



Het energieneutrale gebouw van de toekomst

Het Burgers Ergon gebouw met een EPC 0,0

AFSTUDEERRAPPORT

Robert Mus

Het energieneutrale gebouw van de toekomst

Het Burgers Ergon gebouw met een EPC 0,0

AFSTUDEERRAPPORT



Auteur:	Robert Mus (50504)
Plaats:	Eindhoven
Datum:	01-06-2012
Organisatie:	Burgers Ergon bv Installatietechniek Afdeling Advies & Ontwerp
Opleiding:	Haagse Hogeschool/Academie voor TIS Delft Werktuigbouwkunde: (Duurzame) Energietechniek
Bedrijfscoaches:	Hans Van Hauwe Adviseur energie en duurzaamheid Techniek & Ontwikkeling Coen Titulaer
Schoolcoach:	Manager Advies & Ontwerp Arie Taal

Voorwoord

Voor u ligt het rapport van mijn afstuderen bij Burgers Ergon installatietechniek BV. Het afstuderen is de laatste beproeving tot het afsluiten van de HBO voltijdstudie Werktuigbouwkunde en had plaats in de periode van 6 februari 2012 tot en met 1 juni 2012.

De studie Werktuigbouwkunde ben ik begonnen bij de Technische Hogeschool te Rijswijk, welke later de naam Haagse Hogeschool heeft gekregen. De Haagse Hogeschool locatie Rijswijk is verhuisd naar Delft, waar de hogeschool nu de naam Haagse Hogeschool/Academie voor Technology, Innovation & Society Delft draagt.

Bij de studie Werktuigbouwkunde heb ik voor de afstudeerrichting (Duurzame) Energietechniek gekozen, ten eerste omdat ik grote interesse heb in de vakken Energietechniek, Stromingsleer, Warmteleer. Ten tweede omdat energie(zuinigheid) een steeds grotere rol speelt/gaat spelen in de toekomst. Deze afstudeeropdracht, een concept ontwerpen voor een energiezuinig referentiegebouw aan de hand van de EPG, sluit dan ook prima aan bij mijn afstudeerrichting en zeker ook bij mijn interesses.

Dit rapport geeft weer of de doelstellingen haalbaar zijn, die Burgers Ergon voor ogen heeft met het uitwerken van deze afstudeeropdracht. Verder wil ik de examencommissie een beeld geven hoe de afstudeeropdracht is uitgevoerd en waarom bepaalde keuzes zijn gemaakt. Dit rapport (met het competentieverslag in Bijlage I), het plan van aanpak, de bedrijfsbeoordeling en afstudeerzitting dienen te laten zien of ik over een HBO waardig competentieniveau beschik om de opleiding Werktuigbouwkunde te kunnen afronden. Verder is dit rapport toegankelijk voor degenen die interesse hebben in mijn afstuderen en/of geïnteresseerd zijn in de mogelijkheden van energiezuinig en energieneutraal ontwerpen en de verschillen in de EPG en de EPN.

Via deze weg wil ik iedereen bedanken die heeft bijgedragen aan het afronden van deze afstudeeropdracht, waaronder een aantal mensen in het bijzonder. Allereerst de heer Hans Van Hauwe, hij heeft in overeenstemming met mij de opdracht vormgegeven. Hans was tijdens het afstuderen mijn bedrijfscoach en heeft mij intensief begeleid tijdens deze periode, dit door het fungeren als klankbord, het geven van advies en zijn inzichten te geven op de producten die Burgers Ergon voor ogen heeft met deze afstudeeropdracht.

Daarnaast bedank ik de heer Coen Titulaer, manager van de afdeling Advies & Ontwerp. Waar Hans begeleiding heeft geboden op persoonlijk gebied en bij de opdracht op technisch inhoudelijk niveau, heeft Coen begeleiding geboden op persoonlijk gebied, rapporteren en presenteren.

Tevens een speciale dank aan de heer Geert van Gorp, consultant bij Vabi. Wanneer zich onduidelijkheden met betrekking tot het programma Vabi Elements voordeden, zorgde Geert voor snelle en duidelijke feedback. Daarnaast zorgde Geert voor een wekelijkse update van het programma, waarin geconstateerde conflicten grotendeels verholpen waren. Dit heeft bij gedragen aan het voort kunnen zetten van de laatste twee deelopdrachten van deze afstudeeropdracht.

