

# Werkt energiebeleid met prestatienorm?

## Werkelijke besparingen en uitgevoerde maatregelen in kantoren

### Samenvatting

Energieprestatieberekeningen worden uitgevoerd ten behoeve van de bouwaanvraag. Het ontwerp wordt daarmee op zijn toekomstige energieprestaties beoordeeld. Is dit nu een voldoende reële beoordeling om beleid op te baseren? Kortom bestaat er een voldoende grote relatie tussen de afgedwongen maatregelen bij het ontwerp en de uiteindelijke energiebesparing na realisatie? Omdat het effect per gebouw aanzienlijk verschilt kan die relatie alleen aannemelijk gemaakt worden met een statistisch analyse op een voldoende representatieve steekproef. Daarnaast is het interessant te weten of de uitgelokte maatregelen tijdens de bouwaanvraag na realisatie ook werkelijk aanwezig zijn, of de kwaliteit daarvan overeenkomt met de opgegeven kwaliteit bij de bouwaanvraag en wat het effect is van eventuele afwijkingen op de EPC-waarde.

Deze analyses zijn voor een grote groep recent gerealiseerde kantoorgebouwen uitgevoerd door *Climatic Design Consult* en *Damen Bouwcentrum* in opdracht van *SenterNovem*. De resultaten van beide onderzoeken worden in dit artikel besproken.

Uit de analyse kan worden geconcludeerd dat er een statistisch significant verband bestaat tussen de EPC en het werkelijk energiegebruik. Gemiddeld genomen leidt een verlaging van de EPC tot een lager werkelijk energiegebruik en liggen de besparingen in lijn met de verwachtingen, hoewel in individuele gevallen een grote spreiding optreedt.

De werkelijk gerealiseerde installaties wijken nog al eens af van die bij de bouwaanvraag. Dit leidt vaker tot negatieve afwijkingen dan tot positieve afwijkingen. Er lijkt echter een tendens waarneembaar dat deze afwijkingen kleiner worden naarmate er meer ervaring is opgedaan met strenger wordende eisen.

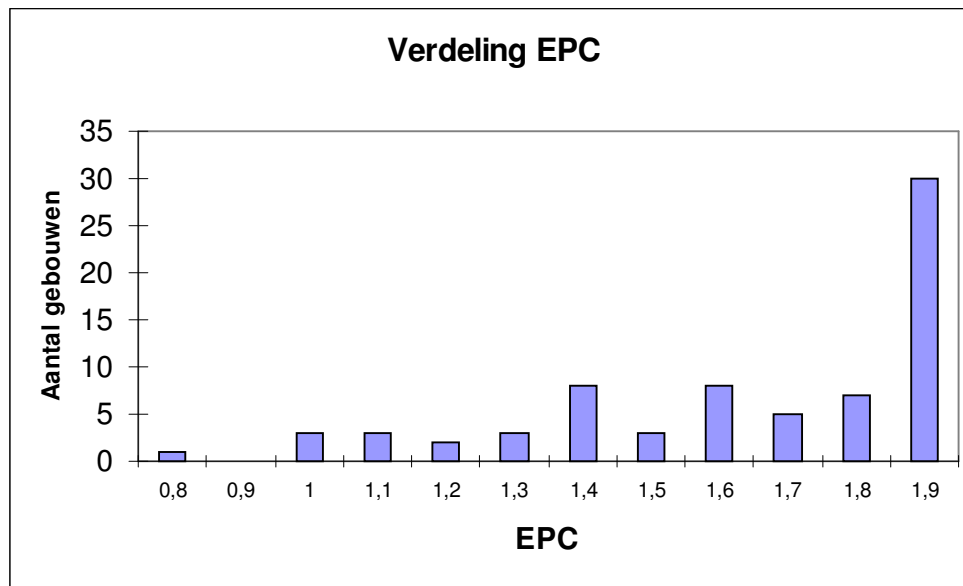
## STATISTISCHE ANALYSE RELATIE EPC EN WERKELIJK ENERGIEGEBRUIK

### Doel en werkwijze

Doel van het onderzoek is het verkrijgen van inzicht in de relatie tussen de *EPC* van kantoorgebouwen en het werkelijke energiegebruik aan de hand van een representatieve steekproef. Voor de helft van de verzamelde gebouwen kon gebruik gemaakt worden van gegevens uit eerdere onderzoeken. De overige gebouwgegevens zijn verzameld aan de hand van dossieronderzoek bij gemeentes en/of opgevraagd bij energiebedrijven en eindgebruikers.

Voor de selectie van de gebouwen uit de beschikbare en verzamelde gegevens zijn criteria gehanteerd voor het minimale en maximale energiegebruik. Het doel hiervan is het bestand niet te laten vervuilen door gebouwen met uitzonderlijk hoge en lage verbruiken, veroorzaakt door vaak onbekende en onverklaarbare redenen. Voor kantoren met bijvoorbeeld leegstand of intensief computercentrum is het energieprestatiebeleid immers niet ontwikkeld. Verder mocht de epc-waarde niet groter zijn dan 1,9, omdat er anders geen bouwvergunning voor afgegeven had mogen worden. Van de 126 beschikbare gebouwen zijn er uiteindelijk 73 die aan alle criteria voldoen.

