | | | | |
| index per $m^2$ venster | | 100 | 139 | 142 | 139 | 157 |
| index per $m^2$ gesloten | | 100 | 196 | 862 | 439 | 2754 |
| totaal | | 100 | 235 | 735 | 436 | 1607 |

### 6.5.4 Draagconstructie

Bij de referentie bestaat de draagconstructie[1] uit betonnen kolommen en balken (met 20% puingranulaat) en in het werk gestorte verdiepingvloeren.
De scheidingswanden zijn van gipskartonplaat op stalen stijlen, met een vulling van minerale wol.
De winst bij de DTO-projecten komt met name voort uit toepassing van kanaalplaat-vloeren o.d., waardoor een forse besparing op materiaal wordt bereikt. Kolommen en balken zijn waar mogelijk (met name bij de serres) van (gelamineerd) hout.
Daarnaast wordt voor beton op zich bij Pijnenborgh en Mecanoo uitgegaan van “biobeton”, zie ook § 5.1. De grootste besparing wordt echter bereikt door het zo veel mogelijk gebruik maken van het bestaande gebouw.
Ook op het gebied van de niet dragende scheidingswanden zijn er verbeteringen. De wanden in de DTO-projecten zijn van gipskartonplaat op houten stijlen, met een vulling van cellulosevlokken. Gezien het relatief beperkte aandeel van de scheidingswanden op de totale milieukosten, heeft deze verbetering zijn slechts een geringe invloed op het eindresultaat.

Tabel 13: Overzicht milieukosten draagconstructie per ontwerp en per m² b.v.o.

| | | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|---|
| bruto vloeroppervlakte | (m²) | 4099 | 3940 | 3743 | 4214 | 3278 |
| milieukosten draagconstr. | ( f ) | 1447153 | 492403 | 225348 | 253973 | 167 |
| index draagconstructie | | 100 | 294 | 642 | 570 | >2000 |
| kosten per m² b.v.o. | (f/m²) | 353 | 125 | 60 | 60 | 0 |
| index per m² b.v.o. | | 100 | 282 | 586 | 586 | >2000 |

### 6.5.5 Afwerking

Bij afwerking wordt de verbetering bereikt door het toepassen van minder milieubelastende materialen en door het weglaten van bepaalde, niet noodzakelijke afwerkingen. Ook hier leidt gebruik maken van het bestaande gebouw tot de grootste winst. Doordat in alle projecten gebruik gemaakt wordt van anhydriet afwerkvloeren op de houten vloeren, blijft de winst beperkt. Daardoor is ook het aandeel van de afwerking in de totale milieukosten voor materialen groot. Bij de referentie is dit 11% en bij de DTO-projecten 12 - 44%.

Tabel 14: Overzicht milieukosten afwerking per ontwerp en per m² b.v.o

| | | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|---|
| bruto vloeroppervlakte | (m²) | 4099 | 3940 | 3743 | 4214 | 3278 |
| milieukosten afwerking | ( f ) | 377126 | 128896 | 116270 | 102593 | 77874 |
| index afwerking | | 100 | 293 | 324 | 368 | 484 |
| kosten per m² b.v.o. | (f/m²) | 92 | 33 | 31 | 24 | 24 |
| index per m² b.v.o. | | 100 | 281 | 296 | 378 | 387 |

Omdat in de post afwerking zeer veel verschillende materialen en constructies zijn toegepast wordt hier nog een keer in detail naar gekeken. In tabel 15 wordt van de in de referentie gebruikte afwerkingen de mogelijke verbetering gegeven, op basis van in de DTO-projecten toegepaste materialen. Daarbij worden dezelfde hoeveelheden als in de referentie gebruikt, behalve uiteraard voor de afwerkingen waarvan wordt gesteld dat ze niet nodig zijn.

[1] In de rubriek draagconstructies zijn opgenomen:
- kolommen en balken
- dragende wanden
- niet dragende wanden
- verdiepingvloeren (niet begane grondvloer en dak)

Tabel 15: Te bereiken winst op afwerking

| | omschrijving | funct. eenh. $m^1$ of $m^2$ | kosten f per 1000 | kosten totaal ref. | alt. | winst |
|---|---|---|---|---|---|---|
| referentie | aluminium gevelbeplating | 965 | 23912 | 23075 | | |
| alternatief | beplating weglaten | | | | | 23075 |
| referentie | bitumendakbedekking | 1100 | 10770 | 11847 | | |
| alternatief | EPDM dakbedekking | 1100 | 4026 | | 4429 | 7418 |
| referentie | pvc dakfolie | 1100 | 1060 | 1166 | | |
| alternatief | pe dakfolie | 1100 | 720 | | 792 | 374 |
| referentie | loodslabben | 100 | 81668 | 8167 | | |
| alternatief | EPDM slabben | 100 | 2530 | | 253 | 7914 |
| referentie | pur afdichtingen | 400 | 3031 | 1212 | | |
| alternatief | natuurkit afdichtingen | 400 | 213 | | 85 | 1127 |
| referentie | plafondhangers aluminium | 6850 | 7546 | 51690 | | |
| alternatief | plafondh. hout en minder | 3425 | 242 | | 829 | 50861 |
| referentie | plafond houtwolmagnesiet | 3200 | 5157 | 16502 | | |
| alternatief | minder plafondafwerking | 1600 | 5157 | | 8251 | 8251 |
| referentie | cementpleiser wandafwerking | 3000 | 13255 | 39765 | | |
| alternatief | leemstuc wandafwerking | 3000 | 6967 | | 20901 | 18864 |
| referentie | keramische tegels, geglaz. | 440 | 12987 | 5714 | | |
| alternatief | minder tegelwerk | 100 | 12987 | | 1299 | |
| | afwerking leemfinish | 300 | 1672 | | 502 | 3914 |
| referentie | sierpleister | 800 | 5203 | 4162 | | |
| alternatief | leemfinish | 800 | 1672 | | 1338 | 2825 |
| referentie | dekvloer anhydriet | 3200 | 36182 | 115782 | | |
| alternatief | dekvloer anhydriet (minder) | 2500 | 36182 | | 90455 | 25327 |
| referentie | vinyl vloerbedekking | 3200 | 15824 | 50637 | | |
| alternatief | kurk vloerbedekking | 3200 | 427 | | 1366 | 49270 |
| referentie | meranti plinten | 3250 | 611 | 1986 | | |
| alternatief | vuren plinten en minder | 1000 | 50 | | 50 | 1936 |
| totaal | milieukosten (hoeveelh. ref.) | | | 331706 | 130549 | 201157 |
| | index | | | | 254 | |
| totaal | exclusief dekvloeren | | | 215924 | 40094 | 175830 |
| | index | | | | 539 | |

Tabel 14 en 15 laten zien dat de index voor het gebouw als geheel blijft steken op ca 293 - 484. Als uitgegaan wordt van de hoeveelheden van de referentie, wordt dit zelfs ca 254. De grootste belasting zit bij de afwerking in de dekvloeren. Wanneer deze buiten beschouwing worden gelaten blijkt de index voor de overige afwerkingen index op 539 te liggen. Verwacht mag worden dat door verdere ontwikkeling op het gebied van materialen, maar vooral ook door het vermijden van de noodzaak tot verdere afwerking (door materialen te kiezen die niet verder afgewerkt behoeven te worden) nog een verdere verbetering mogelijk is. Gezien het relatief grote aandeel in de totale milieukosten door materialen (in de DTO-projecten 12 – 44 %) is deze ontwikkeling ook nodig.

### 6.5.6 Afbouw

De verbetering die bij de afbouw wordt bereikt ligt met name in het kiezen voor houten trappen en balustrades in plaats van trappen en balustrades van beton en staal. Daarnaast wordt een grote winst geboekt door gebruik maken van het bestaande gebouw.
Het aandeel van de afbouw in de totale milieukosten voor materialen is bij de referentie 2 % en bij de DTO-projecten 0 – 1 %. Dat betekent dat de invloed van deze verbeteringen op het eindresultaat zeer gering is.[2]

Tabel 16: Overzicht milieukosten afbouw per ontwerp en per m² b.v.o

| | | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|---|
| bruto vloeroppervlakte | (m²) | 4099 | 3940 | 3743 | 4214 | 3278 |
| milieukosten afbouw | ( f ) | 72161 | 8117 | 2126 | 6076 | 1838 |
| index afbouw | | 100 | 889 | 3394 | 1188 | 3926 |
| kosten per m² b.v.o. | (f/m²) | 18 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| index per m² b.v.o. | | 100 | 855 | 3099 | 1221 | 3140 |

### 6.5.7. Inrichting

Inrichting betreft bij deze projecten met name keukeninrichting (een enkel aanrecht) en sanitaire apparatuur (closetpotten e.d.). Daarbij is een beperkte winst mogelijk.
Het aandeel van de inrichting op het totaal van de materialen is echter zeer beperkt

Tabel 17: Milieukosten inrichting per ontwerp en per m² b.v.o

| | | referentie | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|---|
| bruto vloeroppervlakte | (m²) | 4099 | 3940 | 3743 | 4214 | 3278 |
| milieukosten inrichting | ( f ) | 3680 | 2162 | 2246 | 2540 | 2540 |
| index inrichting | | 100 | 170 | 164 | 145 | 145 |
| kosten per m² b.v.o. | (f/m²) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| index per m² b.v.o. | | 100 | 164 | 150 | 149 | 116 |

### 6.5.8 Terrein

Voor de inrichting van het terrein wordt, ten opzichte van de bij de referentie meegenomen zaken, uitsluitend natuurlijk materiaal toegepast: tuininrichting. Het weglaten van de steenachtige verharding (asfalt) levert een aanzienlijke besparing op. De milieukosten hiervoor bij de referentie bedragen 78.344 milieuguldens. Bij de DTO-projecten zou deze post 7 – 31% als aandeel in de milieukosten hebben opgeleverd.

## 6.6 Milieukosten energie

Om de milieukosten van het energiegebruik inzichtelijk en vergelijkbaar te maken worden de uitkomsten gegeven voor het gebouw als totaal en, in afzonderlijke tabellen, per energieverliespost. In § 5.2 en bijlage 5 wordt de wijze waarop de besparingen worden bereikt nader beschreven.
Het totale gebruik wordt ook gegeven per m² bruto vloeroppervlakte en per werknemer (150 voor de referentie, 300 voor de DTO-projecten). Daarnaast wordt aangegeven welk percentage de energie bijdraagt in de totale milieukosten van het ontwerp.

[2] De post afbouw betreft in deze vergelijking alleen trappen en balustrades. Andere elementen, die normaliter bij afbouw worden gerekend, zoals (verplaatsbare) binnenwanden, gevelbekleding, dakbedekking, enz., zijn in dit rapport ondergebracht bij de rubrieken draagconstructies en afwerking.

Tabel 18: Samenvatting milieukosten voor energiegebruik (scenario 1, 2040)

| **Milieukosten energie** | **Referentie** (150 fte) | **Mecanoo** (300 fte) | **Kristinsson** (300 fte) | **Pijnenborgh** (300 fte) | **Kroll** (300 fte) |
|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten energie gebouw | 3.913.826 | 18.403 | 14.640 | 8.075 | 19.055 |
| % van totaal | 45% | 1% | 2% | 1% | 6% |
| index energie gebouw | 100 | 21.000 | 27.000 | 48.000 | 21.000 |
| mil. kosten energie / $m^2$ bvo | 950 | 4,70 | 4,20 | 1,90 | 5,80 |
| index t.o.v. kosten / $m^2$ | 100 | 20.000 | 23.000 | 50.000 | 16.500 |
| mil. kosten energie per fte | 26.000 | 60 | 50 | 25 | 65 |
| index t.o.v. kosten p werkn | 100 | 43.000 | 53.000 | 97.000 | 41.000 |

Tabel 19: Overzicht energiegebruik afzonderlijke posten (scenario 1, 2040)

| **Milieukosten energie** | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|
| **verwarming** | 1.986.536 | 8.395 | 2.969 | 0 | 10.749 |
| index | 100 | 24.000 | 67.000 | n.v.t. | 18.500 |
| **koeling** | 149.993 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t | n.v.t | n.v.t | n.v.t |
| **ventilatoren** | 276.665 | 0 | 3.859 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t. | 4.800 | n.v.t. | n.v.t. |
| **verlichting** | 343.660 | 0 | 0 | 6.135 | 0 |
| index | 100 | n.v.t. | n.v.t. | 5.500 | n.v.t. |
| **tapwater** | 83.948 | 768 | 614 | 0 | 614 |
| index | 100 | 11.000 | 13.500 | n.v.t. | 13.500 |
| **pompen** | 43.927 | 572 | 446 | 499 | 478 |
| index | 100 | 11.000 | 19.000 | 17.000 | 17.500 |
| **apparatuur** | 531.148 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. | n.v.t. |
| **liften** | 497.952 | 8.668 | 6.752 | 7.576 | 7.214 |
| index | 100 | 5.750 | 7.500 | 6.500 | 7.000 |
| **totaal** | 3.913.826 | 18.403 | 14.640 | 8.075 | 19.055 |
| index | 100 | 21.000 | 27.000 | 48.000 | 21.000 |

Uit tabel 18 en 19 blijkt dat, doordat in de projecten uitgegaan wordt van (vrijwel uitsluitend) gebruik van duurzame energiebronnen, de index voor energiegebruik nog een factor 10-50 hoger ligt dan wordt nagestreefd.
De milieukosten voor energiegebruik vertegenwoordigen slechts 1 – 6% van de totale milieukosten.
Bij het ontwerpen van de gebouwinstallaties zelf, zijn ook aanzienlijke besparingen bereikt, maar het resultaat wordt vooral veroorzaakt door de enorme vooruitgang op het gebied van de energie(electriciteits)opwekking.

In tabel 20 en 21 worden de cijfers getoond voor de situatie dat (nog) niet maximaal van duurzame energiebronnen gebruik kan worden gemaakt (scenario 2, 2015).

Tabel 20: Samenvatting milieukosten voor energiegebruik (scenario 2, 2015)

| **Milieukosten energie** | **Referentie** (150 fte) | **Mecanoo** (300 fte) | **Kristinsson** (300 fte) | **Pijnenborgh** (300 fte) | **Kroll** (300 fte) |
|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten energie gebouw | 3.913.826 | 307.193 | 244.037 | 134.568 | 318.388 |
| % van totaal | 45% | 19% | 25% | 14% | 43% |
| index energie gebouw | 100 | 1.250 | 1.600 | 2.900 | 1.250 |
| mil. kosten energie / $m^2$ bvo | 955 | 78 | 70 | 32 | 97 |
| index t.o.v. kosten / $m^2$ | 100 | 1.250 | 1.350 | 3.000 | 975 |
| mil. kosten energie per fte | 26092 | 1.024 | 813 | 449 | 1.061 |
| index t.o.v. kosten p werkn | 100 | 2.500 | 3.200 | 5.750 | 2.500 |

Tabel 21: Overzicht energiegebruik afzonderlijke posten (scenario 2, 2015)

| **Milieukosten energie** | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|
| **verwarming** | 1.986.536 | 140.305 | 49.754 | 0 | 179.515 |
| index | 100 | 1.400 | 4.000 | n.v.t. | 1.100 |
| **koeling** | 149.993 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t | n.v.t | n.v.t | n.v.t |
| **ventilatoren** | 276.665 | 0 | 64.334 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t. | 430 | n.v.t. | n.v.t. |
| **verlichting** | 343.660 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t. | n.v.t. | 350 | n.v.t. |
| **tapwater** | 83.948 | 12.848 | 9.982 | 0 | 10.647 |
| index | 100 | 650 | 850 | n.v.t. | 800 |
| **pompen** | 43.927 | 9.560 | 7.450 | 8.348 | 7.959 |
| index | 100 | 460 | 600 | 525 | 550 |
| **apparatuur** | 531.148 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t. | n.v.t. | 650 | n.v.t. |
| **liften** | 497.952 | 144.480 | 112.518 | 126.221 | 120.267 |
| index | 100 | 340 | 440 | 390 | 410 |
| **totaal** | 3.913.826 | 307.193 | 244.037 | 134.568 | 318.388 |
| index | 100 | 1.250 | 1.600 | 2.900 | 1.250 |

Tabel 20 en 21 laten zien, dat ook zonder volledige inzet van duurzame energiebronnen, voor energiegebruik een index van 2.000 (de streefwaarde) haalbaar moet zijn. Het resultaat door rendementsverbeteringen en vernieuwingen in installatieconcepten leidt op gebouwniveau voor de verschillende ontwerpen tot een index 1250 – 2900. Als wordt gekeken naar de milieukosten per werknemer dan wordt dit 2500 – 5750.

In tabel 22 en 23 tenslotte worden de resultaten getoond, zoals die in de huidige situatie wat betreft energieopwekking, zouden gelden. Dit is de uitvoer rechtstreeks uit de GreenCalc-berekeningen. Hieruit blijkt dat door meer rekening te houden met het energiegebruik in een basisontwerp, hiervoor al een index van 190 – 320 kan worden bereikt. Globaal dus ruim een halvering van de door energiegebruik veroorzaakte milieukosten. Per werknemer wordt het zelfs 380 – 650. Het lijkt echter niet reëel om al voor de korte termijn van een 2 maal zo intensief gebruik van de gebouwen uit te gaan.

Tabel 22: Samenvatting milieukosten voor energiegebruik (scenario 3, 1999)

| **Milieukosten energie** | **Referentie** (150 fte) | **Mecanoo** (300 fte) | **Kristinsson** (300 fte) | **Pijnenborgh** (300 fte) | **Kroll** (300 fte) |
|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten energie gebouw | 3.913.826 | 2.065.389 | 1.210.692 | 1.728.505 | 1.745.209 |
| % van totaal | 45% | 46% | 39% | 47% | 53% |
| index energie gebouw | 100 | 190 | 320 | 230 | 220 |
| mil. kosten energie / $m^2$ bvo | 955 | 524 | 349 | 410 | 532 |
| index t.o.v. kosten / $m^2$ | 100 | 180 | 270 | 230 | 180 |
| mil. kosten energie per fte | 26092 | 6885 | 4036 | 5762 | 5817 |
| index t.o.v. kosten p werkn | 100 | 380 | 650 | 450 | 450 |

Tabel 23: Overzicht energiegebruik afzonderlijke posten (scenario 3, 1999)

| **Milieukosten energie** | **referentie** | **Mecanoo** | **Kristinsson** | **Pijnenborgh** | **Kroll** |
|---|---|---|---|---|---|
| **verwarming** | 1.986.536 | 1.262.693 | 447.868 | 1.027.436 | 1.077.139 |
| index | 100 | 165 | 480 | 175 | 180 |
| **koeling** | 149.993 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t | n.v.t | n.v.t | n.v.t |
| **ventilatoren** | 276.665 | 0 | 137.860 | 0 | 0 |
| index | 100 | n.v.t. | 135 | n.v.t. | n.v.t. |
| **verlichting** | 343.660 | 277.851 | 216.405 | 242.660 | 231.215 |
| index | 100 | 110 | 105 | 115 | 125 |
| **tapwater** | 83.948 | 46.171 | 35.934 | 40.336 | 38.391 |
| index | 100 | 160 | 155 | 165 | 185 |
| **pompen** | 43.927 | 20.491 | 15.960 | 17.892 | 17.052 |
| index | 100 | 190 | 185 | 195 | 215 |
| **apparatuur** | 531.148 | 148.580 | 115.736 | 129.712 | 123.701 |
| index | 100 | 295 | 290 | 305 | 340 |
| **liften** | 497.952 | 309.603 | 241.112 | 270.470 | 257.712 |
| index | 100 | 150 | 150 | 155 | 175 |
| **totaal** | 3.913.826 | 2.065.389 | 1.210.692 | 1.728.505 | 1.745.209 |
| index | 100 | 190 | 320 | 230 | 220 |

## 6.7 Milieukosten water

De uitkomsten van GreenCalc wat betreft de milieukosten van drinkwater zijn handmatig aangepast, zoals beschreven in paragraaf 5.3. In tabel 24 is af te lezen wat de totale milieukosten voor drinkwater zijn, welk percentage drinkwatergebruik vertegenwoordigt van de totale milieukosten en wat het watergebruik per werknemer is. En natuurlijk wordt de index vermeld.
Voor het drinkwatergebruik wordt in de referentie uitgegaan van 48 liter per dag per werknemer. In de DTO-projecten is dit teruggebracht tot 2,5 per persoon per dag. Dit is alleen het consumptiewater. Voor het overige water wordt o.a gebruik gemaakt van op eigen terrein gezuiverd regenwater. Vooralsnog lijkt een gebruik van 2,5 liter per persoon per dag voor consumptiewater echter wel een absoluut minimum.

Tabel 24: Samenvatting milieukosten voor watergebruik (scenario 1, 2040)

| **Milieukosten watergebruik** | **Referentie** (150 fte) | **Mecanoo** (300 fte) | **Kristinsson** (300 fte) | **Pijnenborgh** (300 fte) | **Kroll** (300 fte) |
|---|---|---|---|---|---|
| milieukosten water gebouw | 978.345 | 102.250 | 102.250 | 102.250 | 102.250 |
| % van totaal | 11% | 8% | 16% | 14% | 30% |
| index water gebouw | 100 | 950 | 950 | 950 | 950 |
| mil. kosten water / $m^2$ bvo | 239 | 26 | 29 | 24 | 31 |
| index t.o.v. kosten / $m^2$ bvo | 100 | 925 | 800 | 975 | 775 |
| mil. kosten water per fte | 6522 | 341 | 341 | 341 | 341 |
| index t.o.v. kosten per fte | 100 | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 |

Voor het gebouw als geheel ligt de index nog maar op de helft van de streefwaarde. Dit beïnvloedt het totaalresultaat van de projecten echter maar in beperkte mate, doordat het aandeel van drinkwatergebruik maar een relatief klein gedeelte van de totale milieukosten vormt. Overigens verblijven door het intensievere gebruik van het gebouw in de DTO-projecten gemiddeld over de tijd twee keer zoveel werknemers. Per werknemer is de index daardoor twee keer zo hoog.
Als het benodigde drinkwater geheel op eigen terrein zou worden vervaardigd (bijvoorbeeld uit regenwater) en ook al het afvalwater op het eigen terrein blijft, dan kunnen de milieukosten door watergebruik in beginsel vrijwel geheel vervallen.
Het spreekt vanzelf dat de kwaliteit van het water uit oogpunt van volksgezondheid ook in een zodanige situatie moet zijn gewaarborgd.

## 6.8 Milieukosten mobiliteit

De milieubekosten als gevolg van de mobiliteit worden voor scenario 1 (2040) weergegeven in tabel 25. De GreenCalc uitkomsten zijn aangepast omdat rekening gehouden wordt met het feit dat treinen, auto en busvervoer een factor 5 respectievelijk 10 zuiniger worden, zie paragraaf 5.4.

Tabel 25: Samenvatting milieukosten voor mobiliteit (scenario 1, 2040)

| **Milieukosten watergebruik** | **Referentie** (150 fte) | **Mecanoo** (300 fte) | **Kristinsson** (300 fte) | **Pijnenborgh** (300 fte) | **Kroll** (300 fte) |
|---|---|---|---|---|---|
| Milieuk. mobiliteit gebouw | 459.187 | 40.000 | 40.000 | 40.000 | 40.000 |
| % van totaal | 5% | 3% | 6% | 6% | 12% |
| index mobiliteit gebouw | 100 | 1.150 | 1.150 | 1.150 | 1.150 |
| mil. kosten mobiliteit/$m^2$ bvo | 112 | 10 | 12 | 9 | 12 |
| index t.o.v. kosten / $m^2$ bvo | 100 | 1.100 | 975 | 1.200 | 925 |
| mil. kosten mobilteit per fte | 3061 | 133 | 133 | 133 | 133 |
| index t.o.v. kosten per fte | 100 | 2.300 | 2.300 | 2.300 | 2.300 |

Per werknemer wordt de index van 2000 gehaald. Voor het gebouw als geheel ligt de index twee keer zo laag. Dat is een logisch gevolg van het feit dat de bezetting van het gebouw twee maal zo hoog is aangehouden als bij de referentie.

Als variant worden in tabel 26 de milieukosten gegeven voor de situatie waarbij niet op grote schaal van duurzame energiebronnen gebruik wordt gemaakt (scenario 2, 2015). De index voor de door mobiliteit veroorzaakte milieukosten blijft dan steken op 650. Door het beperkte aandeel in de totale kosten (9 – 19 %) zou de invloed hiervan op het bereiken van de gewenste index voor het geheel relatief gering kunnen zijn, als tegelijkertijd ook het energiegebruik van het gebouw zelf niet te hoog zou worden door het te weinig gebruik maken van duurzame bronnen.