Vanuit de Haagse Hogeschool/Academie voor TIS Delft is de heer Arie Taal als mijn schoolcoach opgetreden. Arie wil ik graag bedanken voor het begeleiden en sturen van mij om de afstudeeropdracht af te ronden en op een niveau te krijgen die de opleiding voor ogen heeft, dit heeft hij gedaan door positieve feedback te leveren op dit rapport en eventuele onduidelijkheden aan te halen.

Eindhoven, mei 2012.

Samenvatting

Dit rapport beschrijft hoe met de nieuwe bepalingsmethode voor de energieprestatie van een gebouw, de EPG, een energieneutraal gebouw (EPC is 0,0) te realiseren is. De EPG vervangt per 1 juli 2012 de huidige bepalingsmethode voor de energieprestatie, de EPN (NEN 2916) (Hoofdstuk 2).

Om voor een vooraf vastgesteld referentiegebouw tot een EPC van 0,0 te komen, aan de hand van de EPG, zijn de volgende hoofdstukken doorlopen:

Hoofdstuk 3:

De EPG is vergeleken met de EPN, hieruit zijn de belangrijkste veranderingen te constateren:

- De post pompen in het karakteristieke energiegebruik is verdwenen. Het energieverbruik van de pompen wordt als hulpenergie aan verwarming, koeling en/of warm tapwater toegekend.
- De ventilatie wordt bepaald met de NEN 8088, sommige gebruiksfuncties kennen grote verschillen in de hoeveelheid ventilatielucht. Dit resulteert in verschillen in de posten verwarmen, koeling en bevochtigen.
- Bij afwezigheid van koeling in een gebouw wordt gerekend met een zomercomfort.
- Het systeemrendement vanuit de EPN is vervallen, dit is gedefinieerd naar rendementen voor afgifte, distributie en opwekking.

Om de energieprestatie volgens de EPG te berekenen is nieuwe software ontwikkeld. De nieuwe module (Vabi Elements EPG) is met de oude module (Vabi UO EPN) vergeleken:

- Elements is een 3D-omgeving en UO een 2D-omgeving.
- Het invoeren van gegevens is overzichtelijker geworden.
- Ventilatiehoeveelheden hoeven niet meer opgegeven te worden, deze worden bepaald aan de hand van de gebruiksfunctie.
- Bij de vergelijking zijn in Vabi Elements diverse bugs naar voren gekomen en opgelost.

Hoofdstuk 4 en 5:

Om een gebouw met een EPC van 0,0 te realiseren zijn diverse bouwkundige en installatietechnische maatregelen onderzocht. Van iedere maatregel is bepaald welke EPC-reductie is te behalen bij een investering van € 100.000,- (K_{100.000}-waarde). De maatregelen die de grootste EPC-verlaging hebben gegeven zijn hieronder weergegeven.

Onderdeel	Maatregel	K100.000
Installatie	Concept 3 + gas boiler	goedkoper
Orientatie	Oost (343°)	neutraal
Ventilatoren	Bouwbesluit 2012	neutraal
Verlichting	10 W/m ²	neutraal
Geen verlichting	Schachten	neutraal
Verlichting Restaurant	Veegpuls + Aanwezigheidsmelder	1,508
Duurzame energie	Zonnepanelen	0,186
Dak isolatie	4,00 m ² K/W	0,098
Gevel isolatie	3,50 m ² K/W	0,063
Begane grond isolatie	4,50 m ² K/W	0,059
Beglazing	HR+-glas (U=1,4 , ZTA = 0,35)	0,050
Luchtdichtheid	Qv10 = 0,350 dm ³ /sm ²	0,016

| Tabel 0.1 Overzicht van maatregelen die de grootste EPC-verlaging geven bij een investering van € 100.000,- |