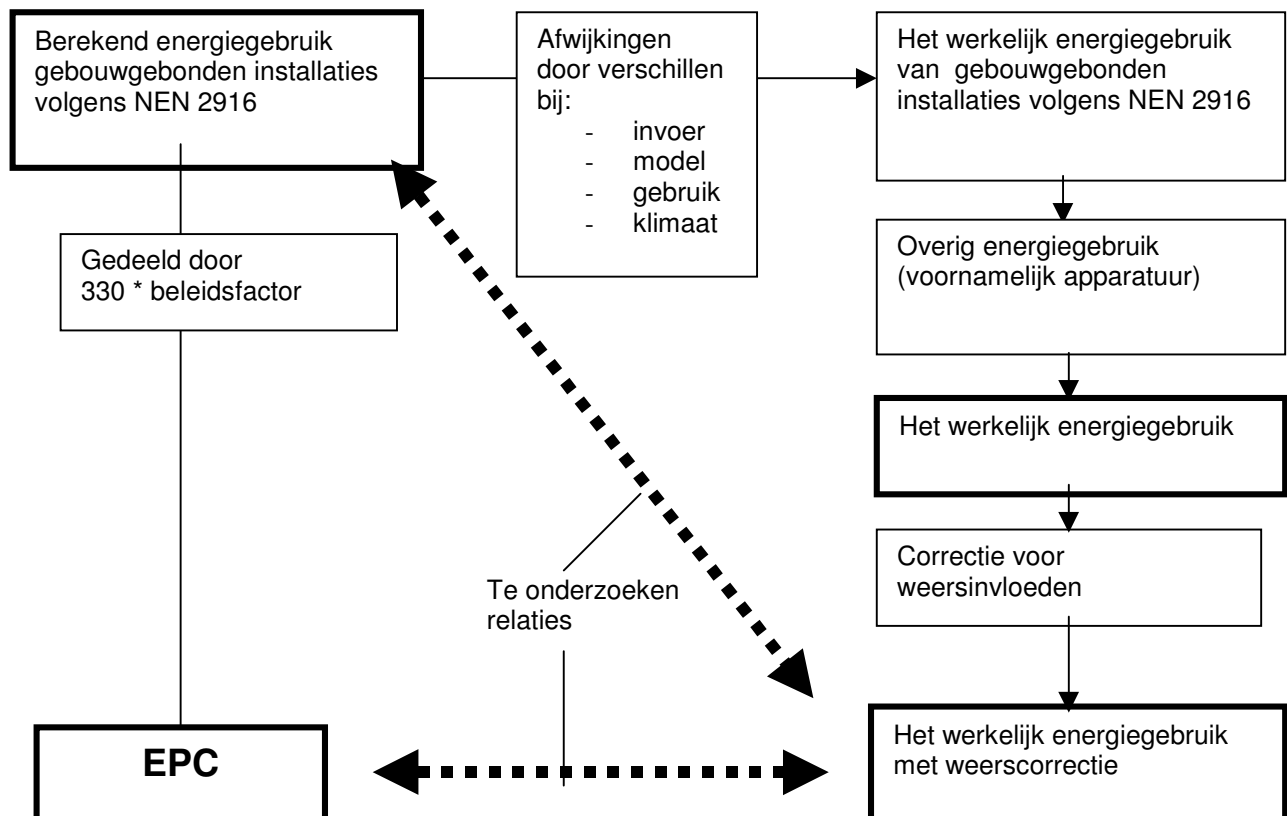
Figuur 1 geeft de verdeling van de EPC-waarden van de 73 geselecteerde gebouwen.



Figuur 1 Frequentieverdeling berekende EPC-waarden van de geselecteerde gebouwen.

### Onderzochte relaties

Met name is de relatie tussen EPC en werkelijk energiegebruik per m<sup>2</sup> onderzocht. Figuur 2 geeft deze relatie schematisch weer. Omdat deze relatie verstoord wordt door de *beleidsfactor* (zie kader1) is daarnaast de relatie onderzocht tussen het berekende energiegebruik volgens NEN 2916 en het werkelijk energiegebruik onderzocht.



*Figuur 2. Schematisch weergave van de relatie tussen de EPC en het werkelijk energiegebruik.*

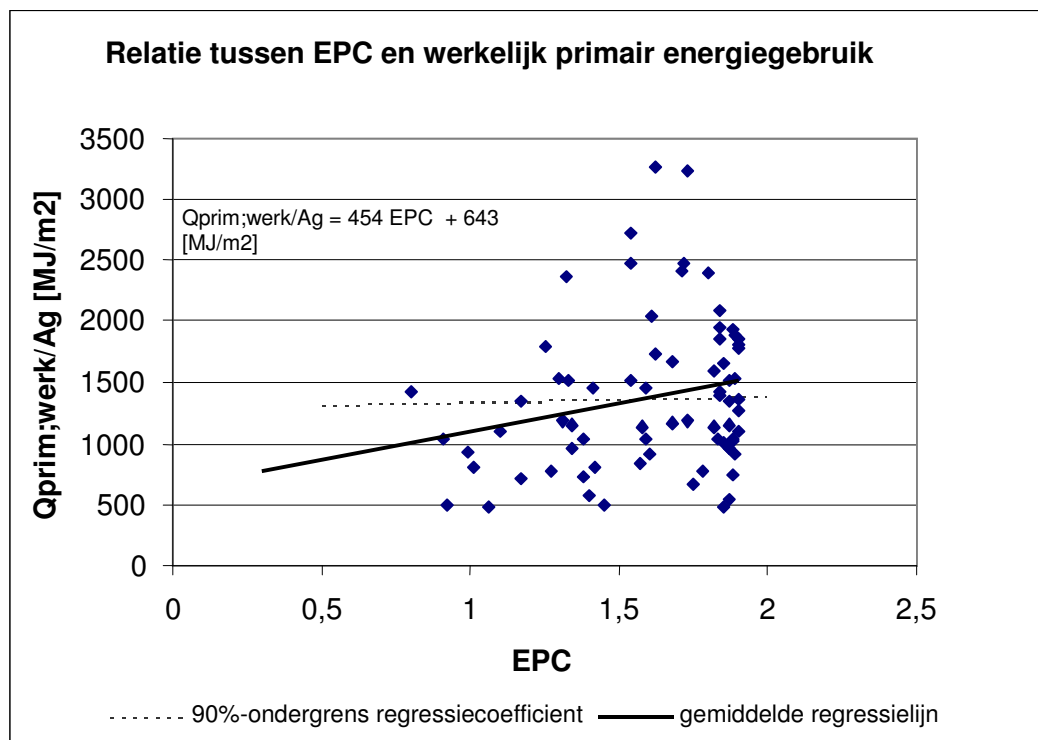
Om het verband tussen de EPC en het werkelijke energiegebruik zo goed mogelijk te bepalen is een (multi-)regressieanalyse uitgevoerd.