Tabel 26: Samenvatting milieukosten voor mobiliteit (scenario 2, 2015)

| **Milieukosten watergebruik** | **Referentie** (150 fte) | **Mecanoo** (300 fte) | **Kristinsson** (300 fte) | **Pijnenborgh** (300 fte) | **Kroll** (300 fte) |
|---|---|---|---|---|---|
| Milieuk. mobiliteit gebouw | 459.187 | 144.000 | 144.000 | 144.000 | 144.000 |
| % van totaal | 5% | 9% | 15% | 15% | 19% |
| index mobiliteit gebouw | 100 | 320 | 320 | 320 | 320 |
| mil. kosten mobiliteit/$m^2$ bvo | 112 | 37 | 41 | 34 | 44 |
| index t.o.v. kosten / $m^2$ bvo | 100 | 310 | 270 | 330 | 260 |
| mil. kosten mobilteit per fte | 3061 | 480 | 480 | 480 | 480 |
| index t.o.v. kosten per fte | 100 | 650 | 650 | 650 | 650 |

Voor de lange termijn zorgt de vooruitgang op het gebied van energieopwekking voor de belangrijkste daling van de milieukosten t.g.v. mobiliteit. Vooralsnog blijft de locatiekeuze t.o.v. het openbaar vervoer echter de belangrijkste parameter bij het ontwikkelen van kantoorhuisvesting.

# 7 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de resultaten van de studie kort samengevat, conclusies geformuleerd en aanbevelingen voor verder onderzoek opgesteld. Het hoofdstuk besluit met een opsomming van aandachtspunten bij de relaisatie van huisvesting.

## 7.1 Samenvatting resultaten van de studie

In tabel 27 worden de resultaten van de studie nog een keer kort samengevat.
Daarbij wordt alleen de bereikte index gegeven. Een index 2000 betekent dat de milieukosten een factor 20 lager zijn dan in 1990 (index 100).
In het DTO-programma is de doelstelling voor de vemindering van de mondiale milieu-belasting: “factor 20”.
Bedacht moet worden dat de index niet op alle onderdelen behoeft te worden behaald. Maat-gevend is de index voor de uitoefening van een bepaalde, te huisvesten functie als geheel.

Tabel 27: Samenvatting resultaten te bereiken milieu-indices

| onderdeel/scenario | gebouwniveau | per m2 bvo | per werknemer (fte) |
|---|---|---|---|
| **gebouw als geheel** | | | |
| 2040 (DT0) | 700 - 2600 | 675 - 2100 | 1400 - 5250 |
| 2015 | 525 - 1200 | 525 - 950 | 1050 - 2400 |
| 1999 | 195 - 280 | 185 - 240 | 390 - 575 |
| **materialen** | | | |
| 2040 (DT0) | 310 - 1950 | 300 - 1550 | 625 - 3900 |
| 2015 | 310 - 1950 | 300 - 1550 | 625 - 3900 |
| 1999 | 310 - 1950 | 300 - 1550 | 625 - 3900 |
| **energie** | | | |
| 2040 (DT0) | 21000 - 48000 | 16500 - 50000 | 41000 - 97000 |
| 2015 | 1250 - 2900 | 975 - 3000 | 2500 - 5750 |
| 1999 | 190 - 320 | 180 - 270 | 380 - 650 |
| **water** | | | |
| 2040 (DT0) | 950 | 775 - 975 | 1900 |
| 2015 | 950 | 775 - 975 | 1900 |
| 1999 | 95 | 75 - 100 | 190 |
| **mobiliteit** | | | |
| 2040 (DT0) | 1150 | 925 - 1200 | 2300 |
| 2015 | 320 | 260 - 330 | 650 |
| 1999 | 135 | 110 - 140 | 270 |

## 7.2 Conclusies

Op basis van deze studie kunnen de volgende conclusies worden geformuleerd:

1 Een hoge index voor het ontwerp als geheel ontstaat alleen als het bestaande gebouw maximaal wordt benut en slechts marginale toevoegingen plaatsvinden; deze studie spreekt zich overigens niet uit over de mate van passendheid voor de gewenste functie (gebruikswaarde), bij een zeer hoge mate van hergebruik
2 De beperking ligt in de milieukosten ten gevolge van de materialen en met name in de draagconstructie. Bij nieuwbouw lijkt, bij handhaving van de huidige constructieprincipes (betonbouw), ondanks toepassing van secundaire grondstoffen, vooralsnog op dit onderdeel hooguit een index van naar schatting 250 te bereiken; deze index moet overigens wel nu al haalbaar worden geacht
3 Een index 2000 (20 maal beter) ligt niet zonder meer binnen bereik. Deze studie laat zien dat noodzaak bestaat voor:
   - intensivering van het gebruik van gebouwen
   - een zorgvuldig ontwerpproces, met hergebruik waar mogelijk
   - permanent de meest veelbelovende technologieën toe te passen
   - exploratie van duurzame energiebronnen
4 Door te ontwerpen met aandacht voor het energie-aspect kan nu al een index van ca 250 worden bereikt voor het energiegebruik. Op middellange termijn lijkt via voortzetting van de verbetering van de afstemming tussen gebouw (bouwfysica) en installaties, ontwikkelen van nieuwe klimatiseringsconcepten, efficiencyverbetering van warmteopwekking en een 1,5 maal verbeterd rendement bij electriciteitsopwekking, zowel bij nieuwbouw als renovatie een index van 1250 – 2900 haalbaar. Voor de lange termijn (DTO-horizon 2040) zou de milieubelasting door energie, door grootschalig gebruik van duurzame bronnen geen probleem meer moeten vormen.
5 Wat betreft milieukosten ten gevolge van watergebruik wordt, per persoon, de index van 2000 vrijwel bereikt. De restrictie daarbij is een gebruik van ca 2,5 liter drinkwater per persoon, per dag. Al het overige water is afkomstig uit eigen kringloop. Kanttekening hierbij is dat naar huidige begrippen 2,5 liter een absoluut minimum is. De te bereiken factor lijkt daarmee aan een maximum gebonden.
6 Locatiekeuze nabij knooppunten van openbaar vervoer is uitgangspunt voor het behalen van de eerste milieuwinst op het onderwerp mobiliteit. Substantiële vooruitgang kan echter alleen worden geboekt bij geheel nieuwe vervoersconcepten en vergaande inzet van duurzame energie bij de aandrijving van vervoersmiddelen.

## 7.3 Aanbevelingen voor verder onderzoek

Uit de resultaten van deze studie kan worden geconcludeerd dat een index 250 (bij verdubbeling van de bezettingsgraad van de gebouwen zelfs 500) bij nieuwbouw en renovatie in wezen voor de korte termijn (technisch) binnen bereik ligt. Immers, de bij deze studie aangenomen maatregelen zijn voor een zeer belangrijk deel nu al (technisch) uitvoerbaar.

### *Prototypestudie*

Hier wordt de suggestie gedaan om een prototypestudie te doen, die de bovengenoemde stelling nader onderbouwt. Op basis hiervan kan een beleidsuitgangspunt, voor de middellange termijn, uitgedrukt via een in een bepaald jaar te bereiken milieu-index, worden gekozen.
Met een prototypestudie wordt hier bedoeld, bijvoorbeeld drie recent gebouwde kantoren van verschillende afmetingen, herontwerpen, gebruik makend van de maatregelen die in dit rapport zijn besproken, c.q. aan de hand van ideeën die op basis van dit rapport kunnen

worden gevormd. De aldus t.a.v. milieuaspecten geoptimaliseerde gebouwen, vergelijken met de oorspronkelijke (eventueel op het niveau van 1990 aangepaste) gebouwen.

De prototypestudie zou moeten worden gecompleteerd met een financiële gevoeligheidsanalyse. Niet alleen voor de verschillende beschouwde opties, maar ook vooral voor de aannamen bij de monetarisering van de milieubelasting.

### *Prijsvraag "hybride constructies"*

Onderzoek naar en toepassing van duurzame energie heeft al op allerlei plaatsen de aandacht. In dit rapport wordt als belangrijke belemmering voor het bereiken van een grote vermindering in milieubelasting door huisvesten het materiaalgebruik aangewezen. Enerzijds mag men verwachten dat de materialen op zich, door verdergaande technologische ontwikkeling. minder belastend zullen worden (zie hiervoor bij "aanbevelingen voor verder onderzoek".
Anderzijds zal, met name voor de draagconstructie, als geen nieuwe constructieprincipes worden ontwikkeld, de hoeveelheid te gebruiken materiaal zo groot blijven dat ook met vermindering van de milieubelasting door de materialen op zich (voorbeeld in deze studie: biobeton), de milieubelasting van het totaal te hoog blijft.
Hierop kan een antwoord worden gevonden door het toepassen van "hybride constructies".

Ter gedachtebepaling (als voorbeeld):
- kolommen van beton
- balken van beton (drukzone) en staalkabel (trekzone)
- vloervelden van hout

Een interessante optie lijkt het uitschrijven van een prijsvraag, bijvoorbeeld voor studenten bouwkunde en civiele techniek van de technische hogescholen. Mogelijk kan zo'n studie ook worden ingepast in het onderwijsprogramma (oefening).
Uiteraard kan ook aan prijsvragen voor architecten, bouwkundigen en constructeurs in de markt worden gedacht.

### *Aanbevelingen en ideeën voor de lange termijn*

Voor de lange termijn moet een index 2000 haalbaar worden geacht.
Zoals uit de berekeningen in deze studie blijkt is daarvoor echter nodig:
- maximale inzet vernieuwbare energie
- beperking van de milieubelasting door materiaalgebruik

Wat betreft energie ontstijgt dit het niveau van de afzonderlijke gebouwen.
Hierbij moet ook minimaal aan wijkniveau worden gedacht.
Het streven naar autarkie op gebouw en wijkniveau leidt tot een beperking van de voor de infrastructuur benodigde voorzieningen, de daardoor veroorzaakte milieubelasting en de (grootschalige) kwetsbaarheid daarvan.
Daarvoor gerichte aanbevelingen doen gaat buiten het kader van deze studie.
Op dit gebied lopen er nationale onderzoeksprogramma's (EZ/NOVEM, e.a.).

Ook het onderzoek t.a.v. het verder beperken van de energievraag van de gebouwen op zich wordt voldoende gedekt door de lopende programma's.

Nog niet duidelijk ingevuld is het benodigde onderzoek op het gebied van materialen.
Uiteraard loopt er op verschillende plaatsen onderzoek naar het terugdringen van de milieubelasting van de materialen op zich.
Het lijkt zinvol een verkennende studie uit te voeren naar de grenzen die hierbij gelden.

Hoever kan de milieubelasting door een bepaald materiaal worden teruggebracht. Voor sommige materialen zal dat zeer ver zijn, voor andere materialen misschien maar een factor 2. Denk bij dit laatste aan de hiervoor genoemde “steenachtige materialen” zoals beton. Door de grote hoeveelheid die toegepast wordt zal de milieubelasting door dit soort materialen altijd hoog blijven.
De grootste uitdaging ligt daarom in het zoeken naar nieuwe, traditiedoorbrekende constructiewijzen.
Het uitwerken van een onderzoeksprogramma dat hieraan aandacht besteed, c.q. aandacht vragen voor deze onderwerpen in lopende programma’s, lijkt zeer belangrijk.

Daarnaast blijft gelden dat de manier waarop wordt omgegaan met huisvesten en bouwen op dit moment nog altijd belemmeringen kent door de wijze waarop de processen lopen en de verantwoordelijkheden verdeeld zijn.
Hieraan is in eerdere fasen van het DTO-programma ook expliciet aandacht besteed. Hiervoor wordt verwezen naar het eerder genoemde verslag van de “panelsessies” van eind 1995, waarin in kwalitatieve zin de belangrijke kansen die met de projecten zoals ontworpen worden geboden, zijn belicht.
Dit verslag is integraal (als bijlage 2) in dit rapport opgenomen.

## 7.4 Aandachtspunten bij de realisatie van huisvesting

Uit deze studie en uit eerder onderzoek, komen een aantal aanbevelingen voort voor portefeuillemanagers en ontwerpers. Deze worden hier kort en concreet geformuleerd. De opsomming pretendeert overigens niet uitputtend te zijn:
- stem de te realiseren huisvesting zo goed mogelijk af op het beoogd gebruik
- streef naar een intensief gebruik van het gebouw
- bedenk dat niet bouwen (gebruik maken van bestaande gebouwen) de grootste besparing op milieubelasting oplevert
- pas zoveel mogelijk vernieuwbare of gerecyclede materialen toe
- besef dat de grootste milieubelasting in de draagconstructie van het gebouw zit
  - zoek naar toepassingmogelijkheden voor vernieuwbare materialen (bijvoorbeeld hout in vloervelden en bij de ondersteuning van grote, lichte vlakken, enz.)
  - pas staal toe, vooral voor het opnemen van trekkrachten
- voorkom niet noodzakelijk afwerking van constructies
- kies duurzame afbouwconstructies
- kies afwerkingen met een lage vervangingsfrequentie
- optimaliseer warmteverlies (winter) en wamtelast (zomer) zoveel mogelijk door passieve (bouwfysische) maatregelen, zoals:
  - goede thermische isolatie (o.a. $HR^{++}$ glas; translucente isolatie)
  - optimalisering daglichttoetreding
  - benutting passieve zonne-energie voor voorverwarmen ventilatielucht (serres)
  - zoveel mogelijk toepassen van natuurlijke ventilatie (met debietbegrenzing)
  - benutting warmteopslagcapaciteit van de gebouwmassa
  - vaste zonwering waar mogelijk (luifels op zuid-oriëntatie)
- maak gebruik van effectieve klimatiseringssystemen
  - stralingswarmte (vloerverwarming, warmtewanden, stralingsschermen)
  - stralingskoeling (koelplafonds, koelwanden)
- maak gebruik van efficiënte verlichtingssystemen
  - gebruik lampen en armaturen met een hoog rendement
  - breng licht, met name waar dat nodig is, dus niet overal
  - regeling, afhankelijk van daglicht

- maak maximaal gebruik van vernieuwbare energiebronnen
  - zonne-collectorsstemen (warm water)
  - photo-voltaïsche cellen (electriciteit)
- pas warmteopslag c.q. warmteterugwinning toe
  - pas bij mechanische ventilatie altijd warmteterugwinning toe c.q.
  - sla tijdelijk overbodige warmte (of koude) op in gebouwmassa of bodem
- wek benodigde warmte (of koude) zo efficiënt mogelijk op
  - warmtepomp
  - warmte-krachtkoppeling
- sluit waterkringlopen op eigen terrein
- voer regenwater niet af naar het riool
- behandel afvalwater in een rietveld of dergelijke
- bespaar op het gebruik van drinkwater
  - pas waterbesparende apparaten toe
  - vervang drinkwater voor andere toepassingen dan consumptie door gezuiverd regenwater
- kies locaties optimaal ten opzichte van
  - woongebied medewerkers
  - openbaar vervoer

### *Een goede projectstart*

Als niet van het begin af aan (in de initiatieffase en bij de opdrachtverlening) met al deze aspecten rekening wordt gehouden, zal er nooit een optimaal resultaat ontstaan. Het proces moet zodanig zijn ingericht dat de juiste kennisdomeinen op het juiste moment aan bod komen en dat er afstemming plaats vindt. Het “transactiemodel rijkshuisvesting”[*] geeft daarvoor de goede randvoorwaarden.

Uit de DTO-projecten komt ondubbelzinnig naar voren dat de **doelstellingen nooit** kunnen worden **gehaald als**:
- niet een geheel nieuwe visie komt op de toepassing van materialen
- er niet maximaal gebruik wordt gemaakt van duurzame energiebronnen
- waterkringlopen niet op eigen terrein worden gesloten
- er niet maximaal wordt geanticipeerd op “duurzaam” openbaar vervoer

Daarom moet er, ook als het op dit moment nog niet mogelijk is om het te realiseren, een mogelijkheid worden geschapen voor het in de toekomst alsnog toepassen van:
- duurzame energiebronnen
- inzet van (gezuiverd) regenwater e.d.
- behandeling van afvalwater op eigen terrein

[*] Hendriks L., *Kwaliteit, methodologie en instrumentatie: Plan van aanpak: kader voor inventarisatie en verheldering*, Den Haag, Rijksgebouwendienst DHB/IB-VB, november 1997.

# Bijlage 1: DTO en de “factor 20”

Uitgangspunt is om de mondiale druk op het milieu in 50 jaar te halveren. Daarvoor moet de komende 50 jaar de **milieubelasting** per eenheid product t.o.v. de huidige belasting in de westerse wereld, ook **in de bouw**, met een **factor 20 omlaag**.

Prof. Hans Opschoor heeft dit als volgt in formulevorm verwoord:
D = B x W x M (1990)
D/2 = 2B x 5W x M/20 (2040)

Hierin is :

- D de druk op het milieu, die in 50 jaar gehalveerd moet worden
- B het aantal mensen op de wereld, dat in 50 jaar zal verdubbelen
- W de welvaart per hoofd van de wereldbevolking, die naar verwachting zal vervijfvoudigen als de arme landen hun achterstand gaan inlopen
- M de milieubelasting die nodig is om de welvaart te realiseren; deze milieubelasting zal met een **factor 20** moeten afnemen om het gestelde doel te bereiken

Het realiseren van deze doelstelling vergt het fundamenteel anders aanpakken van zaken en een enorme uitdaging t.a.v. de technologische ontwikkelingen. Binnen Nederland is dit opgepakt in het interdepartementale project: “Duurzame Technologische Ontwikkeling”, waarvan het programmabureau bij TNO was ondergebracht. Binnen dit programma is o.a. een behoefteveld-analyse Huisvesten uitgevoerd en is, in samenwerking met de Rijksgebouwendienst, een illustratieproject “Kantoor-huisvesting anno 2040” gerealiseerd.

Dit illustratieproject wordt in dit rapport nader beschouwd.
Getracht wordt een kwantificering te maken van de met de voorgestelde ontwerpen te realiseren vermindering van de milieubelasting.

# Bijlage 2: DTO-panelsessies

## Eindrapportage evaluatie DTO-ontwerpen voor duurzame kantoorhuisvesting

11 december 1995

## Woord vooraf

Eind 1994 werd door het interdepartementaal onderzoekprogramma Duurzame T'echnologische Ontwikkeling (DTO) in samenwerking met de Rijksgebouwendienst de workshop "Ontwerp van Duurzame Kantoorhuisvesting" belegd. In deze workshop werd ter exploratie van het lange termijn perspectief voor duurzame technologische ontwikkeling in de bouw op basis van een speculatief (op duurzame ontwikkeling gericht) programma van eisen een viertal ontwerpen met toelichting vervaardigd door:

- prof.ir. J. Kristinsson c.s. (Architecten- en Ingenieursbureau Kristinsson BV);
- ing. L.H.M.J. Pijnenborgh c.s. (Archiservice);
- prof. L. Kroll c.s. (Ateliers d'Urbanisme, d'Architecture et d'informatique);
- ir. H.J. Döll c.s. (Mecanoo Architecten BV).

De resultaten van de workshop zijn najaar 1995 onderworpen aan een evaluatie. Deze evaluatie is verricht door een panel van prominente deskundigen uit de bouw- en installatiewereld (voor de samenstelling van dit evaluatiepanel wordt verwezen naar de bijlage).

Het doel van deze evaluatie was tweeledig:

1 vaststellen in welke mate met deze ontwerpen tegemoet kan worden gekomen aan de centrale doelstelling van het DTO-programma: "het beslag dat met huisvesten op de Milieugebruiksruimte wordt gedaan reduceren met een faktor 20";
2 traceren welke nieuwe en vernieuwende bouw- en installatietechnologiëen die in de ontwerpen naar voren komen in het licht daarvan nadrukkelijk verdere ontwikkelingsaandacht verdienen.

De rapportage die voor u ligt vormt de integrale neerslag van de resultaten van de beraadslagingen van het evaluatiepanel. Bij de inhoud daarvan tekent het panel op voorhand aan dat verwezenlijking van de eerste doelstelling niet haalbaar was gezien het schetsmatige karakter van de ontwerpen. De evaluatie doet echter wel recht aan de tweede doelstelling. Mede dankzij de inspiratie vervat in de ontwerpen is het mogelijk gebleken om de bouw- en huisvestingswereld op een aantal fronten "nieuwe" wegen te wijzen naar een duurzamer toekomst…..!

ir. M.J.T.H. Sträter
gespreksleider evaluatiepanel

# De maatschappij in 2040

## Een toekomst die uitdaagt op een onontkoombare manier

Denkend aan een toekomst die 45 jaar na nu ligt moet het waarschijnlijk worden geacht dat deze wereld een crisis op grote schaal heeft doorgemaakt. Van de schade die deze crisis heeft veroorzaakt zullen we dan bezig zijn ons te herstellen. Door deze crisis zullen onder meer op het economisch front de kaarten anders worden geschud. Niet alleen zullen de consumptiepatronen ingrijpend wijzigen. Ook zal voor energie en grondstoffen een andere - substantieel hogere - prijs moeten worden betaald dan nu het geval is. De economische verhoudingen zullen zich daardoor keren: arbeid zal goedkoop zijn, energie en grondstoffen duur. Naast de formele economie zal naar verwachting een groeiende informele economie floreren.

Ook het maatschappelijk landschap zal drastische veranderingen hebben ondergaan. Onvermijdelijk zullen de mondiale tegenstellingen tussen arm en rijk ook het Nederlands maatschappelijk leven ingrijpend hebben doen wijzigen. ‘Arm’ zal zowel binnen als buiten onze grenzen haar deel opeisen, ‘rijk’ zal met hand en tand de verworven- heden verdedigen resulterend in een maatschappij met harde tegenstellingen. Het draagvlak zal ontbreken om aan deze tegenstellingen iets te doen. Doordat mensen bij voortduring op zullen moeten offeren wat ze eigenlijk willen behouden ontstaat een explosief maatschappelijk klimaat:

- de schaarsteproblemen die op vele fronten (grondstoffen, energie, etc.) optreden zullen via conflicten worden opgelost .....
- de hoog oplopende frustraties zullen - hoe dan ook - een uitweg vinden .....

Onze steden zullen niet alleen huisvesting bieden aan een multiculturele samenleving. Veel waarschijnlijker nog is dat deze steden zullen worden gedomineerd door een moslimcultuur. Het stedelijk landschap zal veel overeenkomsten vertonen met de megacities zoals die de laatste 20 jaar op andere continenten zijn gegroeid.

Qua mobiliteit zal de wal tegen die tijd het schip wel hebben gekeerd. De systemen van openbaar vervoer die zich dan hebben ontwikkeld zullen echter gevuld zijn op een manier die wij nu alleen kennen uit landen als India en Pakistan .....

Maar net zo als nu het geval is zullen ook in die wereld stedenbouwers, architecten, bouwondernemers, toeleveranciers, gebruikers en opdrachtgevers de uitdaging op moeten pakken en passende antwoorden ontwikkelen voor dan ontstane problematiek van:

- bevolkingsaanwas;
- verstedelijking;
- mobiliteit.

## De uitdaging moet langs twee lijnen worden opgepakt

- Realiseren van een stedenbouw, ruimtelijke inrichting, gebouwontwerp, bouwwijze en wijze van energievoorziening waarmee de bandbreedte van het energiegebruik van en door gebruikers verregaand kan worden beperkt alsmede het energiegebruik in de “bouwcyclus” aan banden kan worden gelegd.
- De “bouwcyclus” sluiten door middel van:
  - een volledig hergebruik van bouwstoffen;
  - het systematisch beperken van de degradatie en zo nodig opwerken van de kwaliteit van her te gebruiken materialen;
  - een verantwoorde inzet van reststoffen afkomstig uit andere cycli.

# Heroriëntatie op kantoorhuisvesten

## Naar een dienstensamenleving

Net zoals alle andere westerse landen ontwikkelt ook Nederland zich van een productie samenleving naar een dienstensamenleving. De industriële productie zal meer en meer buiten de landsgrenzen plaats vinden, het geld wordt in de toekomst in Nederland met name in de zakelijke dienstverlening verdiend.

Hoewel veel routinematig werk door de automatisering uit handen zal zijn genomen, blijft naast het bemiddelende, onderhandelende en concipiërende werk ("manipuleren van data") toch veel ondersteunend en coördinerend werk bestaan. Dit type werk kan het best worden getypeerd als interne dienstverlening. Bij dit type dienstverlening zal de beveiliging op een hoog plan komen te staan.

De scheiding wonen/werken zoals wij die nu kennen (groeikernen, stadsuitleggebieden, kantoorghetto's) zal in de pluriforme samenleving zoals in de vorige paragraaf geschetst, geleidelijk zijn verdwenen. In de 'smeltkroes' die dan is ontstaan komen wonen en werken in allerlei mengvormen voor.