Naast de *EPC* zijn de volgende parameters als mogelijke regressoren beschouwd:

- Het berekende energiegebruik volgens NEN 2916 (zonder beleidsfactoren)
- de fractie van de gebruiksoppervlakte die gekoeld wordt;
- de verhouding verliesoppervlakte / gebruiksoppervlakte;
- de reciproke van gebruiksoppervlakte;
- de bezettingsdichtheid;
- de gebruikstijd in uren per week;
- de versie van de norm (voor of na 1999).

### Resultaten statistische analyse

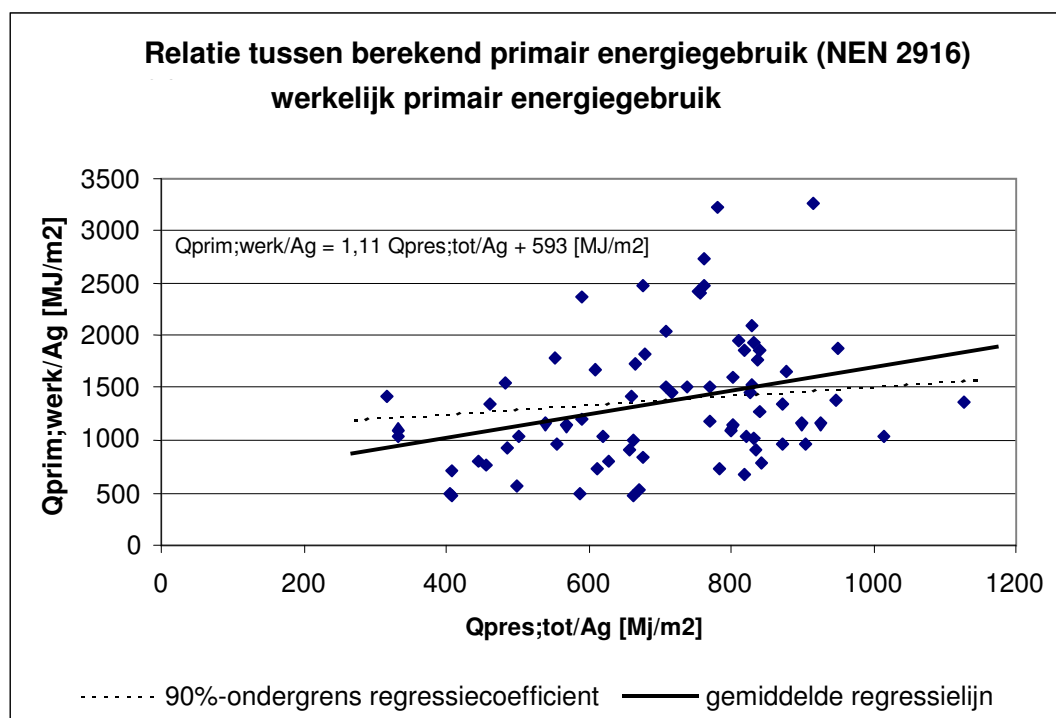
In figuur 3 is het werkelijk primaire energiegebruik uitgezet tegen de EPC. In tabel 1 zijn de resulterende p-waarden en 90 % ondergrens voor de regressiecoëfficiënt voor de EPC-waarde gegeven.



*Figuur 3. Relatie tussen EPC en werkelijk primair energiegebruik per m<sup>2</sup> gebruiksoppervlakte.*

Tabel 1. De p-waarde en 90 % ondergrens voor de regressiecoëfficiënt van de EPC bij de relatie tussen het werkelijk primaire energiegebruik en de EPC uit de bouwaanvraag. Theoretisch bedraagt de relatie  $330 \cdot$  beleidsfactor.

Soort regressieanalyse	p-waarde	90 % ondergrens
Enkelvoudige regressie	0,063	53
Multi-regressie	0,029	135



Figuur 4. Relatie tussen berekend energiegebruik volgens NEN 2916 en werkelijk energiegebruik.

Om een indruk te krijgen van de invloed van de *beleidsfactor* is ook de relatie bepaald tussen het berekende energiegebruik volgens NEN 2916 en het gemeten primaire energiegebruik. Deze relatie is weergegeven in figuur 4. De p-waarde bedraagt in dit geval 0,008 voor enkelvoudige regressieanalyse en 0,0003 multi-regressieanalyse. De relatie van het werkelijke energiegebruik is met het berekende energiegebruik is dus veel sterker dan met de EPC.