## Kantoorgebouwen optimaal benutten

In het licht van de enorme milieubelasting die het gevolg is van het woon/werkverkeer en het veranderde werkgedrag, minder werkplekgebonden en meer mobiel (kantoren worden maar 8 uur per dag gebruikt en staan zelfs voor 1/3 van deze tijd leeg), alsmede in het licht van het steeds duurder worden van de werkplek, is het noodzakelijk:

- de benuttingsgraad van kantoren aanzienlijk te verbeteren door het instellen van flexibeler werktijden en een flexibeler weekindeling (bij enkele banken lopen op dit moment al proeven met 4 werkdagen van 9 uur) en in relatie hiermee langduriger zo niet permanente openstelling van gebouwen (zo kan bovendien worden ingespeeld op gevarieerde werkpatronen die gelden in een multiculturele samenleving).
- de kantoren zo in te richten dat meer mensen gebruik kunnen maken van dezelfde werkplekken (wisselplekken);
- het thuiswerken te faciliteren en te bevorderen.

Op dit moment lijkt echter al de groei uit het thuiswerken te zijn, onder meer doordat:

- lang niet al het werk zich blijkt te lenen voor thuiswerken;
- de aantrekkingskracht van thuiswerken op den duur aan inflatie onderhevig lijkt te zijn;
- de investering in apparatuur en met name software, steeds groter wordt.
  Het laat zich dan ook aanzien dat de omvang van het thuiswerken zich zal stabiliseren op ca 10 % van de totale omvang van het kantoorwerk.

## Werken en wonen: geen scheiding van tafel en bed

De ver doorgevoerde functiescheiding wonen/werken wordt zowel sociaal (slaapsteden) als vanuit de optiek van duurzaamheid funest geacht. In de toekomst moeten we daarom toe naar:

- het kleinschalig integreren van wonen/werken: waar werk thuis gedaan kan worden stelt dit nadere eisen aan de woning (woon/werkwoningen);
- aanzienlijk minder (grootschalige) kantoren en bij voorkeur kantoren met een mengvorm van wonen/werken. Dergelijke kantoren zullen kwalitatief aan hoge eisen moeten voldoen.

## Eisen waaraan kantoorhuisvesting moet voldoen

Voor het pakket eisen dat tegen deze achtergrond moet worden gesteld aan kantoorhuisvesting dient nader onderscheid gemaakt te worden naar:

- kleine werkplekken waar men zich tijdelijk kan afzonderen om te produceren/na te denken (daarbij evt. gebruik makend van hoogwaardige communicatietechniek);
- plekken waar een “collectieve werkverantwoordelijkheid” wordt waargemaakt en “sociaal wordt geproduceerd” in een actieve gemeenschap (produceren is een “team-gebeuren”);
- sociaal ontmoetingsgebied dat vooral wordt vormgegeven met het oogmerk de interne communicatie en communicatie met de buitenwereld hoogwaardig te faciliteren.

Het kantoor moet in de toekomst meer worden gezien als een ‘werkplaats’ in plaats van als een verzameling van werkplekken, een werkplaats die ruimte moet bieden aan allerlei activiteiten, zo mogelijk 24 uur per dag! Want in situaties waar binnen korte tijd ‘gepresteerd’ moet worden, moeten er mogelijkheden zijn om met het team ook ‘s nachts op die plaats te verblijven (bovendien zal een deel van de mensen ook op andere tijden willen werken dan overdag of door de week).

De individuele werkplekken zullen als wisselplekken moeten worden ingericht aangezien de werkplek te duur is geworden om ongebruikt te laten staan. in het licht van de behoefte van mensen aan herkenbaarheid en identiteit zullen deze wisselplekken wel voldoende “eigen” karakter moeten hebben. Een pluriform aanbod van wisselplekken is dus gewenst.

De kwaliteitseisen waaraan kantoren moeten voldoen liggen daarmee dus op het niveau van de huiskamer! Het kantoor moet aantrekkelijk zijn en indentiteit hebben, maar het belang van de factor ‘aantrekkingskracht’ van de kantooromgeving moet niet worden overdreven: in de waarderingsrangorde van de kantoorwerker/-ster komt de kwaliteit van de huisvesting pas op de vijfde of zesde plaats. Dissatisfaction met de kantooromgeving wordt door de kantoorwerker/-ster echter niet aanvaard!

## Samenhang huisvesting en organisatie

Het ontwerp c.q. de ontwikkeling van kantoorhuisvesting moet alles te maken hebben met de management- en werkstructuur van de te huisvesten organisatie. Het is daarom zaak de vertaalslag die gemaakt wordt van management- en werkstructuur naar kantoorhuisvesting inzichtelijk te maken voor de gebruikers/ opdrachtgevers.

De eisen die aan de kantoorhuisvesting worden gesteld, worden voor een belangrijk deel bepaald door de organisatie. Het wijzigen van de organisatie kan leiden tot een “misfit” met de bestaande huisvesting en de behoefte doen ontstaan aan een nieuwe accommodatie. Veelal kan de gewijzigde organisatie echter toch in het bestaande gebouw worden gehuisvest mits:

- de organisatiewijziging mede op de mogelijkheden en beperkingen van de huisvesting wordt afgestemd;
- de bestaande huisvesting alsnog op de gewijzigde organisatie wordt afgestemd.

Duidelijk is dat een organisatie gebaat is bij kantoorhuisvesting die vele gebruiksmogelijkheden in zich draagt en in het gebruik met de organisatie mee kan veranderen/ groeien. Indien een zekere “overruimte” in het oorspronkelijk ontwerp van het kantoorgebouw is meegegeven zullen daarvoor veelal daadwerkelijk de mogelijkheden aanwezig zijn!

Bij een kantoorgebouw dat door de gebruikers en omwonenden nadrukkelijk wordt gewaardeerd (dankzij de duurzame kwaliteit van het ontwerp en de stedenbouwkundige inpassing) zal overigens sneller draagvlak te vinden zijn voor een flexibel omspringen met het gebruik ervan!

## Heroriëntatie op ontwerp- en bouwproces

### Ontwerp- en maakproces integreren

Een duurzaam kantoorgebouw vraagt om optimale afstemming dus integratie van ontwerp- en maakproces. Een dergelijke integratie biedt mogelijkheden voor echt teamwerk (productieve dialoog bouwpartners!), kortere doorlooptijden, aansluitende kwaliteitszorg alsmede een betere verhouding tussen prijs en kwaliteit. Integratie schept bovendien betere kansen voor productontwikkeling aangezien de 'makers' veelal over grotere budgetten voor het oppakken van nieuwe ontwikkelingen beschikken dan de ontwerpers. Veel innovatie in de bouw blijkt overigens niet het gevolg te zijn van het ondernemerschap van bouwers, maar veeleer van de verbeteringsdrang van toeleveranciers. Een nauwer samenspel tussen ontwerpers, bouwers en toeleveranciers kan derhalve een bijdrage leveren aan duurzame (product-)ontwikkeling.
In andere sectoren dan de bouw is de integratie van ontwerp- en maakproces vaak al veel verder doorgevoerd. In andere landen lijkt een dergelijke integratie al haast gemeengoed (de Bank of America bouwt bijvoorbeeld nog maar met 7 firma's die allemaal volgens het "design and built"-concept werken!).

Een belangrijk voordeel voor de opdrachtgever van een geïntegreerd ontwerp- en maakproces is dat maar één partij verantwoordelijk is voor het eindresultaat. Wie in een dergelijk proces het primaat moet hebben is niet op voorhand duidelijk: zowel de ontwerpende als makende partij kan daartoe immers in staat zijn. Wie de (eind)verantwoordelijkheid gaat dragen hangt niet alleen af van de aard en complexiteit van de bouwopgave, van de expertise en financiële draagkracht van de betrokken partijen, maar vanzelfsprekend ook van de voorkeur van de opdrachtgever.

### Duurzame evolutie van gebouw en gebruik katalyseren

Ontwerpers en makers dienen zich verregaand te verdiepen in de huisvestingsvraag van de opdrachtgever en moeten volledig inspelen op zijn/haar behoeften en wensen ten aanzien van het gebruik. Ontwerpers en makers dienen zich daarbij bovendien terdege te realiseren dat voor de opdrachtgever een kantoor niet alleen een huisvestings- maar ook een productiemiddel is en dus een post vormt op de balans.

In het licht van duurzame ontwikkeling is het wenselijk om een proces op gang te brengen dat resulteert in een gebouw waarmee de gebruiker verder kan, ook als zijn organisatie groeit of wijzigt. Wordt in het ontwerp te eenzijdig ingespeeld op bepaalde aspecten van het programma van eisen dan past de opmerking "onmiddelijk is al te laat" (en staat het gebouw een gezonde evolutie van gebouw en gebruik in de weg).

Duurzame ontwikkeling noodzaakt dan ook tot het inbouwen van toekomstwaarde in gebouwen c.q. het realiseren van gebouwen met veel intrinsieke kwaliteit(en) die aansluit(en) bij wat mensen en organisaties willen. Dit impliceert dat het niet wenselijk is om een gebouw te ontwerpen dat niet voor een specifieke organisatie is bedoeld. Ook als de gebruiker nog niet vast staat zal bij het ontwerpen een organisatie met mensen voor ogen moeten worden gesteld teneinde een 'gebouw voor mensen' te maken. Duurzame ontwikkeling vraagt om

een type “maatwerk” dat wijziging van gebruik en organisatorische aanpassing mogelijk maakt.

De meest flexibele gebouwen blijken nog steeds de oudere, ruimere panden waarin “overruimte” zit. Dergelijke gebouwen hebben een kwaliteit die verandering mogelijk maakt, mits een bepaalde mate van comfort kan worden geboden. Daarvoor is de toepassing van materialen die akoestisch en thermisch plezierig zijn en prettig om te zien een randvoorwaarde.

## Innovatieperspectief duurzaam bouwen

### Niet “duurzaam” maar “sustainable”!

Het begrip “duurzame ontwikkeling” vormt een wat magere vertaling van het begrip “sustainable development” zoals dit werd geponeerd in het rapport van de commissie Brundlandt. In het Engelse begrip komt veel meer de dimensie van het instandhouden van de mogelijkheden tot ontwikkeling van de mondiale samenleving naar voren. Duurzaam bouwen, een duurzaam gebruik van materialen en de benutting van duurzame energie vormen daar onder meer een afgeleide van.
Instandhouding van de mogelijkheden die de aarde met haar ruimte en natuurlijke hulpbronnen aan de mens biedt is het doel. De mens moet op zoek naar nieuwe mogelijkheden om bij de benutting van de mogelijkheden kringlopen tot stand te brengen. De hierna volgende verkenning van mogelijkheden draait dan ook om “cyclusdenken”!

### Anders omgaan met de (technische) infrastructuur

In het perspectief van duurzame ontwikkeling is het minder gewenst om locaties eerst om te vormen tot een ‘grune wiese’ vooraleer te bouwen. Het is daarentegen juist zaak om de sterke kanten van locaties volledig te benutten, deze sterke kanten te verhevigen en daarop voort te bouwen. Locaties kunnen worden getransformeerd tot bebouwde gebieden met een nieuwe kwaliteit en aantrekkingskracht door gebruik te maken van de bestaande waterlopen, hoogteverschillen, begroeiing, e.d. Bij de ontwikkeling van locaties en gebieden dient zorgvuldig aansluiting te worden gezocht bij de landschappelijke onderlegger en de “ecologische infrastructuur”.

Vanuit het oogpunt van het voorkomen van uitdroging is het daarnaast van belang om de hoeveelheid oppervlakte aan verharding te minimaliseren zodat hemelwater kan infiltreren in de bodem in plaats van te worden afgevoerd door het riool, Daardoor kan bovendien met een minder omvangrijk rioolstelsel worden volstaan. Een en ander kan dus ook nog resulteren in een aanzienlijke grondstoffen- én dus ook kostenbesparing.

Het aansluiten van een gebouw op een infrastructuur voor nutsvoorzieningen kan niet langer als vanzelfsprekend worden gezien. Het laat zich immers aanzien dat in de toekomst veel nutsvoorzieningen heel effectief en efficient op gebouw- of blokniveau kunnen worden gerealiseerd (electriciteitsvoorziening via photo-voltaïsche cellen, warmtevoorziening via zonnecollectoren en passieve benutting van zonneenergie, opvang en reiniging van regenwater voor “eigen” gebruik, reiniging van afvalwater, etc.).
De implicaties van een meer autonome voorziening in de nutsbehoeften op gebouwof blokniveau voor de bestaande nutsinfrastructuur zullen nader moeten worden onderzocht. Daarbij zal in het bijzonder aandacht moeten worden besteed aan het optimaliseren van het

functioneren van de systemen voor nutsvoorziening op de diverse schaalniveaus. Bij een dergelijk onderzoek mogen op voorhand geen grootschalige oplossingen (aansluiting op regionale, landelijke of internationaal netten) noch kleinschalige oplossingen worden uitgesloten en dienen bij vergelijking alle kosten mee te worden gewogen.

## De waterhuishouding optimaliseren

Water is van oudsher de belangrijkste structuurdrager van stad en land. De betekenis van water reikt echter verder dan dat. Door de manier waarop met water wordt omgegaan, dreigt verontreiniging en verdroging van de grond, waardoor het steeds moeilijker wordt om schoon (drink)water ter beschikking te stellen, terwijl water voor ons allen toch voorziet in een basisbehoefte!

In het licht van “sustainable development” is het noodzakelijk om de waterhuishouding op regionaal, stads-, wijk-, blok- en gebouwniveau beter op elkaar af te stemmen. Op voornoemde schaalnivo’s zullen niet alleen kringlopen tot stand moeten worden gebracht maar zal ook water moeten worden gebufferd:

- op gebouwniveau kan volledige zelfvoorziening worden nagestreefd;
- op blokniveau kan een gesloten grijswatercircuit tot stand worden gebracht en “zwartwater” worden gezuiverd;
- op stads- en regionaal niveau kunnen ook de grond- en oppervlaktewaterhuishouding in het watersysteem worden betrokken.

Nader onderzoek wordt aanbevolen naar een optimale mix van kleinschalige en grootschalige kringlopen en “buffering” van water.

## De warmtehuishouding verbeteren

De technische mogelijkheden om de energiebehoefte van gebouwen te minimaliseren zijn grotendeels aanwezig maar kunnen aanzienlijk beter worden benut. Daarbij gaat het onder meer om:

- het optimaliseren van de “schil” van het gebouw in termen van lichttoetreding (passieve zonnegnergie), warmte-isolatie, warmte- en koude-accumulatie alsmede ventilatie;
- het loslaten van de conventionele benadering van ruimteverwarming ten gunste van het reguleren van de warmtehuishouding van en door de gebruiker op de werkplek (kleding, stralingsverwarming, toepassing van stralingsschermen etc.);
- het minimaliseren van de warmteproductie van apparatuur.

De technologische uitdaging bij het beperken van de energiebehoefte van gebouwen schuilt met name in het bieden van comfort aan de gebruikers met inzet van aanzienlijk minder energie!

Minimaliseren van de energiebehoefte van gebouwen kan resulteren in volledige zelfvoorziening. Het nastreven daarvan kan echter niet los worden gezien van de maatschappelijke en culturele context waarbinnen e.e.a. geschiedt.
Autonome beperking van de energiebehoefte op gebouwniveau kan resulteren in een suboptimaal functioneren van de energievoorziening op andere schaalniveaus (teruglopen van energetisch rendement!). Tegen deze achtergrond verdient het aanbeveling te zoeken naar mogelijkheden om zowel de energiebehoefte van het gebouw te beperken als warmte (en

zonodig ook koude) tussen gebouwen uit te wisselen. De juiste mix daartussen zal op blokniveau moeten ontstaan. Zo zullen bestaande gebouwen bijvoorbeeld mee moeten kunnen profiteren van hoogwaardiger voorzieningen die alleen in nieuwe gebouwen tot stand kunnen komen.

### Niet bouwen maar levensduur van bestaande gebouwen verlengen!

De grootste besparing op grondstoffen kan worden bereikt door niet te bouwen. Bij het zoeken naar oplossingen voor een huisvestingsvraagstuk dient daarom een veel zwaarder (en creatiever) accent te worden gelegd op de mogelijkheden tot aanpassing van de bestaande huisvesting. Blijken deze mogelijkheden in onvoldoende mate aanwezig te zijn dan verdient het aanbeveling om de mogelijkheden tot herhuisvesting in (na eventuele aanpassing van) een ander bestaand gebouw terdege te onderzoeken. Pas nadat nadrukkelijk is vast komen te staan dat ook via deze weg niet tot een bevredigende oplossing van het huisvestingsvraagstuk kan worden gekomen valt nieuwbouw te overwegen.

De wenselijkheid de levensduur van gebouwen te verlengen impliceert bovendien de noodzaak tot:

- het verder ontwikkelen van renovatie-, conserverings- en reparatietechnieken (“behoudtechnieken”);
- het bevorderen van de zorg voor het instandhouden van gebouwen (doelmatig onderhoud en beheer).

### Materiaalgebruik van gebouwen optimaliseren

Al in het ontwerpstadium dient een optimalisatie van het materiaalgebruik voor een gebouw te worden nagestreefd, want alleen dan zijn daartoe nog in ruime mate de mogelijkheden aanwezig. Het gaat daarbij overigens niet alleen om de toepassing van duurzame materialen en beperking van materiaalgebruik (zo ontwerpen dat het materiaal optimaal wordt benut en afwerking niet nodig is). Ook kan met minder materiaal worden volstaan door bij het construeren het accent te leggen op “trekkrachttechnologie”.

Daarnaast kan worden overwogen om in het gebouwontwerp een onderscheid te maken naar gebouwdelen/-componenten met een kortcyclische en een langcyclische levensduur (bijv. samenhangend met een biologische en een minerale cyclus). Bij langcyclische toepassing kan eerder gebruik worden gemaakt van materialen die hun oorsprong in het mineralenrijk hebben: op zorgvuldig gebruik van producten uit de eindige reserves van de aarde rust immers geen taboe. Voor kortcyclisch gebruik wordt de inzet van vernieuwbare grondstoffen meer op zijn plaats geacht. In die gevallen waarin ook in de kortcyclische toepassing op hergebruik wordt ontworpen ligt het onderscheid uiteraard meer genuanceerd.

Bovendien kan gericht worden ontworpen op mogelijkheden om (delen van) het gebouw na beëindiging van de gebruiksperiode te demonteren en elders opnieuw te gebruiken: “demontabel bouwen”. Demontabel bouwen kan zich zowel afspelen op bouwdeel of -elementniveau als op componentniveau. De onzekerheid over mogelijkheden om gebouwdelen later weer te gebruiken lijkt ontwerpdenken in termen van “demontabel bouwen” al te zeer in de weg te staan.

Omdat de levensduur van gebouwinstallaties doorgaans aanzienlijk korter is dan van gebouwdelen, verdient het bij het ontwerpen van installaties al zonder meer aanbeveling met demontage rekening te houden. In het verlangde daarvan is het wenselijk dat het regel wordt om een “demontagebestek” bij installaties te leveren.

In het licht van een mogelijk hergebruik van gebouwdelen, -elementen en (installatiecomponenten wordt het tevens wenselijk geacht om de huidige slooptechniek verder te ontwikkelen tot op een niveau dat met recht “demontagetechnologie” kan worden genoemd!

In het licht van de wenselijkheid de mogelijkheden tot hergebruik in de bouw te verruimen en uiteindelijk in de bouw tot een verregaande mate van recycling te komen wordt nader onderzoek aanbevolen. In dit onderzoek dienen alle bekende materiaalstromen te worden betrokken en de mogelijkheden systematisch te worden verkend voor het tot stand brengen van kringlopen op (en tussen) de schaalniveaus in de gebouwde omgeving.

### Een gezond binnenklimaat realiseren door een integraal ontwerp!

Maatgevend voor het binnenklimaat in gebouwen is de mens met zijn fysieke en psychische behoeften. De mens moet zich prettig kunnen voelen tijdens het verblijf binnen de omhulling die het gebouw biedt. De opdrachtgever, de ontwerpers en de makers van een gebouw dragen gezamenlijk de verantwoordelijkheid voor het creëren van omstandigheden die weldadig zijn voor de gezondheid van de gebruikers van het gebouw, op een wijze die de natuur waarvan de mens afhankelijk is, respecteert.

De opdrachtgever en de ontwerper(s) van een gebouw zullen daartoe de samenhang tussen stedenbouwkundig ontwerp, gebouwontwerp, installatie-ontwerp, groenontwerp, materiaalkeuze en gebruik zorgvuldig op elkaar af moeten stemmen resulterend in een integraal ontwerp. Een ontwerp dat de condities bepaalt voor het binnenklimaat dat in het gebouw zal heersen. Een dergelijk integraal ontwerp komt vanzelfsprekend tegemoet aan de noodzaak om in het gebouw te beschikken over voldoende bouwmassa voor de accumulatie van warmte (en koude). De oppervlakken in een dergelijk gebouw “ademen” (vocht opnemen en afgeven) en de voorzieningen voor (natuurlijke) ventilatie zijn zorgvuldig op elkaar afgestemd. Tenslotte leveren planten in een dergelijk gebouw een bijdrage aan de zuivering van de lucht en het welbevinden van de gebruikers.

## Samenvattende conclusies en aanbevelingen

### De maatschappij in 2040

- De maatschappelijke aannames waarvan de ontwerpers in de DTO-workshop “Ontwerpen van Duurzame Kantoorhuisvesting” zijn uitgegaan zijn niet zonder meer te handhaven.
- Aangezien het toekomstscenario er naar verwachting minder harmonieus en aanzienlijk meer conflictueus uit kan zien dan door de ontwerpers is verondersteld, is het wenselijk om de context van de ontwerpen opnieuw te bezien. Een ander toekomstscenario zal naar verwachting immers uitmonden in een andere kijk op kantoorhuisvesting!

### Heroriëntatie op kantoorhuisvesten

- Hoe de verhouding en de samenhang tussen wonen en werken zich in de toekomst zal ontwikkelen valt niet te voorspellen. Wel kan zonder meer worden gesteld dat werk dat zich daar voor leent ook op andere plaatsen dan het kantoor zal worden verricht (huis, hotelkantoor, etc.).
- Een flexibeler omgaan met werktijden en indeling van de werkweek voor de werknemers geeft de mogelijkheid voor het effectiever benutten van kantoorhuisvesting. De steeds duurder wordende werkplekken zullen door verschillende mensen worden gebruikt (“wisselplekken”).
- Om aan de behoefte aan een “eigen” werkplek te kunnen voldoen zal een grote pluriformiteit in het aanbod van werkplekken moeten worden gecreëerd. Daarnaast zullen in het

"duurzame kantoor van de toekomst" plekken moeten worden gecreëerd waar een "collectieve werkverantwoordelijkheid" waar kan worden gemaakt en "sociaal kan worden geproduceerd". Tenslotte zal ook een sociaal ontmoetingsgebied moeten worden vormgegeven met het oogmerk de interne en externe communicatie hoogwaardig te faciliteren.
- Vaker dan nu zullen in de toekomst teams (vaste of ad hoc samengestelde) in een korte tijd een bepaalde opdracht uitvoeren. Hiervoor is het nodig om naast adequate werk- en vergaderruimten ook woon/slaapaccommodaties ter beschikking te hebben.
- In het licht van het veranderende behoeftenpatroon van mens en maatschappij zullen gebouwen van functie moeten kunnen veranderen en voor meer doeleinden bruikbaar moeten zijn. (Kantoor)gebouwen moeten bovendien mee kunnen evolueren met de organisatie die erin is gehuisvest. Dit stelt hoge eisen aan de kwaliteit van de ruimten (mensen moeten er zich prettig in blijven voelen), terwijl het meegeven van een zekere overmaat aan de ruimten voor de veranderbaarheid van groot belang is!
- Nader onderzoek wordt aanbevolen naar:
  - de ontwikkeling van de kantoorfunctie alsmede de ontwikkeling van de samenhang tussen kantoor- en woonfunctie;
  - de ontwikkeling van een typologie van organisatie- en kantoorhuisvestingsvormen in het licht daarvan;
  - het gewenste kwaliteitsniveau van duurzame kantoorhuisvesting uitmondend in een programma van eisen voor "duurzame kantoorhuisvesting".

### Herorientatie op ontwerp- en bouwproces

- Een duurzaam bouwproduct vraagt om optimale afstemming dus integratie van ontwerp- en maakproces. Zowel de ontwerpende als de makende partij(en) kunnen in dit proces het primaat hebben. Een duurzame productontwikkeling vereist een nauwer samenspel tussen ontwerpers, bouwers en toeleveranciers. Nader onderzoek moet uitwijzen hoe dit samenspel kan worden verbeterd.
- Bij het ontwerpen van duurzame kantoorgebouwen dienen de gebruikswensen en behoeften van de opdrachtgever centraal te staan. Duurzame ontwikkeling noodzaakt immers tot het ontwerpen van gebouwen die aansluiten bij de menselijke behoeften, gebouwen die de intrinsieke kwaliteit van "mogelijkheden voor veranderend gebruik" in zich dragen. Het ontwerp- en bouwproces moet resulteren in een evolutie van gebouw en gebruik, een proces dat intrinsiek duurzaam is!
- Duurzame ontwikkeling noodzaakt de ontwerpers van een gebouw tot het leveren van een type "maatwerk" dat de mogelijkheid open laat tot het wijzigen van het gebruik van het gebouw en/of aanpassing van de organisatie die daarin is gehuisvest. In gebouwen zal meer "toekomstwaarde" moeten worden ingebouwd (bijv. door het creëren van "overruimte").

### Innovatieperspectief duurzaam bouwen

- Uitgangspunt voor duurzaam bouwen dient "cyclusdenken" te zijn: de "bouwcyclus" moet worden gesloten en de omvang van het energie- en materiaalgebruik binnen deze cyclus moet substantieel worden beperkt.
- Het is zaak in de toekomst op een andere manier met de (technische) infrastructuur om te gaan:
  - bij de ontwikkeling van bouwlocaties dient zorgvuldig aansluiting te worden gezocht bij de landschappelijke onderlegger en de ecologische infrastructuur;
  - de hoeveelheid verharding kan worden geminimaliseerd teneinde verdroging te voorkomen en met een minder omvangrijk rioolstelsel te volstaan;

  - het aansluiten van een gebouw op nutsvoorzieningen kan niet langer als vanzelfsprekend worden gezien omdat veel nutsvoorzieningen effectief en efficiënt op gebouw- of blokniveau kunnen worden gerealiseerd.
- Het is wenselijk om de waterhuishouding op het schaalniveau van de regio, de stad, de wijk, het bouwblok- en het gebouwniveau nader op elkaar af te stemmen door meer kringlopen tot stand te brengen en op de diverse niveaus mogelijkheden te creëren voor accumulatie.
- De technologische uitdaging bij het beperken van de energiebehoefte van gebouwen schuilt met name in het bieden van comfort aan gebruikers met inzet van aanzienlijk minder energie.
- Volledige zelfvoorziening (autarkie) van gebouwen dient niet “rücksichtslos” te worden nagestreefd aangezien dit kan leiden tot een suboptimaal functioneren van de energievoorziening op andere schaalniveaus.
- Bij het zoeken naar oplossingen voor huisvestingsvraagstukken dient een veel zwaarder (en creatiever accent) te worden gelegd op mogelijkheden tot aanpassing van de bestaande huisvesting.
- De wenselijkheid de levensduur van gebouwen te verlengen impliceert niet alleen verbetering van de zorg voor een doelmatig beheer en onderhoud van gebouwen maar ook de noodzaak om “behoudtechnieken” verder te ontwikkelen.
- Bij het optimaliseren van het materiaalgebruik van gebouwen gaat het niet alleen om beperking van het materiaalgebruik en toepassing van duurzame materialen maar is het ook wenselijk om in het gebouwontwerp een onderscheid te maken naar gebouwdelen/ -componenten met een kortcyclische en langcyclische levensduur en rekening te houden met mogelijkheden voor demontabel bouwen. In aanvulling daarop zullen de mogelijkheden tot hergebruik in de bouw aanzienlijk moeten worden verruimd zodat de bouw verregaand gaat recyclen!
- De opdrachtgever, de ontwerpers en de makers van een gebouw dragen gezamenlijk de verantwoordelijkheid voor het creëren van omstandigheden die weldadig zijn voor de gezondheid van de gebruikers op een wijze die de natuur waarvan de mens afhankelijk is respecteert.
- Tegen deze achtergrond wordt DTO aanbevolen nader onderzoek te doen verrichten naar:
  - de implicaties van “zelfvoorziening” (autarkie) op gebouw- of blokniveau over de bestaande nutsinfrastructuur, alsmede de mogelijk- heden tot het optimaliseren van de samenhang met en tussen systemen van nutsvoorziening op de diverse schaalniveaus;
  - een optimale mix van kleinschalige (op gebouwniveau) tot en met grootschalige waterkringlopen (op blok-, wijk-, stads- en regionaal niveau) in combinatie met de accumulatie van water;
  - mogelijkheden om zowel de energiebehoefte van het gebouw te beperken als warmte (en zo nodig ook koude) tussen gebouwen uit te wisselen;
  - verbetering van renovatie-, conserverings- en reparatietechnieken (“behoudtechnieken”);
  - mogelijkheden om in gebouwen een onderscheid te maken naar gebouwdelen met een kort- en langcyclische levensduur uitmondend in effectieve methodes voor demontabel bouwen;
  - mogelijkheden in de bouw te komen tot een verregaande mate van recycling van bouwdelen, bouwcomponenten en -materialen, alsmede van installaties;
  - mogelijkheden om de samenhang tussen stedenbouwkundig ontwerp, gebouwontwerp, installatie-ontwerp, groenontwerp, materiaalkeuze en gebruik te optimaliseren resulterend in een integraal ontwerp (onder meer wenselijk om integrale simulatiemodellen te ontwikkelen waarmee de kwaliteit van het binnenklimaat goed kan worden voorspeld).

## *Lijst van deelnemers Evaluatiepanel DTO-Ontwerpen*

| | Organisatie: | Invalshoek: |
|---|---|---|
| Prof.ir. W. Patijn | Rijksgebouwendienst | Stedenbouw/Architectuur |
| Prof.ir. N.A. Hendriks | T.U. Eindhoven | Bouwmaterialen |
| Ir. J. Buijs | Adviesbureau D3BN | Bouwconstructies |
| Ing. W.C. van der Does | Nijhuis Bouw B.V. | Bouwproces |
| Ir. Th.M. Pelser | | Installatietechniek |
| Ir. J.A. Bergs | DHV | Duurzaam en Gezond Bouwen |
| Prof.dr.ir. A.F. van Wagenberg | T.U. Eindhoven | Facility management |
| Ir. L.W.J.L. Hendriks | Rijksgebouwendienst | Prestatiebeheersing |
| Ir. A. Vonk | Van Holstijn en Kemna | Apparatuur en installatietechn. |
| Ir. A.C. van der Linden | AaCee Bouwen en Milieu | Bouwfysica/Secretaris |
| Ir. M.J.T.H. Sträter | Stráter & Partners bv | Voorzitter |

# bijlage 3: GreenCalc maakt milieuberekeningen utiliteitsgebouwen mogelijk[1]

ir. A.C. van der Linden - AaCee Bouwen en Milieu

mw. ir. M. Spiekman - DGMR Raadgevende Ingenieurs bv

dr. ir. E.M. Haas - Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE)

## Inleiding

Duurzaam Bouwen is inmiddels voor vrijwel alle bij de bouw betrokkenen een levend begrip geworden. Toch is het een “jonge tak van sport”. Het begrip werd officieel geïntroduceerd in 1989 met “bijlage 2: Duurzaam Bouwen” bij het Nationaal Milieubeleidsplan Plus.
Voor die tijd betrof aandacht voor milieu met name energiegebruik; nu werd het in de volle breedte neergezet. In dit artikel wordt ingegaan op methoden om betrokken partijen in de bouw een oordeel over de mate van duurzaamheid van een bouwwerk te kunnen laten maken. Van eenvoudige checklists in het beginstadium van Duurzaam Bouwen tot complexere rekenmethodieken om een integraal oordeel over de duurzaamheid van een bouwwerk te kunnen maken. Recentelijk verscheen een nieuw computerprogramma om integraal de mate van duurzaamheid van een gebouw te kunnen wegen. De methode is vertaald in het Windows Computerprogramma GreenCalc. Dit artikel geeft inzicht in de achtergronden.

## Achtergronden

Als snel (vanaf 1992) verschenen publicaties/hulpmiddelen voor het kiezen van materialen bij het realiseren van gebouwen.
Als voorbeeld het volgende (niet volledige) lijstje:

- Handleiding Duurzame Woningbouw (SEV / WIE Adviseurs)
- Checklist Bouwen en Milieu (Gemeente Dordrecht / BOOM)
- NIBE Milieuclassificatie Bouwmaterialen (NIBE)
- SEV Milieuclassificatie woningen (NIBE)

Op het gebied van energie werd, via het Bouwbesluit, in 1996 de energieprestatienorm ingevoerd. Ook op het gebied van water en mobiliteit ontstonden bruikbare methoden voor het inschatten van mogelijke besparingen en milieu-effecten.
Een overkoepelende visie op duurzaam bouwen in de utiliteitsbouw werd onder andere gepresenteerd in de brochures van de Rijksgebouwendienst getiteld ”Rijkshuisvesting en Milieu” van 1991 en 1996.
In de Paasbrieven (1993 - 1997) van de Inspectie Milieuhygiëne Rijkshuisvesting over “Verzonken milieukosten”, werd een basis gelegd voor de nu in GreenCalc verwerkte aanzet voor de monetarisering van de milieubelasting.

Vanaf 1996 verschenen de nationale Pakketten Duurzaam Bouwen (SBR en branche-organisaties / DHV AIB) waarin een aantal standaard maatregelen wordt gegeven en een groot aantal aanbevelingen voor duurzaam bouwen worden gedaan die niet alleen materiaal- en energiegebruik betreffen, maar ook aspecten als indeling van plattegronden (gesloten keukens, enz.). Deze pakketten betreffen zowel woning- als utiliteitsbouw.

[1] De Bouwadviseur, november 1998

## Nieuwe generatie: beoordeling milieubelasting

Daarnaast dient zich nu een tweede generatie hulpmiddelen aan, die een meer kwantitatieve beoordeling van de milieubelasting door het bouwen mogelijk maakt. Daarbij worden ook computerapplicaties ontwikkeld ter ondersteuning van het nemen van verstandige (ontwerp)beslissingen:

- Eco-Quantum (SBR en SEV / WIE Adviseurs en IVAM)
- GreenCalc (Sureac / DGMR)

Voor beide ontwikkelingen geldt dat men zich (wat betreft de milieubelasting van bouwmaterialen) zoveel mogelijk baseert op LCA-studies (LevensCyclus Analyse).
Waar die niet beschikbaar zijn worden kwantitatieve gegevens uit de literatuur gebruikt. Bij het binnen GreenCalc gebruikte TWIN-model (NIBE) worden behalve de kwantificeerbare gegevens ook (nog) niet kwantificeerbare zaken in de beschouwing betrokken, zoals aantasting van het landschap en dergelijke.
Eco Quantum berekent de milieubelasting door materiaal- en energiegebruik.
Over Eco Quantum kan informatie worden verkregen via de internet site van IVAM (http://www.ivambv.uva.nl) op de pagina “Sustainable Building”.

Dit artikel gaat verder in op de mogelijkheden die worden geboden met GreenCalc.
In GreenCalc wordt een integrale beoordeling van een gebouwontwerp mogelijk op de aspecten materialen, energie, water en mobiliteit.

## GreenCalc

GreenCalc is opgebouwd uit vier modules; materiaal, energie, water en mobiliteit. Binnenkort wordt de ruimtemodule toegevoegd.
De **materiaalmodule** is gebaseerd op het TWIN-model, waarin naast kwantitatieve gegevens ook niet-kwantificeerbare gegevens worden verwerkt om een volledige beoordeling van materialen mogelijk te maken.
De **energiemodule** is gebaseerd op de NEN 2916, waarmee ook de Energie Prestatie Norm berekend wordt. Wel biedt GreenCalc, in tegenstelling tot de Energie Prestatie Norm, mogelijkheden om het gebruikersgedrag te modelleren.
De **module watergebruik** is gebaseerd op de WaterPrestatieNormering zoals die voor de Rijksgebouwendienst en de gemeente Utrecht, met ondersteuning van NOVEM is opgesteld door bureau opMAAT.
De bepaling van **mobiliteit** is complex; er zijn veel factoren en afwegingen te maken. Op basis van een aantal scenario’s (opgesteld op basis van o.a. locatie en gebruiker) is inzicht te verkrijgen in milieu-effecten als gevolg van mobiliteit.

## Monetarisering

De milieubelasting, zoals bepaald in de verschillende modulen, wordt uiteindelijk uitgedrukt in guldens, zie figuur 1. Dit is gedaan om zo goed mogelijk aan te sluiten bij bekende begrippen binnen de doelgroep.
De milieukosten zijn de eliminatie en/of preventiekosten van de totale milieuschade die optreedt door de bouw en het gebruik van een gebouw. Dit zijn kosten die worden afgewenteld op de samenleving en die vroeg of laat te voorschijn komen. De milieukosten worden berekend op basis van het daadwerkelijke ontwerp van een gebouw en hebben betrekking op de totale levensduur daarvan.

| Greencalc | Materialen | Energie | Water | Mobiliteit | Milieukosten | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1.1 Grondstoffen** | | | | | | |
| 1.1.1 Biotische / Abiotische grondstoffen | ☐ | | | | 0,01 | /mbp |
| 1.1.2 Drinkwater | | | ☐ | | 9,09 | /$m^3$ |
| **1.2 Verontreiniging** | | | | | | |
| 1.2.1 Broeikaseffect | ☐ | | | ☐ | 0,07 | /kg |
| 1.2.2 Onzonlaagaantasting | ☐ | | | ☐ | 12615,56 | /kg |
| 1.2.3 Verzuring | ☐ | | | ☐ | 0,01 | /kg |
| 1.2.4 Vermesting | ☐ | | | ☐ | 325 | /kg |
| 1.2.5 Zware metalen | ☐ | | | ☐ | 21217,08 | /kg |
| 1.2.6 Zomersmog | ☐ | | | ☐ | 9,72 | /kg |
| 1.2.7 Wintersmog | ☐ | | | ☐ | 7,29 | /kg |
| 1.2.8 Pesticiden | ☐ | | | | 0,08 | /kg |
| 1.2.9 Warmte | ☐ | | | | 0,00 | /MJ |
| **1.3 Afval** | | | | | | |
| 1.3.1 Totale hoeveelheid afval | ☐ | | | ☐ | 0,25 | /kg |
| **1.4 Hinder** | | | | | | |
| 1.4.1 Stank | | | | | 0,05 | /mbp |
| 1.4.2 Geluid | | | | | 0,05 | /mbp |
| 1.4.3 Licht | | | | | 0,05 | /mbp |
| 1.4.4 Calamiteiten | | | | | 0,16 | /mbp |
| **1.5 Aantasting** | | | | | | |
| 1.5.1 Ruimtebeslag / Verstoring | ☐ | | | ☐ | 0,32 | /mbp |
| **1.6 Energie** | | | | | | |
| 1.6.1 Uitputting energiebronnen | ☐ | | | | 0,08 | /mbp |
| 1.6.2 Totale energiegebruik | ☐ | ☐ | | ☐ | 0,02 | /MJ |

Figuur 1
Milieukosten per milieucriterium

## Afweging milieuaspecten

Achtereenvolgens worden nu de aspecten materiaalgebruik, energie, watergebruik en mobiliteit, zoals die worden berekend binnen GreenCalc, kort besproken. Daarbij wordt extra aandacht besteed aan de materialen. Reden hiervoor is het bijzondere karakter van het TWIN-model dat hieraan te grondslag ligt. In dit model worden harde, kwantificeerbare gegevens (o.a. uit LCA-studies) samengebracht met een verantwoorde schatting en classering van nog niet in harde cijfers te vangen milieu-effecten. Alleen op deze manier kan een zo compleet mogelijk beeld van de milieubelasting worden verkregen.

## Berekening milieubelasting door materiaalgebruik; TWIN-model

Het TWIN-model vindt zijn basis in de promotiestudie van dr. ir. E.M. Haas (“TWIN-model; Milieu Classificatie-model Bouw”, TUE 1997).
Grondstoffen, materialen en constructies worden beoordeeld op de volgende aspecten:

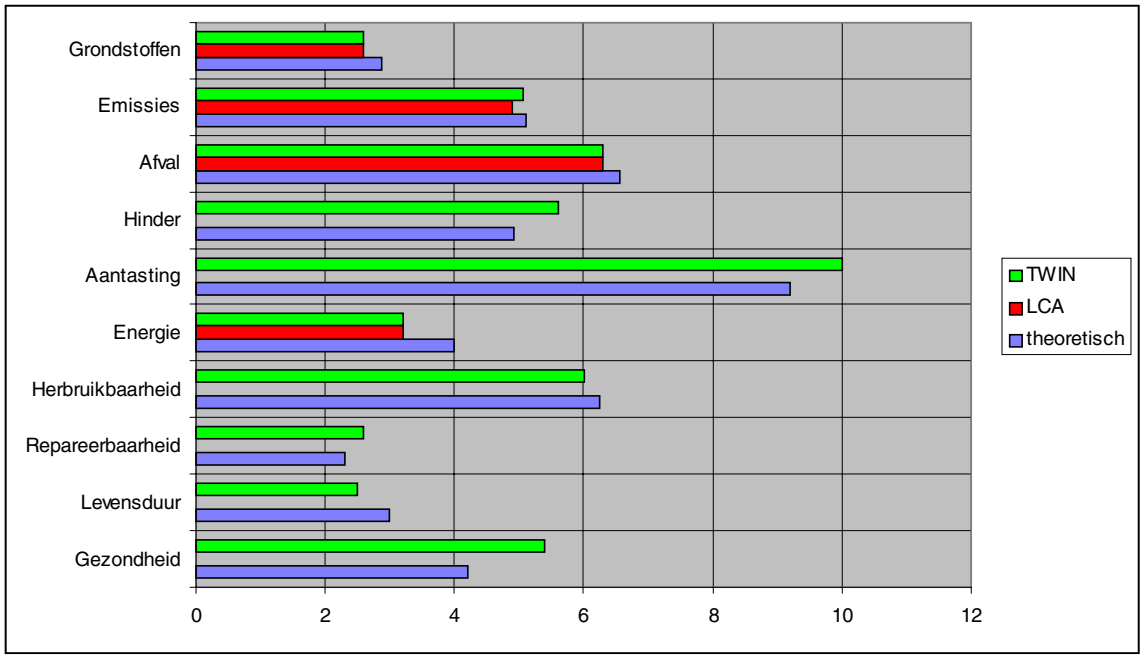
- grondstoffen (uitputting voorraden)
- verontreinigingen (emissies tijdens winning, productie, gebruik, sloop en afvalfase)
- afval (hoeveelheid en gevaarlijkheid afval)
- hinder (stank en kans op calamiteiten)
- aantasting (van natuur en landschap)
- energiegebruik
- herbruikbaarheid (en/of recyclebaarheid)
- repareerbaarheid
- levensduur
- gezondheid

Voor de classificatie van materialen en constructies wordt door het NIBE gebruik gemaakt van gegevens uit LCA-studies. Dit soort gegevens zijn echter (nog) niet voor alle aspecten voorhanden. Daarom wordt een en ander aangevuld met gegevens uit de literatuur. Voor de

aspecten die niet in kwantitatieve termen te vatten zijn wordt een verantwoorde inschatting gemaakt. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een indeling in “niveaus” waaraan “milieubelastingspunten” hangen.
Gezondheid wordt bij de beoordeling van materialen binnen het TWIN model als een apart item, expliciet meegenomen. Binnen GreenCalc worden echter alleen de andere negen aspecten beschouwd.

De officiële milieumaten nemen aspecten waarvoor geen kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn niet mee in de beoordeling. Daarmee ontstaat echter een grotere fout in het eindoordeel dan wanneer een zorgvuldige inschatting van de ontbrekende gegevens wordt gemaakt. Hierin is het TWIN-model van het NIBE uniek.
Onderstaande figuur toont een en ander.

Figuur 2: Vergelijking milieumaten (LCA) en TWIN beoordeling met “theoretisch” (werkelijk) milieuprofiel.




Wanneer uitsluitend die items worden bekeken waarvoor “harde” gegevens (LCA) voorhanden zijn wordt maar een beperkt gedeelte van het “milieuprofiel” beoordeeld. Vergeleken met het “theoretische” (werkelijke) milieuprofiel ontstaat, ondanks afwijkingen van de werkelijkheid bij het inschatten van de ontbrekende items (TWIN), altijd een meer aan de werkelijkheid beantwoordende beoordeling.

Voor de verschillende aspecten wordt de in cijfers te kwantificeren milieubelasting bepaald in kg $CO_2$, kg $SO_2$, megajoule energiegebruik, enz.
Voor de (nog) niet kwantificeerbare aspecten wordt een inschatting gemaakt op basis van een schaalverdeling.

Als voorbeeld wordt in tabel 1 de schaal voor het beoordelen van de uitputting van biotische grondstoffen. De indeling in niveaus is steeds zodanig dat een zekere veiligheidsmarge aanwezig is ten aanzien van het ontstaan van uitputting. Dit is noodzakelijk omdat uit de literatuur blijkt dat er grote verschillen kunnen bestaan in inschatting van winbare hoeveelheden en voorraden.

Het criterium uitputting biotische grondstoffen wordt omschreven als de verhouding tussen lokale aanwas per jaar en lokale winning per jaar. Wanneer een produkt uit meer dan één grondstof bestaat, wordt een gemiddelde berekend op basis van gewichtsverhoudingen.

Tabel 1: De schaal voor het beoordelen van de uitputting van biotische grondstoffen.

| niveau | verhouding | grondstoffen: uitputting biotische grondstoffen | voorbeeld |
|---|---|---|---|
| 0 | >4 | aanwas veel groter dan verbruik, geen sprake van uitputting of recycle of afvalprodukt uit andere processen als grondstof | schapenwol, zetmeel of bij recycling houtspaanders |
| 1 | 3-4 | aanwas groter dan verbruik, bij enigszins groeiend verbruik geen uitputting te verwachten | vlas of zeegras |
| 2 | 2-3 | aanwas iets groter dan verbruik, bij gelijkblijvend verbruik geen uitputting te verwachten | duurzaam beheerd Noord Europees naaldhout |
| 3 | 1-2 | aanwas ongeveer vergelijkbaar met verbruik, toenemend verbruik leidt tot uitputting | kurk uit kurkplantages |
| 4 | 0,5-1 | aanwas kleiner dan verbruik, op langere termijn uitputting | |
| 5 | 0,25-0,50 | aanwas kleiner dan verbruik, op middellange termijn uitputting | |
| 6 | 0,125-0,25 | roofbouw, aanwas beperkt in verhouding tot verbruik, uitputting op korte termijn (30-50 jaar) | western red cedar uit Noord Amerika |
| 7 | <0,125 | ernstige roofbouw, uitputting op zeer korte termijn (minder dan 30 jaar) | tropisch hardhout uit wilde kap |

Deze inschaling wordt geobjectiveerd door de verhouding tussen de lokale economisch winbare voorraad en de winning per jaar als criterium te nemen.

Iedere hogere klasse betekent een groter aantal milieubelastingspunten.

De aldus verzamelde milieubelastingen worden via de hiervoor gegeven monetarisering uitgedrukt in dezelfde grootheid (gulden) en op die manier vergelijkbaar en sommeerbaar gemaakt. Van groot belang blijft het echter om ook naar de tussenresultaten te kijken en niet alleen naar het eindcijfer van een totaal gebouwontwerp.

## De energiegebruiksberekening

In de energiemodule wordt het energiegebruik voor de energieposten “verwarming”, “koeling”, ventilatoren”, verlichting”, “tapwaterverwarming”, “bevochtiging”, pompen” en “apparatuurgebruik” berekend. Voor de berekening is grotendeels de bepalingsmethode van de NEN 2916 “Energieprestatie van utiliteitsgebouwen” overgenomen. Het gebouwgebruik in de vorm van bedrijfstijden, aanwezigheid, branduren van de verlichting, draaiuren van de ventilatoren en de koelmachine etc. zijn echter, in afwijking van de norm, invoerparameters. Als “default” waarden zijn de getalswaarden uit de norm aangehouden. Daardoor is het mogelijk om al in een vroeg stadium, als nog niet alle details van het ontwerp bekend zijn, toch vast een benaderende berekening te maken.

In de vorm van “correcties” kan extra energiebesparing, als gevolg van (nog) niet in de berekening opgenomen technieken (zoals bijvoorbeeld PV-cellen), in rekening worden gebracht.

Het energiegebruik, berekend volgens de energiegebruiksberekening, wordt uitgedrukt in $m^3$ aeq ($m^3$ aardgasequivalent) voor de posten ruimte- en tapwaterverwarming en in kWh voor de posten koeling, ventilatoren, verlichting, bevochtiging, pompen en apparatuurgebruik.
De aldus verkregen cijfers worden tenslotte weer omgerekend in guldens milieulast.

De energiemodule berekent verder ook de energieprestatie van het kantoorgebouw conform de NEN 2916, uitgedrukt in de energieprestatiecoëfficiënt.
Het energiegebruik, berekend volgens de energiepresatieberekening, wordt uitgedrukt in MJ primair energiegebruik op jaarbasis.