#### Kader 1. Beleidsfactor

De *beleidsfactor* is een correctiefactor om gebouwen met verschillende eigenschappen met ongeveer gelijke inspanning aan één eis te kunnen laten voldoen. In NEN 2916 komt deze correctie tot uitdrukking in een weefactor voor het toelaatbare karakteristieke energiegebruik. De weefactor is afhankelijk van wel of geen koeling, de eis voor minimale ventilatie en de grootte van de verliesoppervlakte en varieert in de praktijk van ca. 1,1 voor grote gebouwen zonder koeling tot ca. 1,7 voor kleine gebouwen met koeling.

## Kader 2. Regressieanalyse

Het (primaire)energiegebruik per m<sup>2</sup> gebruiksooppervlakte wordt in dit geval benaderd met een lineaire combinatie en weging van één of meerdere grootheden (regressoren). Omdat het slechts een benadering is blijft er altijd een fout  $\varepsilon$  over tussen de waarneming en de berekende benadering. De (regressie)coëfficiënten worden zodanig berekend dat deze fout minimaal is.

De statistische betrouwbaarheid van de berekende regressiecoëfficiënten wordt uitgedrukt in de  $p$ -waarde. Deze waarde geeft de kans dat de regressiecoëfficiënt gelijk is aan nul en de betreffende regressor dus geen invloed heeft. Bij een  $p$ -waarde kleiner dan 0,1 of 0,05 wordt de invloed van de regressor statistisch significant genoemd. De 90 % ondergrens geeft een indicatie van de ondergrens voor de regressiecoëfficiënt van de gezochte relatie. Op grond van de formules in NEN 2916 bedraagt deze relatie 330 \* beleidsfactor.

Door goed gekozen regressoren kan de statistische betrouwbaarheid van de berekende regressiecoëfficiënten verbeterd worden.

## WERKELIJK TOEGEPASTE MAATREGELLEN EN GEREALISEERDE EPC

### Inleiding

Het tweede deel van het onderzoek was gericht op het verkrijgen van een representatief beeld van de relatie tussen de EPC-waarde in de bouwvergunning en de ‘werkelijke EPC-waarde’ van opgeleverde kantoorgebouwen. Door middel van inspecties in veertig kantoorgebouwen is in kaart gebracht of en zo ja, welke afwijkingen er zijn tussen de ‘praktijk’ en de bouwaanvraag op het gebied van de voorzieningen die bepalend zijn voor de energieprestatie van een kantoorgebouw. Daarnaast is een met deze bevindingen een kwantitatieve analyse opgesteld door middel van ‘herberekening’ van de EPC. Op basis van de geconstateerde afwijkingen tussen de EPC-berekeningen en de praktijksituaties is voor alle 40 geïnspecteerde kantoorgebouwen met behulp van de beschikbare gegevens uit de inspectie een nieuwe berekening gemaakt die de werkelijke situatie (‘as built’) weerspiegelt.

Er is binnen de onderzoeksopzet gekozen om in totaal veertig kantoorgebouwen te onderzoeken. Dit aantal is gekozen uit praktische overwegingen en economische redenen. Bij de selectie van de kantoorgebouwen is zoveel mogelijk uitgegaan van eerder door Damen Bouwcentrum verricht onderzoek [Energieprestatie van nieuwe kantoren op basis van vergunningaanvragen. PRC Bouwcentrum BV, Bodegraven mei 2003].

In het uiteindelijke onderzoek was energieprestatie-coëfficiënt van vijfendertig van de geïnspecteerde gebouwen kleiner of gelijk aan 1,6. De overige vijf gebouwen hebben een EPC tussen de 1,6 en 1,9. De deelname van de gebruikers van kantoorgebouwen heeft plaatsgevonden op basis van vrijwilligheid.

### Inspecties

De inspecties zijn om praktische redenen gericht op de hoofdlijnen van de Energieprestatienormering. Het accent ligt op de duidelijk waarneembare afwijkingen in installaties, zoals het al dan niet aanwezig zijn van koeling of de wijze van verwarming. Een uitgebreide inspectie maakte geen deel uit van de onderzoeksopdracht. De tendensen die hieruit volgen geven echter een goed beeld van de mate waarin de uitvoeringspraktijk is afgestemd op de keuzen die in de bouwaanvraag zijn gemaakt.

Bij de inspecties zijn steeds de maatregelen bekeken die waren toegepast in de meest representatieve energiesector van het gebouw.

### **Afwijkingen**

De resultaten van de inspecties in de veertig gebouwen zijn vergeleken met de energieprestatie-berekeningen uit de bouwvergunningdossiers zoals deze door de gemeente zijn verstrekt. Bij het uitvoeren van de inspecties is ervoor gekozen de relevante EPC-parameters onder te verdelen in de volgende aspecten:

1. Bouwkundige eigenschappen: o.a. gebruiksoppervlakte, thermische isolatie gevels en beglazing, infiltratie
2. Werktuigbouwkundige eigenschappen: o.a. koeling, bevochtiging, ventilatie, warm tapwater
3. Elektrotechnische eigenschappen: verlichting

Nadat de inspecties zijn uitgevoerd en de vergelijking is gemaakt, zijn de ‘nieuwe’ EPC-berekeningen opgesteld.