## De drinkwatergebruiksberekening

De watermodule bevat de volgende onderdelen:

- voorzieningen
- sanitair
- regenwater

In de watermodule wordt het totale drinkwatergebruik en de hoeveelheid afvoerwater naar het riool berekend in $m^3$. Indien substitutie van drinkwater door regenwater plaatsvindt wordt tevens de benodigde inhoud van het regenwaterreservoir in $m^3$ berekend. Voor de berekening is de bepalingsmethode van de “Water Prestatie Normering” overgenomen, die door bureau Opmaat en Boom, in een definitieve versie is ontwikkeld in opdracht van de gemeente Utrecht.
Besparingen op het drinkwaterverbruik kunnen plaatsvinden door waterbesparende toiletten, kranen en douches. En tevens door voor de toiletspoeling en de besproeiing van de groenvoorzieningen drinkwater te vervangen door regen- of oppervlaktewater.

## Milieukostenberekening als gevolg van mobiliteit

De mobiliteitmodule bevat de volgende onderdelen:

- locatie
- openbaar vervoer
- eigen vervoer

Binnen de mobiliteitsmodule wordt de milieucomponent bereikbaarheid van een gebouw beoordeeld. Het gebruik van de verschillende vervoermiddelen (voet/fiets, trein, bus en auto) wordt ingeschat aan de hand van diverse invoergegevens. Afhankelijk van de vervuiling per reizigerskilometer (varieert per vervoermiddel) worden de verzonken milieukosten in guldens berekend.
Deze module ondersteunt met name het beslisproces met betrekking tot de locatie. Afwegingen tussen een stationslocatie, met een optimale bereikbaarheid per openbaar vervoer, tegenover een locatie in de wei met alleen een goede auto-ontsluiting, zijn mogelijk. Bovendien kan de afweging in een breder kader geplaatst worden: materiaalgebruik en energiegebruik kunnen in deze afweging worden meegenomen.
Tot slot kunnen in de mobiliteitsmodule de milieu-effecten van carpoolen kwantitatief benaderd worden.

## GreenCalc is ontwikkeld op basis van de knowhow van onderstaande organisaties

Stichting Sureac
Deze stichting is opgericht door milieuadviesbureau het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) en accountantskantoor BDO CampsObers. GreenCalc is eigendom van Sureac.

Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie
Het NIBE heeft met behulp met het TWIN-model een methode ontwikkeld om de milieubelasting van grondstof, materiaal, produkt en bouwdeel uit te drukken in zowel kwantitatieve grootheden (bv. kg C02) als kwalitatieve milieubelastingspunten. Deze methode is wetenschappelijk onderbouwd door een afgerond promotieonderzoek aan de TU Eindhoven. Tevens heeft het NIBE veel ervaring met het samenstellen van de milieukaarten (mika's) voor klanten die werken aan de ontwikkeling en realisatie van bouwprojckten.

BDO CampsObers
BDO heeft via een monetarisering van milieubelastingspunten een brug geslagen naar de 'klassieke' bedrijfseconomie. Het Centre of excellent vastgoed van BDO heeft deze methodiek vertaald naar milieu-investeringen, -afschrijvingen, kapitalisering en rendement. Bovendien kan een milieu verlies- en winstrekening worden opgesteld. Op die manier krijgen de portefeuillehouders van vastgoed een instrument in handen om op bedrijfseconomische wijze met de exploitatie de milieukwaliteit van de voorraad te sturen.

Erasmus Universiteit
De Erasmus Universiteit heeft de monetarisering van de milieubelastingspunten wetenschappelijk getoetst aan de waardering van het milieu en aan de consistentie binnen het economische verkeer.

DGMR
DGMR heeft niet alleen ervaring op het gebied van energie en andere bouwfysische aspecten, maar ook op het gebied van software-ontwikkeling. Deze combinatie heeft geresulteerd in het professionele softwareprogramma GreenCalc-design, waarin de modules bouwmaterialen, energie, water en mobiliteit zijn opgenomen. De energiemodule is door DGMR opgesteld.

BEDS
BEDS is ondergebracht in Sureac en verzorgt de research en development. BEDS heeft de mobiliteitsmodule voor GreenCalc ontwikkeld. Binnenkort zal de door BEDS ontwikkelde ruimtemodule aan GreenCalc worden toegevoegd.

opMAAT
Met haar kennis van dit specifieke terrein heeft opMAAT, in opdracht van Rijksgebouwendienst en Gemeente Utrecht, de basis voor de watermodule zoals die in GreenCalc wordt gebruikt, ontwikkeld.

[Het programma GreenCalc wordt op de markt gebracht door DGMR Raadgevende Ingenieurs b.v. (tel.: 070 350 39 99; fax: 070 358 47 52; e-mail: kl@dgmr.nl)]

# Bijlage 4: Materialen en hoeveelheden van de projecten

## Inleiding

In deze bijlage is het overzicht van de eigenschappen en hoeveelheden van de bijzondere materialen, zoals beschreven in hoofdstuk 5, opgenomen zoals die zijn afgeleid uit de beschikbare stukken.
Deze gegevens zijn in de tabellen in hoofdstuk 9 verwerkt.

In de uitvoergegevens van GreenCalc is duidelijk af te lezen hoeveel $m^2$ of $m^1$ is ingevoerd per materiaalsoort. De berekeningen zijn gebeurd op basis van de beschrijvingen die in hoofdstuk 3 al genoemd zijn en de schetsontwerptekeningen van de architecten. De beschrijvingen, uit hoofdstuk 3, zijn aangevuld met de ideëen die de architecten in de gesprekken hebben duidelijk gemaakt.
Dat betekent dat de ontwerpen bij de aanvang van de studie in wezen verder zijn uitgewerkt. Dat houdt in, dat bij een andere uitwerking dan hier gedaan, ook enigszins andere resultaten ten aanzien van de gerealiseerde milieukosten zouden worden gevonden.

## Mecanoo

Mecanoo spreekt in de beschrijvingen over glasvezelbeton voor draagconstructie, fundering, wanden en vloeren. Daarbij wordt ook gezegd dat het beton een hoog percentage puingranulaat moet bevatten. In de gesprekken met de architect is duidelijk geworden dat er zoveel mogelijk puingranulaat gebruikt moet worden.
Deze uitgangspunten zijn dezelfde als voor het biobeton zoals beschreven in paragraaf 5. Alle produkten die in GreenCalc zijn ingevoerd met “gewoon beton” moeten dus verrekend worden.

### *Fundering*

De architect gaat uit van biobeton, daarom zullen de milieukosten voor de werkvloer met 30% gereduceerd worden.

| | productomschrijving | hoeveelheid | milieukosten |
|---|---|---|---|
| Invoer in GreenCalc | **gewapend/ stampbeton** werkvloer | 400 $m^1$ | 116.541 |
| Uitgangspunt architect | **biobeton** | 400 $m^1$ | 81.578 |
| reductie | | | 34.963 |

### *Gevel zuid & gevel oost*

Voor de gevels heeft de architect gebruik gemaakt van een buitenblad van glas een isolatie van kurk en een binnenspouwblad van biobeton. Dit materiaal is in GreenCalc aan te maken als een samengesteld produkt met beton, voor biobeton moet nog een reductie worden uitgevoerd.

| | productomschrijving | hoeveelheid | milieukosten |
|---|---|---|---|
| Invoer in GreenCalc | glas/kurk/**beton** | 290 $m^2$ | 85.824 |
| Uitgangspunt architect | glas/kurk/**biobeton** | 290 $m^2$ | 60.076 |
| reductie | | | 25.748 |

### *Beganegrond vloer*

| | productomschrijving | hoeveelheid | milieukosten |
|---|---|---|---|
| Invoer in GreenCalc | **kanaalplaat**/PS/anhydriet | 900 $m^2$ | 140.697 |
| Uitgangspunt architect | **biobeton**/PS/anhydriet | 900 $m^2$ | 98.488 |
| reductie | | | 42.209 |

### *Dak*

| | productomschrijving | hoeveelheid | milieukosten |
|---|---|---|---|
| Invoer in GreenCalc | **kanaalplaat**/kurk | 688 $m^2$ | 105.314 |
| Uitgangspunt architect | **biobeton**/kurk | 688 $m^2$ | 73.720 |
| reductie | | | 31.594 |

### *Draagconstructie*

| | productomschrijving | hoeveelheid | milieukosten |
|---|---|---|---|
| Invoer in GreenCalc | **gewapend beton** | 1.078 $m^2$ | 319.009 |
| | **kanaalplaatvloer** | 2.200 $m^2$ | 336.760 |
| | **betonnen kolommen** | 273 $m^1$ | 41.649 |
| | **betonnen balken** | 240 $m^1$ | 36.614 |
| Uitgangspunt architect | **biobeton** | 1.078 $m^2$ | 191.405 |
| | **biobetonplaten** | 2.200 m2 | 235.732 |
| | **Biobeton kolommen** | 273 $m^1$ | 24.989 |
| | **biobeton balken** | 240 $m^1$ | 21.968 |
| reductie | | | 259.938 |

### *Totaal aan reducties Mecanoo*

| gebouwdelen | milieukosten |
|---|---|
| fundering | 34.963 |
| gevels | 25.748 |
| begane grond vloer | 42.209 |
| dak | 31.594 |
| draagconstructie | 259.938 |
| Totale reducties | 394.452 |

## Kristinsson

Superisolatieglas, translucent isolatiemateriaal en een translucent isolerende dak-constructie, zijn allemaal maatregelen die Kristinsson voorziet in zijn project en die niet in GreenCalc zijn in te voeren. Voor deze produkten zijn correcties bepaald die op de Greencalc uitvoer toegepast moeten worden. Voor super-isolatieglas hoeft geen correctie te worden uitgevoerd, zie paragraaf 5.1.
Om het extra materiaalgebruik voor translucent isolatiemateriaal, dat zich tussen twee ruiten bevindt, in rekening te brengen, wordt 12% toeslag gegeven op de milieukosten voor normaal dubbel(HR)glas.

In het ontwerp is echter geen plaats voor translucente isolatie, alle muren zijn bestaand, of nieuw en zijn dan ook aangegeven als uitgevoerd in kalkzandsteen, met kurk als isolatie en afgewerkt met leemstuc.
Bij de translucente isolerende dakconstructie moet een reductie van 80% worden uitgevoerd.

| | productomschrijving | hoeveelheid | milieukosten |
|---|---|---|---|
| Invoer in GreenCalc | **HR-glas,** dakramen | 530 $m^2$ | 10.543 |
| Uitgangspunt architect | **translucente isolerende dakconstructie** | 530 $m^2$ | 2.109 |
| reductie | | | 8.434 |

Dit is meteen ook de totale reductie voor het project van Kristinsson.

## Pijnenborgh

In het project van Pijnenborgh wordt gesproken over biobeton en thermotropische glasconstructies. voor thermotropische glasconstrucies wordt geen correctie uitgevoerd ten op zichte van HR-glasconstructies. De reductie op gebied van energie zal in de volgende bijlage meegenomen worden.
Biobeton heeft een aanzienlijke reductie ten opzichte van gewoon beton.
De reducties lopen van 30% tot 40%.

| | productomschrijving | hoeveelheid | milieukosten |
|---|---|---|---|
| Invoer in GreenCalc | **gewapend /stampbeton werkvloer** | 250 $m^1$ | 72.838 |
| | **betonnen kollommen** | 300 $m^1$ | 94.478 |
| | **betonnen balken** | 900 $m^1$ | 283.434 |
| Uitgangspunt architect | **biobeton vloer** | 250 $m^1$ | 50.987 |
| | **biobeton kollommen** | 300 $m^1$ | 56.687 |
| | **biobeton balken** | 900 $m^1$ | 170.060 |
| reductie | | | 173.016 |

## Kroll

Bij het project van Lucien Kroll zijn een tweetal andere producten gebruikt die niet in GreenCalc voorkomen. Zo spreekt hij o.a. van UV-doorlatend kwartsglas. Dit produkt is in paragraaf 5 beschreven, hierbij is vermeld, dat er geen verrekening hoeft plaats te vinden ten op zichte van HR-glas. Zoals vermeld in de beschrijvingen vermeldt Kroll ook dat er gebruik gemaakt wordt van translucente isolatie, dit heeft echter als probleem dat hij bijna geen nieuwe muren heeft waar dit in verwerkt kan worden. Daarom is deze maatregel vooralsnog niet meegenomen.
Ook is er sprake van translucente PV cellen. Hiervoor moet wel een correctie (5%) plaats vinden, zowel op materiaal als energie gebied.

| | productomschrijving | hoeveelheid | milieukosten |
|---|---|---|---|
| Invoer in GreenCalc | **HR-glas,** dakramen | 380 $m^2$ | 7.559 |
| Uitgangspunt architect | **translucente PV cellen** | 380 $m^2$ | 7.181 |
| reductie | | | 378 |

Dit is meteen ook de totale reductie voor het project Kroll.

## DTO project, referentie gebouw

AaCee 990331/0

Gebouw Referentie project, nieuwbouw
Nieuwbouw

Gebouwvorm

| | |
|---|---|
| Bruto vloeroppervlak | 4.099,00 m2 |
| Gebruiksoppervlak | 3.800,00 m2 |
| Beganegrondvloeroppervlak | 616,00 m2 |
| Dakoppervlak | 1.101,00 m2 |
| Oppervlak regenwaterafvoer | 1.101,00 m2 |
| Aantal bouwlagen | 7 |
| Aantal werknemers | 150 |

Gevels

| Orientatie | Gevelopp.[m2] | Raamperc. | Raamopp.[m2] |
|---|---|---|---|
| Zuid | 1.225 | 48 | 588 |
| Oost | 775 | 51 | 395 |
| Noord | 1.225 | 0 | 0 |
| West | 600 | 0 | 0 |

Gebouw Referentie project, nieuwbouw
Scenario nieuwbouw

Materiaal - overzicht milieukosten

| | | |
|---|---|---|
| Fundering | fl | 390.789 |
| Gebouwschil | fl | 1.014.495 |
| Draagconstructie | fl | 1.447.153 |
| Afwerking | fl | 377.126 |
| Afbouw | fl | 72.161 |
| Leidingen | fl | 0 |
| Inrichting | fl | 3.680 |
| Terrein | fl | 78.344 |
| | | + |
| Totale kosten | fl | 3.383.748 |

Verdeling milieucomponenten

| | | |
|---|---|---|
| Grondstoffen | fl | 176.858 |
| Verontreiniging | fl | 584.335 |
| Afval | fl | 1.235.737 |
| Hinder | fl | 184.153 |
| Aantasting | fl | 797.669 |
| Energie | fl | 404.995 |

CO2-uitstoot 392.863 kg

## DTO project, referentie gebouw

AaCee 990331/0

Gebouw Referentie project, nieuwbouw
Scenario nieuwbouw

Materiaal - invoergegevens

Fundering

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 154 | [2] gewap.betonnen fund.palen | 900 ml | 354mm | 157.534 |
| 266 | [1] gewap./stampbeton werkvloe | 800 ml | 600x300mm | 233.082 |
| 112 | [3] PVC-folie, bodemafsl. | 584 m2 | 0,07mm | 173 |
| 462 | [1] ophoogzand, ophoogzand | 0 m2 | 1000mm | 0 |
| | | | | 390.789 |

Gevel Zuid

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P2 | baksteen muur | 637 m2 | Rc= 2,9 | 139.705 |
| P8 | HR glas/alu kozijn | 588 m2 | U = 2,5 | 16.115 |
| | | | | 155.820 |

Gevel Oost

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P2 | baksteen muur | 380 m2 | Rc= 2,9 | 83.340 |
| P8 | HR glas/alu kozijn | 395 m2 | U = 2,5 | 10.825 |
| | | | | 94.166 |

Gevel Noord

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P4 | tussenmuur, extra dik+isoleren | 1225 m2 | Rc= 4,6 | 283.116 |
| | | | | 283.116 |

Gevel West

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P4 | tussenmuur, extra dik+isoleren | 180 m2 | Rc= 4,6 | 41.601 |
| P2 | baksteen muur | 420 m2 | Rc= 2,9 | 92.113 |
| | | | | 133.714 |

Beganegrondvloer

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 466 | [4] polyesterfolie, folies | 616 m2 | | 197 |
| P11 | ribben/ps/anhydriet | 616 m2 | Rc= 3,4 | 164.644 |
| | | | | 164.841 |

Dak

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P10 | kanaalpl/PS 150-100 | 1101 m2 | Rc= 2,9 | 182.838 |
| | | | | 182.838 |

**DTO project, referentie gebouw** **AaCee 990331/0**

Draagconstructie

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 0 m2 | 50mm | 0 |
| 158 | [2] betonnen kolommen (20% pui | 600 m1 | 600x300mm | 188.302 |
| 161 | [2] betonnen balken (20% puing | 700 m1 | 450x150mm | 82.382 |
| 454 | [2] in 't werk gestorte betonv | 3483 m2 | 180mm | 985.621 |
| P5 | tussenwanden | 3600 m2 | | 190.848 |
| P6 | deuren in tropisch hout | 400 m2 | | 0 |
| | | | | 1.447.153 |

Afwerking

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 214 | [1] aluminium, gevelafwerking | 965 m2 | 0,7mm | 23.075 |
| 235 | [1] sierpleister (acryl/latex/ | 800 m2 | 3mm | 4.162 |
| 228 | [2] highsolidverf (hout), schi | 0 m2 | 0,17mm | 0 |
| 240 | [1] keramische tegels, geglaz. | 440 m2 | 11mm | 5.714 |
| 247 | [1] meranti plinten, plinten | 3250 m1 | 5x50mm | 1.987 |
| 252 | [1] PVC (vinyl), vloerafwerkin | 3200 m2 | 3,2mm | 50.637 |
| 234 | [1] cementpleister, wandafw. ( | 3000 m2 | 12,5mm | 39.766 |
| 291 | [1] bitumen (overlap banen 8%) | 1100 m2 | 5mm | 11.847 |
| 298 | [2] betontegels, balastlaag | 1100 m2 | 30mm | 45.414 |
| 471 | [1] aluminium profielen (L-pro | 6850 m1 | 50x75mm | 51.693 |
| 476 | [1] PVC-folie, dakfolies | 1100 m2 | 0,25mm | 1.166 |
| 305 | [1] PUR, afdichtingen | 400 m1 | | 1.212 |
| 302 | [1] lood, slabben | 100 m1 | | 8.167 |
| 288 | [3] systeemplafond: houtwolmag | 3200 m2 | 25mm | 16.503 |
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 3200 m2 | 50mm | 115.783 |
| | | | | 377.126 |

Afbouw

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 312 | [2] beton, trappen | 14 stk | | 24.523 |
| 316 | [2] beton/staal, ballustrades | 60 m1 | | 41.525 |
| P6 | deuren in tropisch hout | 250 m2 | | 6.112 |
| | | | | 72.161 |

Inrichting

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 348 | [3] multiplex 5% UF , keukenbl | 13 stk | | 1.009 |
| 357 | [1] roestvrijstaal, aanrechtbl | 10 stk | | 965 |
| 358 | [3] porcelein, toiletcombinati | 30 stk | | 1.127 |
| 361 | [3] porcelein, wastafelcomb. | 40 stk | | 578 |
| | | | | 3.680 |

Terrein

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 368 | [1] asfalt, verharding | 800 m2 | 60mm | 71.191 |
| 391 | [1] PVC, drainagebuizen | 150 m1 | | 7.153 |
| | | | | 78.344 |

## DTO project, Mecanoo

AaCee 990331/1

Gebouw Kantoor van de toekomst, Mecanoo
Nieuwbouw

Gebouwvorm

| | |
|---|---|
| Bruto vloeroppervlak | 3.940,00 m2 |
| Gebruiksoppervlak | 3.545,00 m2 |
| Beganegrondvloeroppervlak | 1.140,00 m2 |
| Dakoppervlak | 1.962,00 m2 |
| Oppervlak regenwaterafvoer | 1.507,00 m2 |
| Aantal bouwlagen | 3 |
| Aantal werknemers | 150 |

Gevels

| Orientatie | Gevelopp.[m2] | Raamperc. | Raamopp.[m2] |
|---|---|---|---|
| Zuid | 614 | 66 | 405 |
| West | 310 | 54 | 167 |
| Oost | 233 | 65 | 151 |
| Noord | 528 | 0 | 0 |

Gebouw Kantoor van de toekomst, Mecanoo
Scenario nieuwbouw mecanoo

Materiaal - overzicht milieukosten

| | | |
|---|---|---|
| Fundering | fl | 116.723 |
| Gebouwschil | fl | 459.951 |
| Draagconstructie | fl | 752.341 |
| Afwerking | fl | 128.896 |
| Afbouw | fl | 8.117 |
| Leidingen | fl | 0 |
| Inrichting | fl | 2.167 |
| Terrein | fl | 0 |
| Totale kosten | fl | 1.468.194 |

Verdeling milieucomponenten

| | | |
|---|---|---|
| Grondstoffen | fl | 36.638 |
| Verontreiniging | fl | 246.895 |
| Afval | fl | 593.239 |
| Hinder | fl | 83.238 |
| Aantasting | fl | 358.328 |
| Energie | fl | 149.855 |

CO2-uitstoot 131.834 kg

## DTO project, Mecanoo

AaCee 990331/1

Gebouw Kantoor van de toekomst, Mecanoo
Scenario nieuwbouw mecanoo

Materiaal - invoergegevens

Fundering

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 266 | [1] gewap./stampbeton werkvloe | 400 m1 | 600x300mm | 116.541 |
| 113 | [1] stampbeton, bodemafsl. | 0 m2 | 30mm | 0 |
| 111 | [4] PE-folie, bodemafsl. | 900 m2 | 0,07mm | 181 |
| | | | | 116.723 |

Gevel Zuid

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P19 | glas/kurk/beton(20%) | 209 m2 | Rc= 5,0 | 65.660 |
| P27 | HR+, europees zachthout | 16 m2 | U = 1,9 | 314 |
| P29 | serre HR+ eur. zachthout | 294 m2 | U = 1,7 | 5.848 |
| P27 | HR+, europees zachthout | 94,5 m2 | U = 1,9 | 1.853 |
| | | | | 73.676 |

Gevel West

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P20 | Oude baksteen gevel, +kurk | 141 m2 | Rc= 5,0 | 866 |
| P27 | HR+, europees zachthout | 165 m2 | U = 1,9 | 3.236 |
| P9 | buitendeur in vurenhout | 4 m2 | U = 3,4 | 11 |
| | | | | 4.113 |

Gevel Oost

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P6 | dubbel glas/vuren | 0 m2 | U = 2,8 | 0 |
| P27 | HR+, europees zachthout | 67,5 m2 | U = 1,9 | 1.324 |
| P29 | serre HR+ eur. zachthout | 84 m2 | U = 1,7 | 1.671 |
| P19 | glas/kurk/beton(20%) | 81 m2 | Rc= 5,0 | 25.447 |
| | | | | 28.442 |

Gevel Noord

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P10 | scheidingsmuur | 0 m2 | Rc= 5,0 | 0 |
| P22 | baksteen/kurk/leemsteen | 528 m2 | Rc= 5,0 | 44.447 |
| | | | | 44.447 |

Beganegrondvloer

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 32 | [3] zand/PE/gew beton/EPS/zand | 0 m2 | Rc= 3,0 | 0 |
| 467 | [4] PE-folie, folies | 0 m2 | | 0 |
| P28 | anhydriet 50/kanaalpl 150/refl | 900 m2 | Rc= 5,0 | 173.530 |
| P31 | bestaande beg. grondvloer | 240 m2 | Rc= 5,0 | 10.281 |
| | | | | 183.812 |

## DTO project, Mecanoo

## AaCee 990331/1

Dak

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P15 | vegetatiedak, kanaalplaat/kurk | 688 m2 | Rc= 7,0 | 109.894 |
| P1 | vuren dakbeschot/geexpandeerde | 656 m2 | Rc= 5,0 | 6.979 |
| P30 | serredak HR+ eur. zachthout | 108 m2 | U = 1,7 | 2.148 |
| P30 | serredak HR+ eur. zachthout | 230 m2 | U = 1,7 | 4.575 |
| P32 | bestaand hellend dak | 280 m2 | Rc= 5,0 | 1.864 |
| | | | | 125.460 |