### **Reproduceren van de EPC-berekeningen**

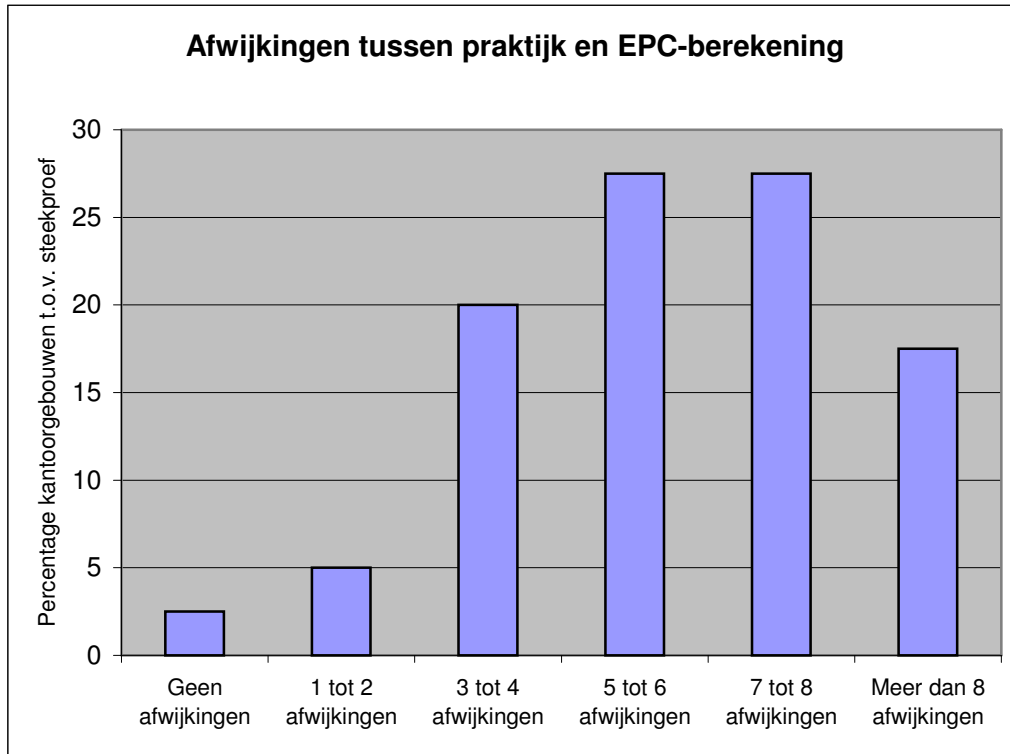
Om de invloed op de afwijkingen tussen de EPC-berekeningen in de bouwaanvraag en de praktijk te kunnen bepalen, moeten de beschikbare EPC-berekeningen opnieuw worden ingevoerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van het programma NEN 2917 EPU voor Windows versie 1.1. Tijdens de invoer is gebleken dat het exact reproduceren van de beschikbare berekeningen in een aantal gevallen om verschillende redenen zoals aangepaste rekenmethodiek en onvoldoende informatie niet mogelijk was.

### **Herberekening van de EPC-waarde**

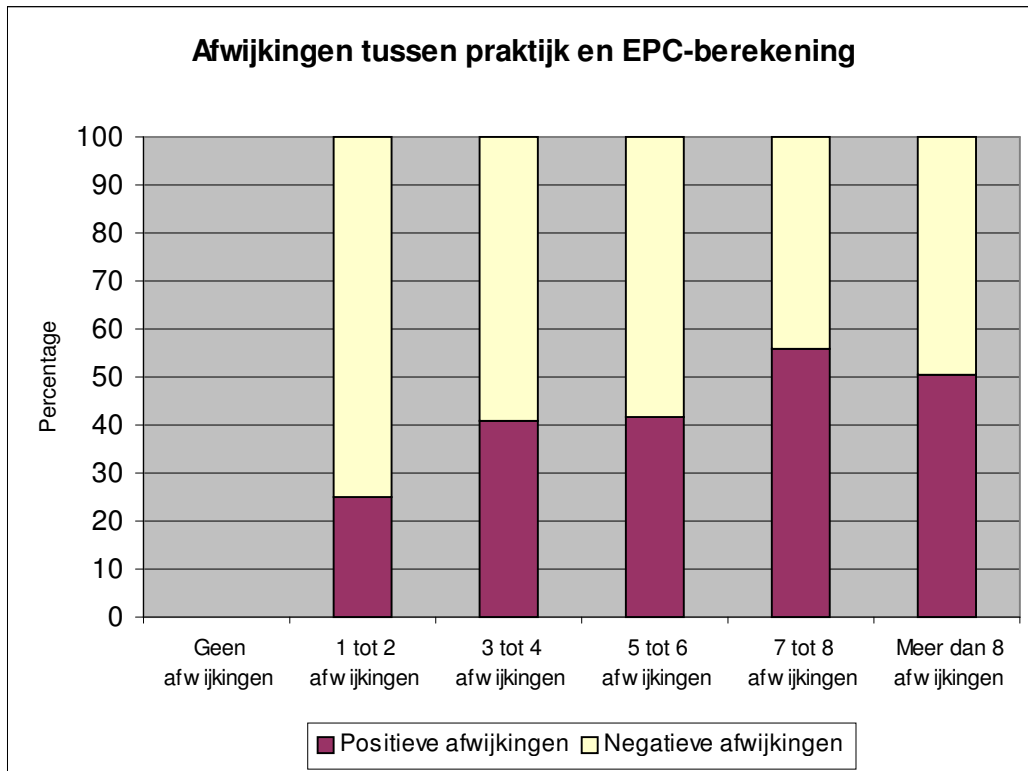
Bij het herberekenen van de EPC worden onnauwkeurigheden geïntroduceerd. Dit heeft onder andere te maken met het feit de inspecties van de gebouwen niet uitputtend maar op hoofdlijnen zijn verricht. Om te voorkomen dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat de ‘werkelijke’ EPC van een gebouw niet voldoet aan de eis, is afgesproken te toetsen aan de EPC-eis +0,1. Hiermee wordt een nauwkeurigheid van 1 cijfer achter de komma verkregen.