Draagconstructie

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 53 | [3] kanaalplaatvloer (0% puing | 2200 m2 | 150mm | 336.760 |
| 158 | [2] betonnen kolommen (20% pui | 273 m1 | 350x250mm | 41.649 |
| 65 | [1] gewapend beton (20% granul | 1078 m2 | 200mm | 319.009 |
| 117 | [3] vuren (gelam.) draagconstr | 132 m1 | 200x75mm | 441 |
| 53 | [3] kanaalplaatvloer (0% puing | 0 m2 | 150mm | 0 |
| 167 | [2] cellenbeton lijmblokken, m | 156 m2 | 70mm | 8.703 |
| P2 | vuren deur/ vuren kozijn | 0 m2 | | 0 |
| P3 | enkel glas(R)/ vurenkozijn | 7,2 m2 | | 69 |
| P4 | vuren tussenwanden | 276 m2 | | 1.366 |
| P3 | enkel glas(R)/ vurenkozijn | 198 m2 | | 1.910 |
| P4 | vuren tussenwanden | 160 m2 | | 792 |
| P2 | vuren deur/ vuren kozijn | 0 m2 | | 0 |
| 309 | [4] Europees zachthout (open), | 13 stk | | 1.707 |
| 161 | [2] betonnen balken (20% puing | 240 m1 | 350x250mm | 36.614 |
| 117 | [3] vuren (gelam.) draagconstr | 994 m1 | 200x75mm | 3.321 |
| | | | | 752.341 |

Afwerking

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 249 | [4] Europees zachthout delen/p | 3005 m2 | 22mm | 13.160 |
| 258 | [1] keramische tegels, geglaz. | 72 m2 | 11mm | 935 |
| 234 | [1] cementpleister, wandafw. ( | 369 m2 | 12,5mm | 4.891 |
| 240 | [1] keramische tegels, geglaz. | 150 m2 | 11mm | 1.948 |
| 263 | [4] natuursteen, cement, vloer | 450 m2 | 13mm | 9.829 |
| 263 | [4] natuursteen, cement, vloer | 18 m2 | 13mm | 393 |
| 227 | [3] natuurverf (hout), schilde | 0 m2 | 0,18mm | 0 |
| 290 | [4] EPDM (overlap banen 8%)(lo | 688 m2 | 1,2mm | 2.770 |
| 475 | [2] PE-folie, dakfolies | 688 m2 | 0,25mm | 495 |
| 297 | [3] grind, balastlaag | 688 m2 | 10mm | 2.495 |
| 303 | [4] EPDM, slabben | 300 m1 | | 759 |
| 307 | [3] natuurkit, afdichtingen | 200 m1 | | 43 |
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 2520 m2 | 50mm | 91.179 |
| | | | | 128.896 |

DTO project, Mecanoo AaCee 990331/1

Afbouw

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 309 | [4] Europees zachthout (open), | 0 stk | | 0 |
| 313 | [4] Europees zachthout, ballus | 50 ml | | 974 |
| 315 | [3] staal, ballustrades | 25 ml | | 5.891 |
| 313 | [4] Europees zachthout, ballus | 40 ml | | 779 |
| P2 | vuren deur/ vuren kozijn | 106 m2 | | 472 |
| | | | | 8.117 |

Inrichting

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 358 | [3] porcelein, toiletcombinati | 28 stk | | 1.052 |
| 361 | [3] porcelein, wastafelcomb. | 23 stk | | 332 |
| 348 | [3] multiplex 5% UF , keukenbl | 7 stk | | 543 |
| 355 | [4] Europees zachthout (mas., | 30 stk | | 239 |
| | | | | 2.167 |

**DTO project, Kristinsson** AaCee 990331/2

Gebouw Kantoor van de toekomst
Nieuwbouw

Gebouwvorm

| | |
|---|---|
| Bruto vloeroppervlak | 3.473,00 m2 |
| Gebruiksoppervlak | 2.761,00 m2 |
| Beganegrondvloeroppervlak | 1.126,00 m2 |
| Dakoppervlak | 1.670,00 m2 |
| Oppervlak regenwaterafvoer | 1.400,00 m2 |
| Aantal bouwlagen | 3 |
| Aantal werknemers | 150 |

Gevels

| Orientatie | Gevelopp.[m2] | Raamperc. | Raamopp.[m2] |
|---|---|---|---|
| Zuid | 640 | 53 | 340 |
| Oost | 359 | 45 | 160 |
| Noord | 349 | 2 | 5 |
| West | 165 | 15 | 25 |

Gebouw Kantoor van de toekomst
Scenario renovatie gebouw

Materiaal - overzicht milieukosten

| | | |
|---|---|---|
| Fundering | fl | 21.185 |
| Gebouwschil | fl | 143.047 |
| Draagconstructie | fl | 225.348 |
| Afwerking | fl | 116.270 |
| Afbouw | fl | 2.126 |
| Leidingen | fl | 0 |
| Inrichting | fl | 2.242 |
| Terrein | fl | 0 |
| Totale kosten | fl | 510.218 |

Verdeling milieucomponenten

| | | |
|---|---|---|
| Grondstoffen | fl | 18.477 |
| Verontreiniging | fl | 95.582 |
| Afval | fl | 147.494 |
| Hinder | fl | 32.693 |
| Aantasting | fl | 154.366 |
| Energie | fl | 61.606 |

CO2-uitstoot 72.717 kg

DTO project, Kristinsson AaCee 990331/2

Gebouw Kantoor van de toekomst
Scenario renovatie gebouw

Materiaal - invoergegevens

Fundering

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 265 | [3] kalkz.stn fund./zand onder | 120 ml | 600x300mm | 21.104 |
| 111 | [4] PE-folie, bodemafsl. | 403 m2 | 0,07mm | 81 |
| | | | | 21.185 |

Gevel Zuid

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P1 | oude baksteen muur | 300 m2 | Rc= 5,0 | 1.844 |
| P2 | nieuwe ramen in oude gevel | 160 m2 | U = 1,7 | 2.905 |
| P22 | serre HR+ europees zachthout | 120 m2 | U = 1,7 | 2.387 |
| P20 | HR+, Europees zachthout | 60 m2 | U = 1,9 | 1.177 |
| | | | | 8.312 |

Gevel Oost

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P1 | oude baksteen muur | 200 m2 | Rc= 5,0 | 1.229 |
| P2 | nieuwe ramen in oude gevel | 10 m2 | U = 1,7 | 182 |
| P22 | serre HR+ europees zachthout | 139 m2 | U = 1,7 | 2.765 |
| P20 | HR+, Europees zachthout | 10 m2 | U = 1,9 | 196 |
| | | | | 4.372 |

Gevel Noord

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P1 | oude baksteen muur | 224 m2 | Rc= 5,0 | 1.376 |
| P7 | nieuwe buitenwanden | 120 m2 | Rc= 5,0 | 20.382 |
| P20 | HR+, Europees zachthout | 5 m2 | U = 1,9 | 98 |
| | | | | 21.857 |

Gevel West

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P1 | oude baksteen muur | 140 m2 | Rc= 5,0 | 860 |
| P20 | HR+, Europees zachthout | 25 m2 | U = 1,9 | 490 |
| | | | | 1.351 |

Beganegrondvloer

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P8 | nieuwe begane grondvloer | 259 m2 | Rc= 5,0 | 49.938 |
| P17 | vloer van oude gebouw | 723 m2 | Rc= 5,0 | 30.973 |
| | | | | 80.911 |

## DTO project, Kristinsson

AaCee 990331/2

Dak

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P24 | serredak HR+ eur. zachthout | 530 m2 | U = 1,7 | 10.543 |
| P15 | oude hellende daken | 840 m2 | Rc= 5,0 | 8.936 |
| P18 | vegetatiedak hellend -->dak | 300 m2 | Rc= 7,0 | 6.766 |
| | | | | 26.245 |

Draagconstructie

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 56 | [3] cellenbetonvloer, vloer | 0 m2 | 200mm | 0 |
| 118 | [2] betonnen draagconstr.(20% | 400 m1 | 350x250mm | 61.024 |
| 57 | [4] leemsteenmetselwerk, dr.bi | 60 m2 | 140mm | 4.682 |
| 56 | [3] cellenbetonvloer, vloer | 964 m2 | 200mm | 156.295 |
| 309 | [4] Europees zachthout (open), | 6 stk | | 788 |
| 309 | [4] Europees zachthout (open), | 6 stk | | 788 |
| 117 | [3] vuren (gelam.) draagconstr | 530 m1 | 200x75mm | 1.771 |
| | | | | 225.348 |

Afwerking

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 230 | [4] leemstucwerk, wandafw. (bi | 800 m2 | 12,5mm | 5.574 |
| 249 | [4] Europees zachthout delen/p | 600 m2 | 22mm | 2.628 |
| 290 | [4] EPDM (overlap banen 8%)(lo | 0 m2 | 1,2mm | 0 |
| 297 | [3] grind, balastlaag | 300 m2 | 10mm | 1.088 |
| 307 | [3] natuurkit, afdichtingen | 100 m1 | | 21 |
| 290 | [4] EPDM (overlap banen 8%)(lo | 300 m2 | 1,2mm | 1.208 |
| 227 | [3] natuurverf (hout), schilde | 0 m2 | 0,18mm | 0 |
| 221 | [4] kookverf (hout), schilderw | 0 m2 | 0,12mm | 0 |
| 246 | [4] vuren plinten, plinten | 1000 m1 | 5x50mm | 50 |
| 303 | [4] EPDM, slabben | 100 m1 | | 253 |
| 253 | [4] wol/jutetapijt, vloerafwer | 200 m2 | 12mm | 850 |
| 243 | [4] keramische tegels, ongegla | 200 m2 | 13mm | 3.020 |
| 506 | [4] kurk, vloerafwerking | 0 m2 | 12mm | 0 |
| 506 | [4] kurk, vloerafwerking | 2521 m2 | 4mm | 1.076 |
| 261 | [4] keramische tegels, ongegla | 40 m2 | 13mm | 604 |
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 2761 m2 | 50mm | 99.899 |
| | | | | 116.270 |

Afbouw

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 309 | [4] Europees zachthout (open), | 0 stk | | 0 |
| 313 | [4] Europees zachthout, ballus | 84 m1 | | 1.636 |
| P25 | vuren deur + kozijn | 36 m2 | | 490 |
| | | | | 2.126 |

Inrichting

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 348 | [3] multiplex 5% UF , keukenbl | 7 stk | | 543 |
| 522 | [1] Europees multiplex (lijnol | 7 stk | | 239 |
| 358 | [3] porcelein, toiletcombinati | 30 stk | | 1.127 |
| 361 | [3] porcelein, wastafelcomb. | 23 stk | | 332 |
| | | | | 2.242 |

## DTO project, Renz Pijnenborgh

AaCee 990331/3

Gebouw kantoor van de toekomst, R.Pijnenborgh
Renovatie, bouwjaar 1920

Gebouwvorm

| | |
|---|---|
| Bruto vloeroppervlak | 4.214,00 m2 |
| Gebruiksoppervlak | 3.096,00 m2 |
| Beganegrondvloeroppervlak | 1.370,00 m2 |
| Dakoppervlak | 1.712,00 m2 |
| Oppervlak regenwaterafvoer | 1.404,00 m2 |
| Aantal bouwlagen | 3 |
| Aantal werknemers | 150 |

Gevels

| Orientatie | Gevelopp.[m2] | Raamperc. | Raamopp.[m2] |
|---|---|---|---|
| Noord | 306 | 0 | 0 |
| West | 200 | 35 | 70 |
| Oost | 221 | 37 | 82 |
| Zuid | 672 | 53 | 353 |

Materiaal - overzicht milieukosten

| | | |
|---|---|---|
| Fundering | fl | 72.838 |
| Gebouwschil | fl | 166.520 |
| Draagconstructie | fl | 405.138 |
| Afwerking | fl | 102.593 |
| Afbouw | fl | 6.076 |
| Leidingen | fl | 0 |
| Inrichting | fl | 2.535 |
| Terrein | fl | 0 |
| | | + |
| Totale kosten | fl | 755.700 |

Verdeling milieucomponenten

| | | |
|---|---|---|
| Grondstoffen | fl | 30.983 |
| Verontreiniging | fl | 106.641 |
| Afval | fl | 284.261 |
| Hinder | fl | 43.108 |
| Aantasting | fl | 193.036 |
| Energie | fl | 97.671 |

CO2-uitstoot 105.394 kg

## DTO project, Renz Pijnenborgh AaCee 990331/3

Gebouw kantoor van de toekomst, R.Pijnenborgh
Scenario renovatie kantoor van de toekomst

Materiaal - invoergegevens

Fundering

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 111 | [4] PE-folie, bodemafsl. | 0 m2 | 0,07mm | 0 |
| 266 | [1] gewap./stampbeton werkvloe | 250 m1 | 600x300mm | 72.838 |
| | | | | 72.838 |

Gevel Noord

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P1 | scheidingsmuur | 306 m2 | Rc= 5,0 | 25.759 |
| | | | | 25.759 |

Gevel West

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P2 | nieuwe gevel | 54 m2 | Rc= 5,0 | 8.760 |
| P16 | HR+, europees zachthout | 70 m2 | U = 1,9 | 1.373 |
| P15 | oude baksteen gevel+isolatie | 76 m2 | Rc= 5,0 | 467 |
| | | | | 10.600 |

Gevel Oost

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P15 | oude baksteen gevel+isolatie | 87 m2 | Rc= 5,0 | 535 |
| P16 | HR+, europees zachthout | 45 m2 | U = 1,9 | 883 |
| P18 | serre HR+ eur, zachthout | 37 m2 | U = 1,7 | 736 |
| P2 | nieuwe gevel | 52 m2 | Rc= 5,0 | 8.435 |
| | | | | 10.588 |

Gevel Zuid

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P15 | oude baksteen gevel+isolatie | 320 m2 | Rc= 5,0 | 1.966 |
| P18 | serre HR+ eur, zachthout | 264 m2 | U = 1,7 | 5.252 |
| P16 | HR+, europees zachthout | 88 m2 | U = 1,9 | 1.726 |
| | | | | 8.944 |

Beganegrondvloer

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 33 | [4] kleikorrels/PE/zandcement, | 448 m2 | Rc= 3,0 | 59.209 |
| 466 | [4] polyesterfolie, folies | 250 m2 | | 80 |
| P13 | begane grondvloer in oude gede | 672 m2 | Rc= 5,0 | 28.788 |
| | | | | 88.077 |

DTO project, Renz Pijnenborgh AaCee 990331/3

Dak

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P8 | vegetatiedak vuren/kurk | 472 m2 | Rc= 7,0 | 4.270 |
| P19 | serredak HR+ eur. zachthout | 698 m2 | U = 1,7 | 13.885 |
| P10 | nieuw plat vegetatiedak | 48 m2 | Rc= 7,0 | 1.083 |
| P14 | dak oude gedeelte | 498 m2 | Rc= 5,0 | 3.315 |
| | | | | 22.552 |

Draagconstructie

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 117 | [3] vuren (gelam.) draagconstr | 1170 m1 | 200x75mm | 3.910 |
| 117 | [3] vuren (gelam.) draagconstr | 600 m1 | 200x75mm | 2.005 |
| 158 | [2] betonnen kolommen (20% pui | 300 m1 | 425x425mm | 94.478 |
| 161 | [2] betonnen balken (20% puing | 900 m1 | 425x425mm | 283.434 |
| 52 | [4] vuren houten vloer (vuren | 984 m2 | 228mm | 15.641 |
| 165 | [3] leemsteenmetselwerk, mas.n | 50 m2 | 140mm | 3.902 |
| P11 | binnen ramen | 20 m2 | | 193 |
| P12 | vuren binnendeuren | 0 m2 | | 0 |
| 309 | [4] Europees zachthout (open), | 12 stk | | 1.575 |
| | | | | 405.138 |

Afwerking

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 230 | [4] leemstucwerk, wandafw. (bi | 120 m2 | 3mm | 201 |
| 230 | [4] leemstucwerk, wandafw. (bi | 306 m2 | 3mm | 512 |
| 243 | [4] keramische tegels, ongegla | 70 m2 | 13mm | 1.057 |
| 261 | [4] keramische tegels, ongegla | 40 m2 | 13mm | 604 |
| 297 | [3] grind, balastlaag | 520 m2 | 10mm | 1.885 |
| 475 | [2] PE-folie, dakfolies | 520 m2 | 0,25mm | 374 |
| 290 | [4] EPDM (overlap banen 8%)(lo | 520 m2 | 1,2mm | 2.093 |
| 236 | [3] vuren delen, wandafw. (bin | 200 m2 | 12mm | 2.087 |
| 227 | [3] natuurverf (hout), schilde | 0 m2 | 0,18mm | 0 |
| 221 | [4] kookverf (hout), schilderw | 0 m2 | 0,12mm | 0 |
| 307 | [3] natuurkit, afdichtingen | 100 m1 | | 21 |
| 303 | [4] EPDM, slabben | 100 m1 | | 253 |
| 246 | [4] vuren plinten, plinten | 1000 m1 | 5x50mm | 50 |
| 506 | [4] kurk, vloerafwerking | 2026 m2 | 4mm | 865 |
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 493 m2 | 50mm | 17.838 |
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 885 m2 | 50mm | 32.021 |
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 1181 m2 | 50mm | 42.731 |
| | | | | 102.593 |

DTO project, Renz Pijnenborgh AaCee 990331/3

Afbouw

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 309 | [4] Europees zachthout (open), | 0 stk | | 0 |
| 313 | [4] Europees zachthout, ballus | 300 ml | | 5.845 |
| P12 | vuren binnendeuren | 52 m2 | | 232 |
| | | | | 6.076 |

Inrichting

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 348 | [3] multiplex 5% UF , keukenbl | 11 stk | | 854 |
| 520 | [4] Europees zachthout (mas., | 11 stk | | 120 |
| 358 | [3] porcelein, toiletcombinati | 30 stk | | 1.127 |
| 361 | [3] porcelein, wastafelcomb. | 30 stk | | 434 |
| | | | | 2.535 |

## DTO project, Lucien Kroll

AaCee 990331/4

Gebouw Renovatie kantoor van de toekomst, L. Kroll
Renovatie, bouwjaar 1920

Gebouwvorm

| | |
|---|---|
| Bruto vloeroppervlak | 3.278,00 m2 |
| Gebruiksoppervlak | 2.950,00 m2 |
| Beganegrondvloeroppervlak | 1.129,00 m2 |
| Dakoppervlak | 1.590,00 m2 |
| Oppervlak regenwaterafvoer | 1.289,00 m2 |
| Aantal bouwlagen | 3 |
| Aantal werknemers | 150 |

Gevels

| Orientatie | Gevelopp.[m2] | Raamperc. | Raamopp.[m2] |
|---|---|---|---|
| Zuid | 561 | 41 | 230 |
| West | 84 | 40 | 34 |
| Oost | 370 | 30 | 110 |
| Noord | 827 | 19 | 157 |

Materiaal - overzicht milieukosten

| | | |
|---|---|---|
| Fundering | fl | 5.843 |
| Gebouwschil | fl | 87.549 |
| Draagconstructie | fl | 167 |
| Afwerking | fl | 77.874 |
| Afbouw | fl | 1.838 |
| Leidingen | fl | 0 |
| Inrichting | fl | 2.535 |
| Terrein | fl | 0 |
| Totale kosten | fl | 175.806 |

Verdeling milieucomponenten

| | | |
|---|---|---|
| Grondstoffen | fl | 9.987 |
| Verontreiniging | fl | 8.986 |
| Afval | fl | 39.642 |
| Hinder | fl | 13.020 |
| Aantasting | fl | 71.224 |
| Energie | fl | 32.947 |

CO2-uitstoot 6.870 kg

## DTO project, Lucien Kroll

AaCee 990331/4

Gebouw Renovatie kantoor van de toekomst, L. Kroll
Scenario Kantoor van de toekomst, L. Kroll

Materiaal - invoergegevens

Fundering

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 266 | [1] gewap./stampbeton werkvloe | 20 m1 | 600x300mm | 5.827 |
| 111 | [4] PE-folie, bodemafsl. | 80 m2 | 0,07mm | 16 |
| | | | | 5.843 |

Gevel Zuid

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P2 | oude ramen met dubbele beglazi | 134 m2 | U = 1,9 | 2.162 |
| P14 | Serre HR+ europees zachthout | 96 m2 | U = 1,7 | 1.910 |
| P12 | oude gevel met nieuwe interne | 331 m2 | Rc= 5,0 | 3.616 |
| | | | | 7.688 |

Gevel West

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P12 | oude gevel met nieuwe interne | 50 m2 | Rc= 5,0 | 546 |
| P2 | oude ramen met dubbele beglazi | 33,6 m2 | U = 1,9 | 542 |
| | | | | 1.088 |

Gevel Oost

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P12 | oude gevel met nieuwe interne | 260 m2 | Rc= 5,0 | 2.840 |
| P2 | oude ramen met dubbele beglazi | 110 m2 | U = 1,9 | 1.775 |
| | | | | 4.616 |

Gevel Noord

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P12 | oude gevel met nieuwe interne | 340 m2 | Rc= 5,0 | 3.714 |
| P2 | oude ramen met dubbele beglazi | 67 m2 | U = 1,9 | 1.081 |
| P14 | Serre HR+ europees zachthout | 90 m2 | U = 1,7 | 1.790 |
| P5 | scheidingswanden | 330 m2 | Rc= 5,0 | 0 |
| | | | | 6.586 |

Beganegrondvloer

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P16 | houten vloer in serre | 80 m2 | Rc= 5,0 | 1.296 |
| P7 | vloer in oude gedeelte | 1049 m2 | Rc= 5,0 | 44.939 |
| | | | | 46.234 |

**DTO project, Lucien Kroll** AaCee 990331/4

Dak

| code | productnaam | oppervlak | Rc/U | kosten |
|---|---|---|---|---|
| P8 | oude hellende daken | 850 m2 | Rc= 5,0 | 5.659 |
| P15 | serredak HR+ eur. zachthout | 380 m2 | U = 1,7 | 7.559 |
| P10 | vegetatiedak hellend --> plat | 360 m2 | Rc= 7,0 | 8.119 |
| | | | | 21.337 |

Draagconstructie

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 0 m2 | 50mm | 0 |
| 117 | [3] vuren (gelam.) draagconstr | 50 m1 | 200x75mm | 167 |
| P11 | nieuwe binnendeuren | 0 m2 | | 0 |
| | | | | 167 |

Afwerking

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 230 | [4] leemstucwerk, wandafw. (bi | 981 m2 | 3mm | 1.640 |
| 307 | [3] natuurkit, afdichtingen | 100 m1 | | 21 |
| 297 | [3] grind, balastlaag | 360 m2 | 10mm | 1.305 |
| 581 | [4] EPDM (overlap banen 8%) (g | 360 m2 | 1,2mm | 1.449 |
| 475 | [2] PE-folie, dakfolies | 360 m2 | 0,25mm | 259 |
| 227 | [3] natuurverf (hout), schilde | 0 m2 | 0,18mm | 0 |
| 221 | [4] kookverf (hout), schilderw | 0 m2 | 0,12mm | 0 |
| 246 | [4] vuren plinten, plinten | 100 m1 | 5x50mm | 5 |
| 303 | [4] EPDM, slabben | 100 m1 | | 253 |
| 506 | [4] kurk, vloerafwerking | 2838 m2 | 4mm | 1.211 |
| 243 | [4] keramische tegels, ongegla | 70 m2 | 13mm | 1.057 |
| 261 | [4] keramische tegels, ongegla | 40 m2 | 13mm | 604 |
| 44 | [3] anhydriet, dekvloer | 1934 m2 | 50mm | 69.977 |
| 506 | [4] kurk, vloerafwerking | 72 m2 | 12mm | 92 |
| | | | | 77.874 |

Afbouw

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 309 | [4] Europees zachthout (open), | 10 stk | | 1.313 |
| 313 | [4] Europees zachthout, ballus | 10 m1 | | 195 |
| P11 | nieuwe binnendeuren | 20 m2 | | 330 |
| | | | | 1.838 |

Inrichting

| code | productnaam | hoeveelheid | maat | kosten |
|---|---|---|---|---|
| 348 | [3] multiplex 5% UF , keukenbl | 11 stk | | 854 |
| 520 | [4] Europees zachthout (mas., | 11 stk | | 120 |
| 358 | [3] porcelein, toiletcombinati | 30 stk | | 1.127 |
| 361 | [3] porcelein, wastafelcomb. | 30 stk | | 434 |
| | | | | 2.535 |

# bijlage 5: Schatting energiegebruik per project

## Inleiding

In hoofdstuk 6 zijn de algemene uitgangspunten voor de invoer van de installaties in de GreenCalc berekeningen gegeven. In deze bijlage wordt per project de GreenCalc invoer gepresenteerd, voorafgegaan van een schatting van het effect van de serre's, die niet in de GreenCalc berekening kunnen worden meeggenomen en een schatting van de "aftrekpost" waarmee het effect van innovatieve oplossingen, samen met het effect van de serre's, in GreenCalc wordt ingevoerd.
Om de gevoeligheid voor de aanname dat op grote schaal van vernieuwbare energiebronnen gebruik wordt gemaakt te kunnen beoordelen, worden de aftrekposten ook een keer berekend met, naast de verbeteringen aan de apparatuur slechts een rendementsverhoging van de landelijke energieopwekking met een factor 1,5 in plaats van 25. Dit zijn de getallen tussen haakjes.

## Referentiegebouw

Voor dit gebouw is een standaard GreenCalc-berekening gemaakt.
Er zijn geen aftrekposten voor bijzondere installatievoorzieningen opgenomen.
Hoewel het een ontwerp van voor het via het bouwbesluit van kracht worden van de energieprestatienormering betreft, zijn de invoergrootheden zodanig gekozen dat aan de huidige (1998) regelgeving wordt voldaan (epc = 1,9). Een niveau dat voor overheidsgebouwen ook al van begin jaren '90 normaal was.

### *Gebouwgebruik*

| | |
|---|---|
| bedrijfstijd gebouw: | 08.00 - 18.00 uur |
| gemiddelde werktijd per werknemer: | 40 uur/week |
| gemiddelde aanwezigheid werknemers: | 80% |

### *Interne warmtelast*

| | |
|---|---|
| oppervlaktegebruik per persoon, gemiddeld: | 9-12 $m^2$ |
| interne warmtelast door personen: | 8 W/ $m^2$ |
| interne warmtelast computerapparatuur: | 20 W/ $m^2$ |

(gerekend is met 1 pc per persoon en 1 laserprinter per 2 personen)

### *Klimaatsysteem*

Verwarming en koeling via een 4-pijs-inductiesysteem.
Warmterugwinning via een warmtewiel. Geen bevochtiging
Terugregeling ventilatie tot 60% van het maximale debiet, via toerenregeling.

### *Warm tapwater*

Uitgegaan wordt van electrische doorstroomapparaten.

### *Verlichting*

Algemene verlichting met HF-fluorescentiebuizen, gezoneerd (11 W/m$^2$, vertrek).
In het gebouw wordt een “veegschakeling” toegepast

### *Liften*

Voor liften is uitgegaan van intensief gebruik.

## Schatting effect serre’s

Voor de berekeningen in GreenCalc is het glas van de serre’s gewoon ingevoerd als onderdeel van gevels en daken. Dat betekent dat voor de berekening van het warmteverlies door transmissie in het programma wordt uitgegaan van de ingestelde, normale binnentemperatuur voor kantoren. De warmtewinst door het glas wordt wel in de berekening meegenomen.
In de serre’s zal bij lage buitentemperaturen echter ook een lagere binnentemperatuur ontstaan. Daardoor neemt de warmtetransmissie af.
De berekeningen worden voor dit effect gecorrigeerd. Daarbij wordt uitgegaan van de verhouding tussen de oppervlakte van (binnen)gevels van aan de serre grenzende vertrekken en het verliesgevend oppervlak van de serre’s. Voor dit verliesgevend oppervlak wordt alleen naar het glas van de serre’s gekeken.
Voor de binnengevels wordt uitgegaan van een U-waarde van 1,0 W/m$^2$K, voor het glas in gevels en daken van U = 1,7 W/m$^2$K.

In de onderstaande tabel worden de oppervlaktes gegeven en de daaruit berekende factor waarmee de transmissie door het glas van de serre’s wordt verminderd.

Uiteraard is dit een vrij grove benadering van de effecten die met een serre worden bereikt. Binnen de mate waarin deze ontwerpen zijn uitgewerkt is echter een globale schatting voldoende.

### *Schatting reductie warmteverlies door serre’s*

| component / project | | Mecanoo | Kristinsson | Pijnenborgh | Kroll |
|---|---|---|---|---|---|
| oppervlakte binnengevels | m$^2$ | 410 | 510 | 360 | 134 |
| U-waarde | W/m$^2$.K | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| A*U | W/K | 410 | 510 | 360 | 134 |
| oppervlakte glas serres | m$^2$ | 716 | 789 | 999 | 566 |
| U-waarde | W/m$^2$.K | 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| A*U | W/K | 1217 | 1341 | 1698 | 962 |
| $Q_{transmissie}$ (glas) | m$^3$ aeq | 6279 | 6920 | 8761 | 4964 |
| correctiefactor | - | 0,75 | 0,72 | 0,83 | 0,88 |
| correctie | m$^3$ aeq | 4697 | 5013 | 7229 | 4357 |

Deze reducties worden als “correctie aardgasgebruik” ingevoerd in de GreenCalcberekening. De reducties ten gevolge van de overige innovatieve maatregelen worden apart bepaald (zie hierna) en in de tabellen in hoofdstuk 9 verwerkt.

# Mecanoo

## GreenCalc berekening

Het ontwerp maakt gebruik van voorverwarming van ventilatielucht via een overdekte patio, waardoor ‘s winters de buitenlucht al iets wordt opgewarmd.
Koeling wordt door koudeopslag in de bodem gerealiseerd.
Voor het benutten van passieve zonne-energie is aan de zuidgevel een groot warmte-accumulaterend vermogen gerealiseerd.
Voor de aanvullende opwekking van warmte (en koude ?) wordt gebruik gemaakt van een warmtepomp.
Het gebouw is in GreenCalc ingevoerd, zoals als algemeen voor de vier projecten beschreven, rekening houdend met natuurlijke ventilatie (incidenteel mechanisch).
Overige bijzonderheden komen bij de aftrekposten aan de orde.

## Aftrekposten

### *Verwarming*

De verwarming vindt plaats via passief en actief gebruik van zonne-energie en vloer- en wandverwarming. Verder wordt uitgegaan van een lage basistemperatuur en plaatselijke bijverwarming van de wisselplekken door “warmteschotten”. Opslag van (zonne)warmte vindt plaats via een systeem waarbij uit verhitting van twee afzonderlijke gassen, één synthesegas ontstaat, dat later weer uiteen kan vallen en de warmte weer kan afgeven.
Ten opzichte van de GreenCalcberekening met reductie voor de aanwezigheid van de serre (24.668 $m^3$ aeq) levert deze aanpak naar schatting een besparing op van 60%. Aanvullende warmte wordt geleverd via een warmtepomp. Voor de electrisch aangedreven warmtepomp geldt het algemene uitgangspunt van een rendementsverbetering t.o.v. de GreenCalc-berekening van een factor 60.
Dit alles leidt tot een aftrekpost van 1 - (1 - 0,6) / 60. 24.504 $m^3_{aeq}$
Bij een rendementsverbetering van de electriciteitsopwekking met een factor 1,5 (dus van 0,4 naar 0,6) wordt de totale rendementsverbetering bij gebruik van een warmtepomp, ten opzichte van de Greencalcberekening, een factor 3,6. (21.927 $m^3_{aeq}$)

### *Ventilatoren*

Er wordt slechts incidenteel gewerkt met mechanische ventilatie.
Ventilator-energie wordt in dit geval verwaarloosd. 0 kWh

### *Verlichting*

Uitgangspunt is een dat gevoed wordt door photo-voltaïsche cellen.
Uitgegaan wordt van een mogelijkheid van directe opslag.
Fossiele energie is niet meer nodig.
Dit betekent een aftrekpost ter grootte van het berekende gebruik. 52.924 kWh

### *Tapwater*

Uitgegaan wordt van warmte-opwekking via een warmtepomp.
Dat betekent een “rendementsverbetering” bij de opwekking met een factor 60 respectievelijk 3,6. Aftrekpost t.o.v. de berekende belasting (902 $m^3_{aeq}$) 1 - 1/60 respectievelijk 1 - 1/3,6

887 $m^3_{aeq}$
(651 $m^3_{aeq}$)

### *Pompen*

De pompen worden elektrisch aangedreven. Uitgaande van een verdere rendementsverbetering van pompen met ca 30% en van de electriciteits-opwekking met een rendement 10 resp. 0,6 t.o.v. fossiele energie (in de GreenCalcberekening is dat 0,40), volgt hier ten opzichte van het in GreenCalc berekende verbruik (3.903 kWh) een aftrekpost van 1 - (1 - 0,3)/25 respectievelijk 1 - (1 - 0,3)/1,5

3.794 kWh
(2.082 kWh)

### *Apparatuur en liften*

Voor apparatuur (28.301 kWh) geldt dat deze geheel gevoed wordt door uit photo-voltaïsche cellen verkregen electriciteit. De aftrekpost is derhalve gelijk aan het gebruik.

28.301 kWh

Voor liften (58.972 kWh) geldt hetzelfde als voor ventilatoren en pompen: aftrekpost 1 - (1 - 0,3)/25 respectievelijk 1 - (1 - 0,3)/1,5

57.321 kWh
(31.452 kWh)

**totaal aftrekposten aardgas**

**25.392 $m^3_{aeq}$**
(22.578 $m^3_{aeq}$)

**totaal aftrekposten electriciteit**

**142.340 kWh**
(114.759 kWh)

berekend gebruik in GreenCalc:

25.569 $m^3_{aeq}$
144.100 kWh

# Kristinsson

## GreenCalc berekening

In dit ontwerp wordt uitgegaan van een systeem met gebalanceerde ventilatie. Dit impliceert mechanische ventilatie. Hiermee is dan ook in de GreenCalc berekening rekening gehouden.
Verder zijn de uitgangspunten zoals geldig voor alle vier de ontwerpen toegepast.

## Aftrekposten

Verwarming

In de “oudbouw” wordt een lage basistemperatuur aangehouden (12 - 15 °C). Dat betekent dat deze basistemperatuur vrijwel vanzelf ontstaat door de warmte van mensen en verlichting/apparatuur. Incidenteeel zal moeten worden bijverwarmd. Verwarming van de werkplekken gebeurt plaatselijk. Dit betekent een reductie van de basis warmtebehoefte met 60% (aanname) t.o.v. de GreenCalc berekening. Ook voor de nieuwbouw wordt dit percentage aangehouden.

De voor de warmte-opwekking benodigde energie (electriciteit) komt in dit project uit brandstofcellen die met waterstof worden gevoed. Mogelijk kan deze waterstof voor een deel “in huis” worden geproduceerd m.b.v. de photo-voltaïsche zonne-energie.
Gesteld wordt, zie algemene uitgangspunten, dat dit leidt tot een electriciteits-opwekking met een “rendement” 10 t.o.v. fossiele energie.
Voor de warmteopwekking wordt uitgegaan van een elektrische warmtepomp (COP = 6). Dit leidt tot een totaalrendement voor warmte-opwekking van 60 (3,6 zonder gebruik van duurzame energie).
In de GreenCalc berekening is 1 aangehouden. In totaal wordt daarom van de verwarmingsenergie 1 - (1 - 0,6)/60 van het berekende gebruik (8.746 $m^3$ aeq) afgetrokken, c.q. 1 - (1 - 0,6)/3,6. 8.688 $m^3_{aeq}$ (7.774 $m^3_{aeq}$)

### *Ventilatoren*

In het project is voorzien in gebalanceerde vertilatie met warmteterugwinning (gebruik 26.259 kWh). De ventilatoren worden elektrisch aangedreven.
Uitgaande van een verdere rendementsverbetering van ventilatoren met ca 30% en electriciteitsopwekking met een rendement 10 respectievelijk 0,6 t.o.v. fossiele energie (in de GreenCalcberekening is dat 0,40), volgt hier een aftrekpost ten opzichte van het berekende gebruik van 1 - (1 - 0,3)/25 respectievelijk 1 - (1 - 0,3)/1,5 25.524 kWh (14.005 kWh)

### *Verlichting*

Uitgangspunt is een 12 V systeem dat gevoed wordt door photo-voltaïsche cellen. Uitgegaan wordt van directe opslag in accu’s. Fossiele energie is niet meer nodig. Dit betekent een vermindering ter grootte van het berekende gebruik. 41.220 kWh

### *Tapwater*

| | |
|---|---|
| De verwarming van tapwater gebeurt op dezelfde manier als de warmte-opwekking voor ruimteverwarming. Dat betekent een “rendementsverbetering” bij de opwekking met een factor 60, respectievelijk 3,6. Hier wordt derhalve | |
| 1 - 1/60 resp. 1 – 1/3,6 | 690 $m^3_{aeq}$ |
| van het berekende gebruik (702 $m^3$ aeq) afgetrokken. | (507 $m^3_{aeq}$) |

### *Pompen*

| | |
|---|---|
| Voor pompen (berekend gebruik 3.040 kWh) geldt hetzelfde als | 2.955 kWh |
| voor ventilatoren, aftrekpost 1 - (1 - 0,3)/25 resp. 1 - (1 - 0,3)/1,5 | (1.621 kWh) |

### *Apparatuur en liften*

| | |
|---|---|
| De kantoor-apparatuur zal voor het merendeel electrisch werken en geheel worden gevoed uit de photo-voltaïsche cellen. | |
| De aftrekpost is dus gelijk aan het berekende gebruik | 22.045 kWh |
| Voor de liften wordt er van uitgegaan dat voor de pieken moet worden bijgesprongen met electriciteit uit de brandstofcellen. | |
| Aangehouden wordt een reductie t.o.v. het berekende gebruik | 44.640 kWh |
| (45.926 kWh), zoals bij ventilatoren en pompen. | (24.494 kWh) |
| **totaal aftrekposten aardgas** | **9.378 $m^3_{aeq}$** (8.281 $m^3_{aeq}$) |
| **totaal aftrekposten electriciteit** | **136.384 kWh** (103.385 kWh |
| berekend gebruik in GreenCalc: | 9.448 $m^3_{aeq}$ 138.490 kWh |

## Pijnenborgh

Uitdrukkelijk wordt gesteld dat dit ontwerp geheel zelfvoorzienend is op gebied van energie en water. Dit komt tot uitdrukking in maximale aftrekposten, in ieder geval wat betreft de verwarmingskant.

### GreenCalc berekening

Het ontwerp maakt gebruik van natuurlijke ventilatie met voorverwarming via een serre en buffering van warmte- en koude in gebouwmassa. Voor de opwekking wordt gebruik gemaakt van passieve en actieve zonne-energie.
Het gebouw is in GreenCalc ingevoerd, zoals als algemeen voor de vier projecten beschreven, rekening houdend met natuurlijke ventilatie.
Overige bijzonderheden komen bij de aftrekposten aan de orde.

### Aftrekposten.

#### *Verwarming*

De warmte-overdracht in de vertrekken vindt plaats door wandverwarming. Ten opzichte van standaard centrale verwarming levert dit ca 20% besparing.
De verwarming (en eventueel koeling) vindt verder geheel plaats via passief of actief gebruik van zonne-energie.
Hierdoor blijft alleen energiegebruik van pompen over (zie hierna).
Het totale berekende gebruik voor verwarming wordt afgetrokken 20.072 $m^3_{aeq}$

#### *Ventilatoren*

Er is geen mechanische ventilatie 0 kWh

#### *Verlichting*

Alle benodigde energie komt uit photo-voltaïsche cellen, via een opslag in waterstofgas en brandstofcellen.
Dit leidt tot een aftrekpost, gelijk aan het berekende gebruik 46.221 kWh

#### *Tapwater*

De benodigde energie voor warm tapwater komt geheel uit de zon. 788 $m^3_{aeq}$

#### *Pompen*

Voor pompen (3.408 kWh) is de aftrekpost 1 - (1 - 0,3)/25 3.313 kWh
respectievelijk 1 - (1 - 0,3)/1,5 (1.818 kWh)

### *Apparatuur en liften*

| | |
|---|---|
| Alle benodigde energie komt uit photo-voltaïsche cellen, via een opslag in waterstofgas en brandstofcellen.<br>Dit leidt tot een aftrekpost, gelijk aan het berekende | 24.707 kWh |
| Voor liften (51.518 kWh) geldt hetzelfde als voor ventilatoren en pompen: aftrekpost 1 - (1 - 0,3)/25 resp. 1 - (1 - 0,3)/1,5 | 50.075 kWh<br>(27.476 kWh) |
| **totaal aftrekposten aardgas** | **20.860 $m^3_{aeq}$**<br>(20.860 $m^3_{aeq}$) |
| **totaal aftrekposten electriciteit** | **124.316 kWh**<br>(100.222 kWh) |
| berekend gebruik in GreenCalc: | 20.860 $m^3_{aeq}$<br>125.854 kWh |

# Kroll

## GreenCalc berekening

Het ontwerp maakt gebruik van voorverwarming van ventilatielucht via een glasoverdekte ruimte. Toevoer van lucht naar deze ruimte vindt plaats door buizen in de bodem, waardoor ‘s winters de buitenlucht al iets wordt opgewarmd en ‘s zomers voorgekoeld. Voor de aanvullende opwekking van warmte wordt gebruik gemaakt van passieve en actieve zonne-energie. Het gebouw is in GreenCalc ingevoerd, zoals als algemeen voor de vier projecten beschreven, rekening houdend met gebalanceerde ventilatie (die echter door natuurlijke luchtbeweging tot stand komt).
Overige bijzonderheden komen bij de aftrekposten aan de orde.

## Aftrekposten.

### *Verwarming*

De verwarming vindt geheel plaats via passief of actief gebruik van zonne-energie en aanvullende warmtepompen.
Verder wordt uigegaan van een lage basistemperatuur en plaatselijke bijverwarming via warmtewanden. Ten opzichte van de GreenCalcberekening (21.043 $m^3_{aeq}$) levert dit laatste naar schatting een besparing op van 40%.
Voor de opwekking van de resterende warmte wordt uitgegaan van electrisch aangedreven warmtepompen. Hiervoor geldt het algemene uitgangspunt van een rendementsverbetering t.o.v. de GreenCalcberekening van een factor 60 c.q. 3,6 — 20.833 $m^3_{aeq}$
Dit leidt tot een aftrekpost van 1 - (1 - 0,4) / 60 c.q. 3,6 — (17.536 $m^3_{aeq}$)

### *Ventilatoren*

Er wordt slechts incidenteel gewerkt met mechanische ventilatie.
Ventilator-energie wordt in dit geval verwaarloosd. — 0 kWh

### *Verlichting*

Uitgangspunt is een 12 V systeem dat gevoed wordt door photo-voltaïsche cellen. Uitgegaan wordt van directe opslag in accu’s.
Fossiele energie is niet meer nodig.
Dit betekent een aftrekpost ter grootte van het berekende gebruik. — 44.041 kWh

### *Tapwater*

Uitgegaan wordt van warmte-opwekking via een warmtepomp.
Dat betekent een “rendementsverbetering” bij de opwekking met een factor 60 c.q. 3,6. — 738 $m^3_{aeq}$
Aftrekpost t.o.v. de berekende belasting (750 $m^3$ aeq) 1 - 1/60 c.q. 3,6. — (542 $m^3_{aeq}$)

## Pompen — *3.157 kWh*

Voor pompen (3.248 kWh) is de aftrekpost 1 - (1 - 0,3)/25 c.q. 1,5 — (1.732 kWh)

### *Apparatuur en liften*

| | |
|---|---|
| Voor apparatuur (23.562 kWh) geldt dat deze geheel gevoed wordt door uit photo-voltaïsche cellen verkregen electriciteit.<br>De aftrekpost is derhalve gelijk aan het gebruik. | 23.562 kWh |
| Voor liften (49.088 kWh) geldt hetzelfde als voor ventilatoren en pompen: aftrekpost 1 - (1 - 0,3)/25 c.q. 1,5 | 47.714 kWh<br>(26.180 kWh) |
| **totaal aftrekposten aardgas** | **21.571 $m^3_{aeq}$**<br>(18.078$m^3_{aeq}$) |
| **totaal aftrekposten electriciteit** | **118.474 kWh**<br>(95.515 kWh) |
| berekend gebruik in GreenCalc: | 21.794 $m^3_{aeq}$<br>119.939 kWh |

## DTO project, referentie gebouw

AaCee 990331/0

```
Gebouw      Referentie project, nieuwbouw
Scenario    nieuwbouw

Energie  -  invoergegevens

Gebouwgebruik
  Bedrijfstijd gebouw van 08:00 tot 18:00
  Gemiddelde werktijd per werknemer 40,0 uur per week
  Gemiddelde aanwezigheid 80,0 % van de werktijd

Interne warmtelast
  Oppervlak-klasse kantoorvertrek per werknemer: 9-12 m2
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van personen: 8,00 W/m2
  Computerapparatuur-klasse: 1 PC + 1 laserprinter per 2p (200 Wpp)
    (apparatuur heeft geen auto-powerdown functie)
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van apparatuur: 20,00 W/m2
  Type scheidingswanden: licht
  Type borstwering: licht
  Type plafonds: gesloten

Klimatisering
  Warmteopwekking: HR-ketel, rendement = 0,85
  Klimaatsysteem: cv; koeling door 4-pijpsinductie, rendement = 0,75
  Asvermogen koelmachine: 49,71 kW
  Vollasturen koelmachine: 500,00 uur
  Ventilatievoud (zomer): 4,80 m3/hm3 gemiddeld in gebouw
  Warmteterugwinning: warmtewiel, rendement = 0,70
  Terugregeling/recirculatie: > 60% van maximum debiet
  Regelsysteem ventilatoren: toerenregeling
  Asvermogen ventilatoren: 33,72
  Tijdfractie (ventilatoren in bedrijf): 0,30
  Oppervlak zonnecollector (warmteopwekking): 0,00 m2

Warmtapwater
  Opwekkingstoestel: doorstroomtoestel: electrisch, rendement = 0,33
  Distributiesysteem: toestel < 3m van tappunt, rendement = 1,00
  Oppervlakte zonnecollector: 0,00
    orientatie = Zuid, helling = 45 graden

Bevochtiging
  Bevochtigd oppervlak: 0 % van Ag = 0,00 m2
  Niet-electrisch bevochtigingssysteem
  Geen vochtterugwinning aanwezig

Verlichting
  Verlichtingssysteem: plafondarmaturen, gezoneerd, HF
  Geen armatuurafzuiging aanwezig
  Vermogen per vertrek: 11,00 W/m2
  Vermogen gebouwniveau: 9,90 W/m2
  Verlichtinggschakeling: veegschakeling
  Oppervlakte daglichtsector: 23 % van Ag = 874,00 m2
```

**DTO project, referentie gebouw** AaCee 990331/0

```
  Regelfactoren
    daglicht:            0,70
    kunstlicht dag:      0,70
    kunstlicht avond:    0,50
  Branduren per jaar
    dagperiode      2.200
    avondperiode    400

Productiegebonden apparatuur en liften
  vermogen apparatuur              76,00 kW
  gebruiksduur apparatuur       1.331,20 uur/jaar
  vermogen liften                  57,00 kW
  gebruiksduur apparatuur       1.664,00 uur/jaar

Correctiewaarden
  Aftrekpost aardgasverbruik                    0 m3 aeq
  Aftrekpost electriciteitsverbruik             0 kWh
```

## DTO project, referentie gebouw

AaCee 990331/0

Gebouw Referentie project, nieuwbouw
Scenario nieuwbouw

Energie - overzicht milieukosten

Energiegebruik per jaar

| | | | |
|---|---|---|---|
| Verwarming | 38.809 m3 aeq | fl | 26.487 |
| Koeling | 28.570 kWh | fl | 2.000 |
| Ventilatoren | 52.698 kWh | fl | 3.689 |
| Verlichting | 65.459 kWh | fl | 4.582 |
| Tapwater | 1.640 m3 aeq | fl | 1.120 |
| Bevochting | 0 kWh | fl | 0 |
| Pompen | 8.367 kWh | fl | 586 |
| Apparatuur | 196.019 kWh | fl | 13.721 |
| Corr. electr.gebr. | 0 kWh | fl | 0 |
| Corr. aardgasgebr. | 0 m3 aeq | fl | 0 |
| Totaal electr.gebr. | 351.112 kWh | fl | 24.578 |
| Totaal aardgasgebr. | 40.450 m3 aeq | fl | 27.607 |

EPC = 1,90

Primair energiegebruik

| | |
|---|---|
| Qprim;verwarming | 1.351.003 MJ |
| Qprim;koeling | 325.747 MJ |
| Qprim;ventilatoren | 627.000 MJ |
| Qprim;verlichting | 720.708 MJ |
| Qprim;tapwater | 57.576 MJ |
| Qprim;bevochtiging | 0 MJ |
| Qprim;pompen | 91.200 MJ |
| Qpres;totaal | 3.173.234 MJ |
| Qpres;toelaatbaar | 3.178.320 MJ |