### Resultaten inspecties en herberekeningen

In de figuren 5 en 6 is het aantal afwijkingen dat in de geïnspecteerde kantoorgebouwen is aange- troffen grafisch weergegeven. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen afwijkingen die positieve invloed hebben en die negatieve invloed hebben. Daarbij moet worden opgemerkt, dat deze invloed niet voor alle afwijkingen even groot is.



*Figuur 5. Afwijkingen tussen de praktijk en de EPC-berekening*



*Figuur 6. Afwijkingen tussen de praktijk en de EPC-berekening: onderscheid naar positieve en negatieve afwijkingen*

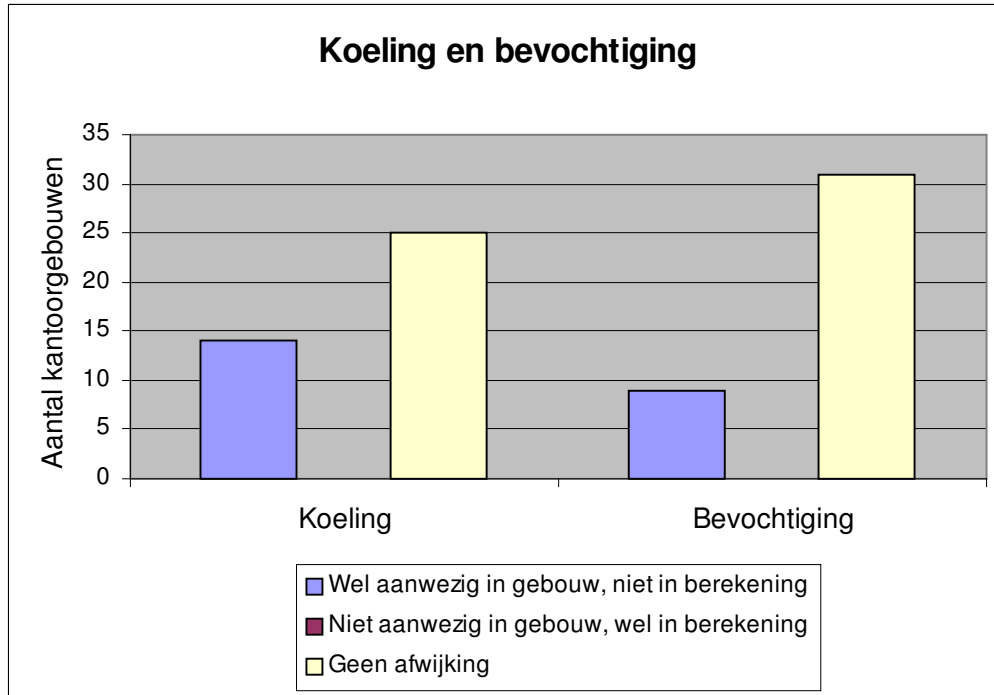
In 39 van 40 geïnspecteerde gebouwen zijn afwijkingen tussen de EPC-berekening en de werkelijk uitgevoerde voorzieningen aangetroffen. De afwijkingen zijn soms marginaal, soms substantieel en hebben zowel positieve als negatieve effecten op de energieprestatie van het kantoorgebouw. De effecten zijn per saldo negatief.

Enkele belangrijke bevindingen van het onderzoek zijn verder:

- Over het algemeen ligt de werkelijk gerealiseerde EPC hoger dan de berekening die is opgenomen in de bouwvergunning. Dit kan oplopen tot maximaal 0,7 (40%) bij de kantoorgebouwen in dit onderzoek.
- Koeling wordt in de praktijk regelmatig aangebracht terwijl hierin niet is voorzien in de EPC-berekening (figuur 7). In dit onderzoek betreft het 14 van de geïnspecteerde gebouwen (35%). In sommige gevallen blijkt koeling naderhand door gebruikers van een gebouw te zijn aangebracht.
- De vloeroppervlakte van de gebouwen waarin deze afwijking is aangetroffen, was kleiner dan 3.500 m<sup>2</sup>. In grotere gebouwen maakt koeling dus altijd een onderdeel uit van de installatie-uitgangspunten.
- Een soortgelijke conclusie als voor aanwezigheid van koeling kan worden getrokken voor bevochtiging (figuur 7). Dit geldt voor 9 van de geïnspecteerde gebouwen (22%).
- Het vermogen van de ventilatoren voor de ventilatie van kantoorgebouwen blijkt in de praktijk vaak hoger te zijn. In dit onderzoek betreft het 16 van de geïnspecteerde gebouwen (ca. 40%).