DTO project, Mecanoo AaCee 990331/1

```
Gebouw      Kantoor van de toekomst, Mecanoo
Scenario    nieuwbouw mecanoo

Energie  -  invoergegevens

Gebouwgebruik
  Bedrijfstijd gebouw van 06:00 tot 22:00
  Gemiddelde werktijd per werknemer 80,0 uur per week
  Gemiddelde aanwezigheid 80,0 % van de werktijd

Interne warmtelast
  Oppervlak-klasse kantoorvertrek per werknemer: 9-12 m2
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van personen: 8,00 W/m2
  Computerapparatuur-klasse: anders
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van apparatuur: 3,00 W/m2
  Type scheidingswanden: licht
  Type borstwering: licht
  Type plafonds: open

Klimatisering
  Warmteopwekking: warmtekracht of -pomp, rendement = 1,00
  Klimaatsysteem: cv; natuurlijke ventilatie, rendement = 0,95
  Asvermogen koelmachine: 0,00 kW
  Vollasturen koelmachine: 500,00 uur
  Ventilatievoud (zomer): 0,00 m3/hm3 gemiddeld in gebouw
  Warmteterugwinning: geen warmteterugwinning, rendement = 0,00
  Terugregeling/recirculatie: 0-20% van maximum debiet
  Regelsysteem ventilatoren: geen of smoorregeling
  Asvermogen ventilatoren: 0,00
  Tijdfractie (ventilatoren in bedrijf): 0,48
  Oppervlak zonnecollector (warmteopwekking): 0,00 m2

Warmtapwater
  Opwekkingstoestel: doorstroomtoestel: warmtekracht/-pomp, rendement = 0,70
  Distributiesysteem: toestel > 3m van tappunt, rendement = 0,80
  Oppervlakte zonnecollector: 0,00
    orientatie = Zuid, helling = 45 graden

Bevochtiging
  Bevochtigd oppervlak: 0 % van Ag = 0,00 m2
  Niet-electrisch bevochtigingssysteem
  Geen vochtterugwinning aanwezig

Verlichting
  Verlichtingssysteem: alleen werkplekverl., HF
  Geen armatuurafzuiging aanwezig
  Vermogen per vertrek: 10,00 W/m2
  Vermogen gebouwniveau: 9,00 W/m2
  Verlichtinggschakeling: dimschakeling
  Oppervlakte daglichtsector: 70 % van Ag = 2.481,50 m2
  Regelfactoren
```

DTO project, Mecanoo AaCee 990331/1

```
    daglicht:            0,20
    kunstlicht dag:      0,60
    kunstlicht avond:    0,50
  Branduren per jaar
    dagperiode      2.340
    avondperiode    1.820

Productiegebonden apparatuur en liften
  vermogen apparatuur              10,63 kW
  gebruiksduur apparatuur       2.662,40 uur/jaar
  vermogen liften                  17,72 kW
  gebruiksduur apparatuur       3.328,00 uur/jaar

Correctiewaarden
  Aftrekpost aardgasverbruik                    4.697 m3 aeq
  Aftrekpost electriciteitsverbruik             4.697 kWh
```

DTO project, Mecanoo AaCee 990331/1

Gebouw Kantoor van de toekomst, Mecanoo
Scenario nieuwbouw mecanoo

Energie - overzicht milieukosten

Energiegebruik per jaar

| | | | |
|---|---|---|---|
| Verwarming | 29.365 m3 aeq | fl | 20.041 |
| Koeling | 0 kWh | fl | 0 |
| Ventilatoren | 0 kWh | fl | 0 |
| Verlichting | 52.924 kWh | fl | 3.705 |
| Tapwater | 902 m3 aeq | fl | 615 |
| Bevochting | 0 kWh | fl | 0 |
| Pompen | 3.903 kWh | fl | 273 |
| Apparatuur | 87.273 kWh | fl | 6.109 |
| Corr. electr.gebr. | 0 kWh | fl | 0 |
| Corr. aardgasgebr. | -4.697 m3 aeq | fl | -3.206 |
| Totaal electr.gebr. | 144.100 kWh | fl | 10.087 |
| Totaal aardgasgebr. | 25.569 m3 aeq | fl | 17.451 |

EPC = 0,95

Primair energiegebruik

| | |
|---|---|
| Qprim;verwarming | 808.895 MJ |
| Qprim;koeling | 0 MJ |
| Qprim;ventilatoren | 0 MJ |
| Qprim;verlichting | 315.315 MJ |
| Qprim;tapwater | 31.652 MJ |
| Qprim;bevochtiging | 0 MJ |
| Qprim;pompen | 42.540 MJ |
| Qpres;totaal | 1.198.402 MJ |
| Qpres;toelaatbaar | 2.409.359 MJ |

DTO project, Kristinsson AaCee 990331/2

```
Gebouw      Kantoor van de toekomst
Scenario    renovatie gebouw

Energie  -  invoergegevens

Gebouwgebruik
  Bedrijfstijd gebouw van 06:00 tot 22:00
  Gemiddelde werktijd per werknemer 80,0 uur per week
  Gemiddelde aanwezigheid 80,0 % van de werktijd

Interne warmtelast
  Oppervlak-klasse kantoorvertrek per werknemer: 9-12 m2
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van personen: 8,00 W/m2
  Computerapparatuur-klasse: anders
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van apparatuur: 3,00 W/m2
  Type scheidingswanden: zwaar
  Type borstwering: zwaar
  Type plafonds: open

Klimatisering
  Warmteopwekking: warmtekracht of -pomp, rendement = 1,00
  Klimaatsysteem: cv; mech. ventilatie, rendement = 0,95
  Asvermogen koelmachine: 0,00 kW
  Vollasturen koelmachine: 500,00 uur
  Ventilatievoud (zomer): 2,50 m3/hm3 gemiddeld in gebouw
  Warmteterugwinning: anders, rendement = 0,80
  Terugregeling/recirculatie: > 60% van maximum debiet
  Regelsysteem ventilatoren: toerenregeling
  Asvermogen ventilatoren: 10,26
  Tijdfractie (ventilatoren in bedrijf): 0,48
  Oppervlak zonnecollector (warmteopwekking): 0,00 m2

Warmtapwater
  Opwekkingstoestel: doorstroomtoestel: warmtekracht/-pomp, rendement = 0,70
  Distributiesysteem: toestel > 3m van tappunt, rendement = 0,80
  Oppervlakte zonnecollector: 0,00
    orientatie = Zuid, helling = 45 graden

Bevochtiging
  Bevochtigd oppervlak: 0 % van Ag = 0,00 m2
  Niet-electrisch bevochtigingssysteem
  Geen vochtterugwinning aanwezig

Verlichting
  Verlichtingssysteem: alleen werkplekverl., HF
  Geen armatuurafzuiging aanwezig
  Vermogen per vertrek: 10,00 W/m2
  Vermogen gebouwniveau: 9,00 W/m2
  Verlichtinggschakeling: dimschakeling
  Oppervlakte daglichtsector: 70 % van Ag = 1.932,70 m2
  Regelfactoren
```

DTO project, Kristinsson AaCee 990331/2

```
    daglicht:            0,20
    kunstlicht dag:      0,60
    kunstlicht avond:    0,50
  Branduren per jaar
    dagperiode       2.340
    avondperiode     1.820

Productiegebonden apparatuur en liften
  vermogen apparatuur                 8,28 kW
  gebruiksduur apparatuur         2.662,40 uur/jaar
  vermogen liften                    13,80 kW
  gebruiksduur apparatuur         3.328,00 uur/jaar

Correctiewaarden
  Aftrekpost aardgasverbruik                    5.013 m3 aeq
  Aftrekpost electriciteitsverbruik             5.013 kWh
```

DTO project, Kristinsson AaCee 990331/2

Gebouw Kantoor van de toekomst
Scenario renovatie gebouw

Energie - overzicht milieukosten

Energiegebruik per jaar

| | | | |
|---|---|---|---|
| Verwarming | 13.759 m3 aeq | fl | 9.391 |
| Koeling | 0 kWh | fl | 0 |
| Ventilatoren | 26.259 kWh | fl | 1.838 |
| Verlichting | 41.220 kWh | fl | 2.885 |
| Tapwater | 702 m3 aeq | fl | 479 |
| Bevochting | 0 kWh | fl | 0 |
| Pompen | 3.040 kWh | fl | 213 |
| Apparatuur | 67.971 kWh | fl | 4.758 |
| Corr. electr.gebr. | 0 kWh | fl | 0 |
| Corr. aardgasgebr. | -5.013 m3 aeq | fl | -3.421 |
| Totaal electr.gebr. | 138.489 kWh | fl | 9.694 |
| Totaal aardgasgebr. | 9.449 m3 aeq | fl | 6.449 |

EPC = 1,01

Primair energiegebruik

| | |
|---|---|
| Qprim;verwarming | 496.947 MJ |
| Qprim;koeling | 0 MJ |
| Qprim;ventilatoren | 185.250 MJ |
| Qprim;verlichting | 256.194 MJ |
| Qprim;tapwater | 24.652 MJ |
| Qprim;bevochtiging | 0 MJ |
| Qprim;pompen | 33.132 MJ |
| Qpres;totaal | 996.174 MJ |
| Qpres;toelaatbaar | 1.876.514 MJ |

DTO project, Renz Pijnenborgh AaCee 990331/3

```
Gebouw      kantoor van de toekomst, R.Pijnenborgh
Scenario    renovatie kantoor van de toekomst

Energie  -  invoergegevens

Gebouwgebruik
  Bedrijfstijd gebouw van 06:00 tot 22:00
  Gemiddelde werktijd per werknemer 80,0 uur per week
  Gemiddelde aanwezigheid 80,0 % van de werktijd

Interne warmtelast
  Oppervlak-klasse kantoorvertrek per werknemer: 9-12 m2
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van personen: 8,00 W/m2
  Computerapparatuur-klasse: anders
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van apparatuur: 3,00 W/m2
  Type scheidingswanden: zwaar
  Type borstwering: zwaar
  Type plafonds: open

Klimatisering
  Warmteopwekking: warmtekracht of -pomp, rendement = 1,00
  Klimaatsysteem: cv; natuurlijke ventilatie, rendement = 0,95
  Asvermogen koelmachine: 0,00 kW
  Vollasturen koelmachine: 500,00 uur
  Ventilatievoud (zomer): 0,00 m3/hm3 gemiddeld in gebouw
  Warmteterugwinning: geen warmteterugwinning, rendement = 0,00
  Terugregeling/recirculatie: 0-20% van maximum debiet
  Regelsysteem ventilatoren: geen of smoorregeling
  Asvermogen ventilatoren: 0,00
  Tijdfractie (ventilatoren in bedrijf): 0,48
  Oppervlak zonnecollector (warmteopwekking): 0,00 m2

Warmtapwater
  Opwekkingstoestel: doorstroomtoestel: warmtekracht/-pomp, rendement = 0,70
  Distributiesysteem: toestel > 3m van tappunt, rendement = 0,80
  Oppervlakte zonnecollector: 0,00
    orientatie = Zuid, helling = 45 graden

Bevochtiging
  Bevochtigd oppervlak: 0 % van Ag = 0,00 m2
  Niet-electrisch bevochtigingssysteem
  Geen vochtterugwinning aanwezig

Verlichting
  Verlichtingssysteem: alleen werkplekverl., HF
  Geen armatuurafzuiging aanwezig
  Vermogen per vertrek: 10,00 W/m2
  Vermogen gebouwniveau: 9,00 W/m2
  Verlichtinggschakeling: dimschakeling
  Oppervlakte daglichtsector: 70 % van Ag = 2.167,20 m2
  Regelfactoren
```

DTO project, Renz Pijnenborgh AaCee 990331/3

```
    daglicht:            0,20
    kunstlicht dag:      0,60
    kunstlicht avond:    0,50
  Branduren per jaar
    dagperiode       2.340
    avondperiode     1.820

Productiegebonden apparatuur en liften
  vermogen apparatuur                9,28 kW
  gebruiksduur apparatuur        2.662,40 uur/jaar
  vermogen liften                   15,48 kW
  gebruiksduur apparatuur        3.328,00 uur/jaar

Correctiewaarden
  Aftrekpost aardgasverbruik                    7.229 m3 aeq
  Aftrekpost electriciteitsverbruik             7.229 kWh
```

DTO project, Renz Pijnenborgh AaCee 990331/3

Gebouw kantoor van de toekomst, R.Pijnenborgh
Scenario renovatie kantoor van de toekomst

Energie - overzicht milieukosten

Energiegebruik per jaar

| | | | |
|---|---|---|---|
| Verwarming | 27.301 m3 aeq | fl | 18.633 |
| Koeling | 0 kWh | fl | 0 |
| Ventilatoren | 0 kWh | fl | 0 |
| Verlichting | 46.221 kWh | fl | 3.235 |
| Tapwater | 788 m3 aeq | fl | 537 |
| Bevochting | 0 kWh | fl | 0 |
| Pompen | 3.408 kWh | fl | 239 |
| Apparatuur | 76.225 kWh | fl | 5.336 |
| Corr. electr.gebr. | 0 kWh | fl | 0 |
| Corr. aardgasgebr. | -7.229 m3 aeq | fl | -4.934 |
| Totaal electr.gebr. | 125.854 kWh | fl | 8.810 |
| Totaal aardgasgebr. | 20.860 m3 aeq | fl | 14.237 |

EPC = 1,03

Primair energiegebruik

| | |
|---|---|
| Qprim;verwarming | 796.803 MJ |
| Qprim;koeling | 0 MJ |
| Qprim;ventilatoren | 0 MJ |
| Qprim;verlichting | 275.901 MJ |
| Qprim;tapwater | 27.643 MJ |
| Qprim;bevochtiging | 0 MJ |
| Qprim;pompen | 37.152 MJ |
| Qpres;totaal | 1.137.499 MJ |
| Qpres;toelaatbaar | 2.104.196 MJ |

DTO project, Lucien Kroll AaCee 990331/4

```
Gebouw      Renovatie kantoor van de toekomst, L. Kroll
Scenario    Kantoor van de toekomst, L. Kroll

Energie  -  invoergegevens

Gebouwgebruik
  Bedrijfstijd gebouw van 06:00 tot 22:00
  Gemiddelde werktijd per werknemer 80,0 uur per week
  Gemiddelde aanwezigheid 80,0 % van de werktijd

Interne warmtelast
  Oppervlak-klasse kantoorvertrek per werknemer: 9-12 m2
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van personen: 8,00 W/m2
  Computerapparatuur-klasse: anders
  Interne warmtelast per vertrek als gevolg van apparatuur: 3,00 W/m2
  Type scheidingswanden: zwaar
  Type borstwering: zwaar
  Type plafonds: open

Klimatisering
  Warmteopwekking: warmtekracht of -pomp, rendement = 1,00
  Klimaatsysteem: cv; natuurlijke ventilatie, rendement = 0,95
  Asvermogen koelmachine: 0,00 kW
  Vollasturen koelmachine: 500,00 uur
  Ventilatievoud (zomer): 0,00 m3/hm3 gemiddeld in gebouw
  Warmteterugwinning: geen warmteterugwinning, rendement = 0,00
  Terugregeling/recirculatie: 0-20% van maximum debiet
  Regelsysteem ventilatoren: geen of smoorregeling
  Asvermogen ventilatoren: 0,00
  Tijdfractie (ventilatoren in bedrijf): 0,48
  Oppervlak zonnecollector (warmteopwekking): 0,00 m2

Warmtapwater
  Opwekkingstoestel: doorstroomtoestel: warmtekracht/-pomp, rendement = 0,70
  Distributiesysteem: toestel > 3m van tappunt, rendement = 0,80
  Oppervlakte zonnecollector: 0,00
    orientatie = Zuid, helling = 45 graden

Bevochtiging
  Bevochtigd oppervlak: 0 % van Ag = 0,00 m2
  Niet-electrisch bevochtigingssysteem
  Geen vochtterugwinning aanwezig

Verlichting
  Verlichtingssysteem: alleen werkplekverl., HF
  Geen armatuurafzuiging aanwezig
  Vermogen per vertrek: 10,00 W/m2
  Vermogen gebouwniveau: 9,00 W/m2
  Verlichtinggschakeling: dimschakeling
  Oppervlakte daglichtsector: 70 % van Ag = 2.065,00 m2
  Regelfactoren
```

DTO project, Lucien Kroll AaCee 990331/4

```
    daglicht:            0,20
    kunstlicht dag:      0,60
    kunstlicht avond:    0,50
  Branduren per jaar
    dagperiode       2.340
    avondperiode     1.820

Productiegebonden apparatuur en liften
  vermogen apparatuur                 8,85 kW
  gebruiksduur apparatuur         2.662,40 uur/jaar
  vermogen liften                    14,75 kW
  gebruiksduur apparatuur         3.328,00 uur/jaar

Correctiewaarden
  Aftrekpost aardgasverbruik                      4.357 m3 aeq
  Aftrekpost electriciteitsverbruik               4.357 kWh
```

**DTO project, Lucien Kroll** AaCee 990331/4

Gebouw Renovatie kantoor van de toekomst, L. Kroll
Scenario Kantoor van de toekomst, L. Kroll

Energie - overzicht milieukosten

Energiegebruik per jaar

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Verwarming | 25.400 | m3 aeq | fl | 17.336 |
| Koeling | 0 | kWh | fl | 0 |
| Ventilatoren | 0 | kWh | fl | 0 |
| Verlichting | 44.041 | kWh | fl | 3.083 |
| Tapwater | 750 | m3 aeq | fl | 512 |
| Bevochting | 0 | kWh | fl | 0 |
| Pompen | 3.248 | kWh | fl | 227 |
| Apparatuur | 72.650 | kWh | fl | 5.086 |
| Corr. electr.gebr. | 0 | kWh | fl | 0 |
| Corr. aardgasgebr. | -4.357 | m3 aeq | fl | -2.974 |
| Totaal electr.gebr. | 119.939 | kWh | fl | 8.396 |
| Totaal aardgasgebr. | 21.794 | m3 aeq | fl | 14.874 |

EPC = 0,99

Primair energiegebruik

| | | |
|---|---|---|
| Qprim;verwarming | 702.057 | MJ |
| Qprim;koeling | 0 | MJ |
| Qprim;ventilatoren | 0 | MJ |
| Qprim;verlichting | 275.901 | MJ |
| Qprim;tapwater | 26.339 | MJ |
| Qprim;bevochtiging | 0 | MJ |
| Qprim;pompen | 35.400 | MJ |
| Qpres;totaal | 1.039.697 | MJ |
| Qpres;toelaatbaar | 2.004.968 | MJ |

# Bijlage 6: Watergebruik per project; in- en uitvoer GreenCalc

DTO project, referentie gebouw AaCee 990331/0

```
Gebouw      Referentie project, nieuwbouw
Scenario    nieuwbouw

Water  -  invoergegevens

In het gebouw zijn de volgende voorzieningen aanwezig:
  Kookvoorzieningen in de vorm van: restaurant
  Bevochtiging: 10 % van de gebruiksoppervlakte (Ag)
  Sportvoorziening aanwezig
  Besproeiing groenvoorziening aanwezig

Toiletten
  Standaard 9-liter reservoir:    70,0 %
  6-liter reservoir:               0,0 %
  Toilet met spoelonderbreking:    0,0 %
  Urinoir                         30,0 %
  4-liter reservoir:               0,0 %
  Composttoilet                    0,0 %

Kranen en douches
  Kraantype toiletruimten: normale kranen
  Kraantype kookvoorzieningen: normale kranen
  Kraantype sportvoorzieningen: normale kranen
  Type douches: standaard douchekoppen

Substitutie van drinkwater afwezig

Opvangoppervlak regenwater
  Dakpannen:              0,0 m2
  Bitumen/grind:          0,0 m2
  Vegetatiedak:           0,0 m2


Water  -  overzicht milieukosten

                    Drinkwaterverbruik     Milieukosten
per jaar                     1.435 m3      fl     13.045
levensduur                 107.629 m3      fl    978.345


Drinkwaterverbruik per werknemer per dag    47,84 ltr
Afvoer naar het riool per jaar              1.503 m3
Inhoud regenwaterreservoir                   0,00 m3
```

Van de vier DTO-projecten is de in- en uitvoer vrijwel identiek.
Hier wordt er één getoond.

**DTO project, Kristinsson** AaCee 990331/2

```
Gebouw      Kantoor van de toekomst
Scenario    renovatie gebouw

Water  -  invoergegevens

In het gebouw zijn de volgende voorzieningen aanwezig:
  Kookvoorzieningen in de vorm van: restaurant
  Bevochtiging: 0 % van de gebruiksoppervlakte (Ag)
  Sportvoorziening aanwezig
  Besproeiing groenvoorziening aanwezig

Toiletten
  Standaard 9-liter reservoir:      0,0 %
  6-liter reservoir:                0,0 %
  Toilet met spoelonderbreking:     0,0 %
  Urinoir                          30,0 %
  4-liter reservoir:                0,0 %
  Composttoilet                    70,0 %

Kranen en douches
  Kraantype toiletruimten: kranen met volumestroombegrenzers
  Kraantype kookvoorzieningen: kranen met volumestroombegrenzers
  Kraantype sportvoorzieningen: kranen met volumestroombegrenzers
  Type douches: waterbesparende douchekop

Substitutie van drinkwater door regenwater
  Substitutie van drinkwater voor toiletspoeling
  Substitutie van drinkwater voor besproeiing groenvoorziening
  Regenwaterfilter aanwezig

Opvangoppervlak regenwater
  Dakpannen:          1.100,0 m2
  Bitumen/grind:          0,0 m2
  Vegetatiedak:         300,0 m2


Water  -  overzicht milieukosten

                    Drinkwaterverbruik      Milieukosten
per jaar                       741 m3      fl       6.736
levensduur                  55.575 m3      fl     505.177


Drinkwaterverbruik per werknemer per dag    24,70 ltr
Afvoer naar het riool per jaar                837 m3
Inhoud regenwaterreservoir                  26,59 m3
```

# Bijlage 7: Mobiliteit per project; in- en uitvoer GreenCalc

DTO project, referentie gebouw AaCee 990331/0

```
Gebouw      Referentie project, nieuwbouw
Scenario    nieuwbouw

Mobiliteit  -  invoergegevens

Lokatie
  Gebouwlokatie: binnenstedelijke lokatie
  Bebouwingsdichtheid: >600 pers./km2
  Type werkzaamheden: intern kantoorwerk (gem. bezetting 85%)

Openbaar vervoer
  Afstand spoorwegaansluiting: 1,0 km
  Treinfrequentie in de ochtendspits: 4,0 x per uur
  Afstand bus-/tramhalte: 0,5 km
  Bus-/tramfrequentie in de ochtendspits: 6,0 x per uur

Eigen vervoer
  Afstand aansluiting op snelweg: 2,0 km
  Aard van de toegangswegen: wijkontsluiting
  Afstand parkeervoorzieningen: 0,1 km
  Parkeercapaciteit: 0,5 parkeerplaatsen per werknemer
  Aard van de voetpaden: gecomb. voet/fietspad visueel gesch. van rijbaan
  Bezettingsgraad auto's:  60,0 % 1 persoon per auto
                           30,0 % 2 personen per auto
                            7,0 % 3 personen per auto
                            3,0 % 4 personen per auto


Mobiliteit  -  overzicht milieukosten

              verdeling          per jaar            levensduur
  Voet/fiets    20,68 %     fl          0       fl            0
  Trein         24,57 %     fl        500       fl       37.484
  Bus           31,88 %     fl      1.081       fl       81.062
  Auto          22,87 %     fl      4.542       fl      340.643
                            ---------------+    ----------------+
  Totaal                    fl      6.123       fl      459.189
```

Van de vier DTO-projecten is de in- en uitvoer vrijwel identiek.
Hier wordt er één getoond.

**DTO project, Kristinsson** AaCee 990331/2

```
Gebouw      Kantoor van de toekomst
Scenario    renovatie gebouw

Mobiliteit  -  invoergegevens

Lokatie
  Gebouwlokatie: binnenstedelijke lokatie
  Bebouwingsdichtheid: >600 pers./km2
  Type werkzaamheden: intern kantoorwerk (gem. bezetting 85%)

Openbaar vervoer
  Afstand spoorwegaansluiting: 1,0 km
  Treinfrequentie in de ochtendspits: 12,0 x per uur
  Afstand bus-/tramhalte: 0,5 km
  Bus-/tramfrequentie in de ochtendspits: 20,0 x per uur

Eigen vervoer
  Afstand aansluiting op snelweg: 10,0 km
  Aard van de toegangswegen: wijkontsluiting
  Afstand parkeervoorzieningen: 10,0 km
  Parkeercapaciteit: 0,1 parkeerplaatsen per werknemer
  Aard van de voetpaden: gesch. van rijbaan dmv groenstrook, min. 1,5 m
  Bezettingsgraad auto's:   0,0 % 1 persoon per auto
                            0,0 % 2 personen per auto
                            0,0 % 3 personen per auto
                          100,0 % 4 personen per auto


Mobiliteit  -  overzicht milieukosten

              verdeling          per jaar            levensduur
  Voet/fiets    36,63 %     fl          0       fl            0
  Trein         25,31 %     fl        618       fl       46.342
  Bus           35,04 %     fl      1.425       fl      106.891
  Auto           3,02 %     fl        230       fl       17.257
                            ------------- +     ---------------- +
  Totaal                    fl      2.273       fl      170.490
```

*AaCee Bouwen en Milieu*
*Jan Ligthartplein 39*
*3706 VE  Zeist*

*NIBE Research / Sureac*
*Postbus 229*
*1400 AE  Bussum*