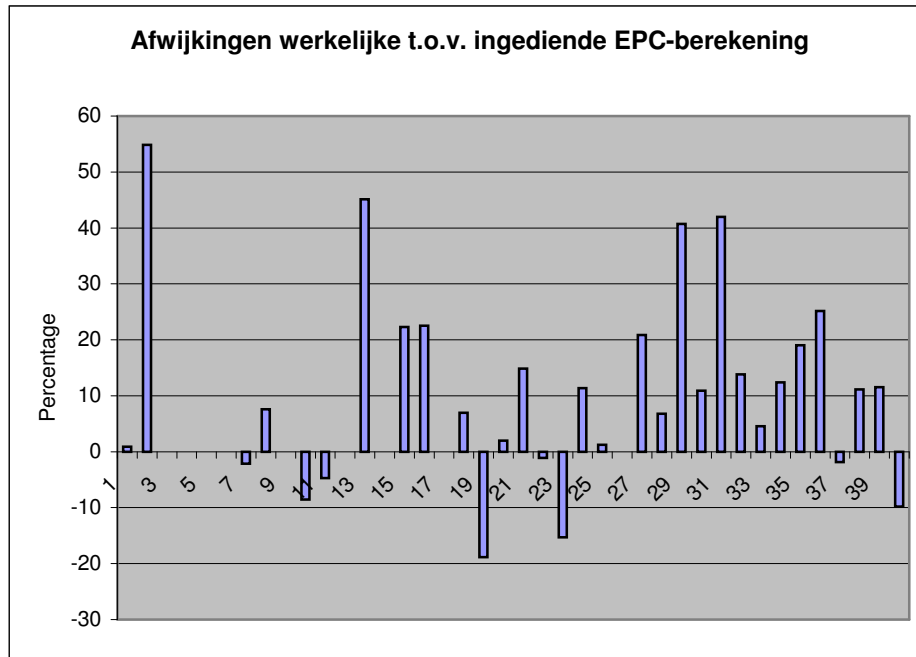
- Verlichtingsregelingen wijken in de praktijk vaak af. Er wordt daarbij overwegend gekozen voor regelingen die minder energiezuinig zijn.
- Op een aantal punten zoals toegepaste beglazing, verwarmingstoestellen en verlichtingsvermogen is duidelijk waarneembaar dat er in de praktijk voor energiezuiniger maatregelen is gekozen. De beschikbaarheid en gangbaarheid van deze voorzieningen in 'de markt' zal hierbij een belangrijke rol spelen.



*Figuur 7. Afwijkingen ten aanzien van koeling en bevochtiging*

De herberekeningen van de EPC gaf de volgende resultaten:

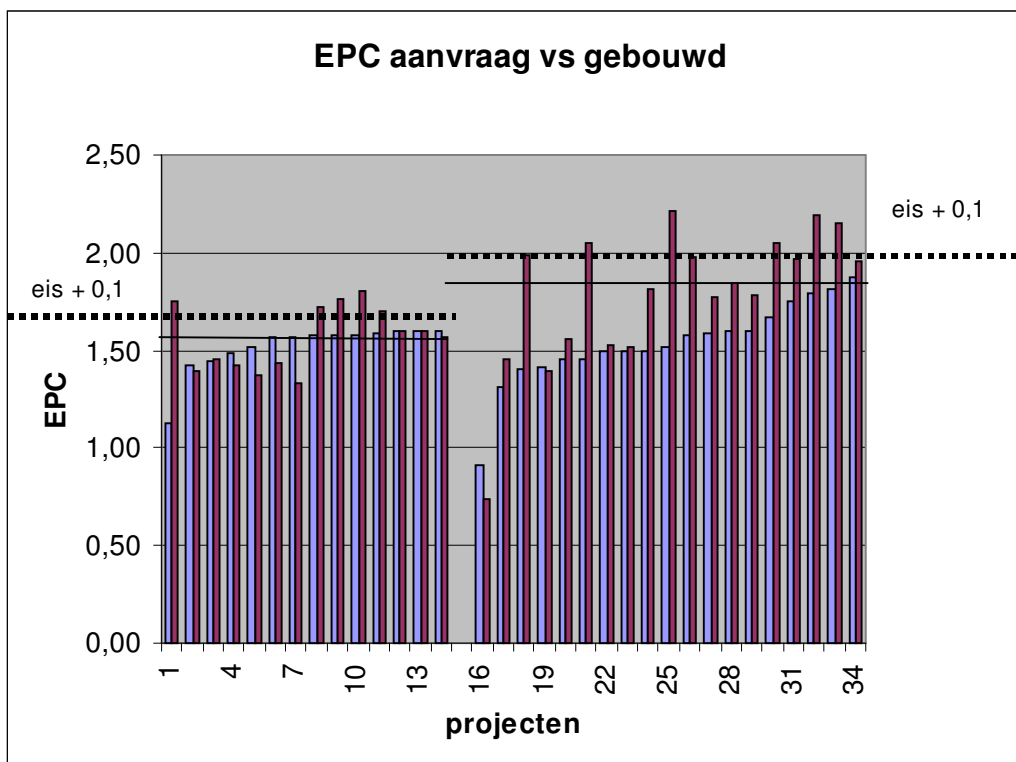
- De uitvoer van de oorspronkelijke EPC-berekeningen geeft in sommige gevallen onvoldoende houvast voor het exact reproduceren van een EPC-berekening.
- In vijf gevallen had het reproduceren van de EPC-waarde al een overschrijding van de eis tot gevolg.
- Het implementeren van de in de praktijk geconstateerde afwijkingen in de berekeningen heeft duidelijke gevolgen. Overschrijdingen van de EPC tot 55% komen voor, daarnaast onderschrijdingen tot 19%. In figuur 8 is dit grafisch weergegeven. De gemiddelde afwijking bedraagt een overschrijding van 10%.



Figuur 8. Afwijking werkelijke EPC ten opzichte van de ingediende EPC-berekening

De overschrijdingen worden hoofdzakelijk veroorzaakt door:

- Een afwijkende of foutieve U-waarde van de beglazing (glas inclusief kozijn)
  - De aanwezigheid van koeling
  - De aanwezigheid van bevochtiging
  - Verlichting met een hoger vermogen
  - Een ongunstiger verlichtingsregeling
- In 9 van de 33 gevallen (27%) leiden deze afwijkingen ertoe dat de EPC als gevolg van de afwijkingen niet langer aan de geldende eis voldoet. Hierbij lag in drie gevallen de EPC-waarde in de bouwaanvraag al dicht bij de toetsingswaarde en was er in één geval sprake van een fout in de berekening waardoor de berekening in de bouwaanvraag niet had mogen worden goedgekeurd. Een en ander is aangegeven in figuur 9.
  - De afwijkingen tussen de werkelijke EPC-berekening en de EPC-berekening in de bouwaanvraag is voor gebouwen met een bouwvergunning voor 1 januari 2000 (eis = 1,9) gemiddeld groter dan gebouwen met een bouwvergunning na 1 januari 2000 (eis = 1,6). Hierbij moet in gedachten worden gehouden dat de laatste groep gebouwen zodanig geselecteerd is dat de EPC ten tijde van de aanvraag bouwvergunning lager was dan 1,6. Het betreft hierdoor gebouwen die daarmee ten opzichte van de toen geldende eis (EPC = 1,9) nog ‘ruimte’ hadden die mogelijk in het daadwerkelijke tot standkomingsproces is ‘verbruikt’.



*Figuur 9. Totaaloverzicht herberekening EPC versus bouw aanvraag; de rode balk stelt de herberekende EPC voor, de blauwe balk de EPC-waarde uit de bouw aanvraag*

## CONCLUSIES

- Er bestaat een statistisch significant verband tussen de EPC en het werkelijk energiegebruik. Gemiddeld genomen leidt een verlaging van de EPC tot een lager werkelijk energiegebruik, hoewel in individuele gevallen een grote spreiding optreedt.
- Een deel van deze spreiding wordt veroorzaakt door de zogenoemde *beleidsfactor*. Hierdoor kunnen gebouwen met een gelijk berekend energiegebruik per m<sup>2</sup> een sterk uiteenlopende EPC hebben. Het berekende energiegebruik volgens NEN 2916 geeft daarom een duidelijk betere voorspelling van het werkelijk energiegebruik dan de EPC.
- Bij een afname van de EPC van 1,9 naar 1,6 neemt het gemiddelde energieverbruik af met circa 10%. Dit ligt in lijn met de prognoses waarop de aanscherpingen zijn gebaseerd.
- De effectiviteit van het instrument EPN kan mogelijk verbeterd worden door de correctiefactoren voor koeling, verliesoppervlakte en ventilatie, die samen de beleidsfactor bepalen, aan een kritische beschouwing te onderwerpen.
- In 39 van de 40 geïnspecteerde gebouwen zijn afwijkingen tussen de EPC-berekening en de werkelijk uitgevoerde voorzieningen aangetroffen. De afwijkingen zijn soms marginaal, soms substantieel en hebben zowel positieve als negatieve effecten op de energieprestatie van het kantoorgebouw.
- De in de praktijk geconstateerde afwijkingen leiden tot overschrijdingen van de EPC tot 55% en onderschrijdingen tot 19%. De gemiddelde afwijking bedraagt een overschrijding van 10%.
- De overschrijdingen worden hoofdzakelijk veroorzaakt door:
  - een te lage U-waarde van de beglazing (glas inclusief kozijn);

- ventilatoren met een hoger vermogen (40 %);
- een ongunstiger verlichtingsregeling (40 %);
- het toevoegen van koeling (35%);
- verlichting met een hoger vermogen (25 %);
- het toevoegen van bevochtiging (22 %).
- Onderschrijdingen worden voornamelijk veroorzaakt door betere eigenschappen van de toegepaste beglazing, verwarmingstoestellen en verlichting. De beschikbaarheid en gangbaarheid van deze voorzieningen in 'de markt' zal hierbij een belangrijke rol spelen.
- In 9 van de 33 gevallen (27%) leiden de afwijkingen ertoe dat de EPC als gevolg van de afwijkingen niet langer aan de geldende eis voldoet.
- De afwijkingen tussen de werkelijke EPC-berekening en de EPC-berekening in de bouwaanvraag is voor gebouwen met een bouwvergunning voor 1 januari 2000 (eis = 1,9) gemiddeld groter dan gebouwen met een bouwvergunning na 1 januari 2000 (eis = 1,6).

**Rapporten:**

Voor nadere uitwerking en verantwoording van de resultaten wordt verwezen naar onderstaande rapporten, welke zijn te downloaden van [www.novem.nl](http://www.novem.nl).

- Relatie tussen EPC en werkelijk energiegebruik bij kantoorgebouwen, Climatic Design Consult, 9 juli 2004.
- Energieprestatieberekening van kantoren versus werkelijk uitgevoerde voorzieningen. PRC Bouwcentrum, 6 juli 2004.