Op dit moment blijkt het al heel aantrekkelijk te zijn om zonnepanelen te gebruiken om een energieneutraal gebouw te realiseren. In het geval van het referentiegebouw is het goedkoper dan maatregelen in combinatie met zonnepanelen te gebruiken. Een opdrachtgever kan vanuit deze lijst bepalen welke maatregelen toe te passen om een EPC-ambitie te realiseren.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Inhoudsopgave	4
Verklarende woordenlijst	5
1. Inleiding	7
1.1. Aanleiding	7
1.2. Probleemstelling	7
1.3. Doelstelling	7
1.4. Opdrachtbeschrijving	7
1.5. Eisen en Wensen	8
1.6. Op te leveren producten	9
1.7. Aanpak	9
1.8. Leeswijzer	9
2. Energieprestatie	10
2.1. Geschiedenis van de energieprestatie	10
2.2. Energieprestatiecoëfficiënt	11
2.3. Bepalingsmethode voor de EPC	13
2.4. Vertraging Bouwbesluit 2012 en NEN 7120	14
3. Vergelijking van de bepalingsmethodes voor de EPC	15
3.1. Referentiegebouw	15
3.2. Vergelijking EPG (NEN 7120) en EPN (NEN 2916)	16
3.3. Vergelijking Vabi Elements EPG en Vabi UO EPN	26
3.4. Vabi Elements EPG user test	31
3.5. Vergelijking van de EPC-resultaten	32
4. Referentiegebouw met een EPC 0,0	34
4.1. Kosteloze maatregelen	35
4.2. Bouwkundige maatregelen	37
4.3. Installatietechnische maatregelen	40
4.4. Economisch zo voordelig mogelijk een EPC van 0,0	45
5. Te ambiëren EPC vanuit de opdrachtgever	47
6. Conclusies en aanbevelingen	48
Literatuurlijst	50
Bijlagen	53

Verklarende woordenlijst

Agentschap NL	Agentschap van Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie. Aanspreekpunt voor informatie, financiering en uitvoering op wet- en regelgeving op het gebied van duurzaamheid, innovatie en internationaal ondernemen.
BINK	BINK software BV, ontwikkelaar van energieprestatie software.
Bouwbesluit	Verzameling bouwtechnische voorschriften waaraan alle bouwwerken in Nederland minimaal moeten voldoen.
Bouwend Nederland	Vereniging van bouw- en infrabedrijven.
BRIS	Online warenhuis waar het bouwbesluit en diverse Nederlandse normen zijn te vinden.
BRL	Beoordelingsrichtlijn opgesteld door KOMO.
COP	Coefficient Of Performance, dit getal geeft de verhouding weer tussen de hoeveelheid afgegeven warmte en de hoeveelheid verbruikte energie.
De Twee Snoeken	Architectenbureau, ontwikkelaar van energieprestatie software.
DGMR	DGMR Raadgevende Ingenieurs BV, ontwikkelaar van energieprestatie software.
Earth	Energieadvies bureau, ontwikkelaar van energieprestatie software.
EMG	Energieprestatie norm voor maatregelen op gebiedsniveau (NVN 7125).
Energieneutraal	Het gebouwgebonden energiegebruik onder genormeerd gebruik is neutraal. Gebruikersenergie en energie om het gebouw tot stand te brengen blijven buiten beschouwing.
EPA	Energie Prestatie Advies (energielabel) met advies voor efficiënter energiegebruik.
EPC	Energieprestatiecoëfficiënt, uitkomst van een energieprestatie berekening.
EPBD	Energy Performance of Buildings Directive, Europese richtlijn die EU-landen verplicht om de energieprestatie van gebouwen te verbeteren.
EPG	Energieprestatie norm voor gebouwen.
EPN	Energieprestatie norm (NEN 2916 en NEN 5128).

Forfaitaire waarde	Veronderstelde waarde, welke gebruikt worden als werkelijke waarden niet voor handen zijn. Forfaitaire waarden zijn veilige (hoge) waarden.
Gebouwgebonden energiegebruik	Alle energie die nodig is voor het conditioneren en verlichten van het gebouw bij gestandaardiseerd gebruik van het gebouw.
Gebruiksfunctie	Gedeelten van een of meer bouwwerken die dezelfde gebruiksbestemming hebben en die tezamen een gebruikseenheid vormen.
Gelijkwaardigheidsverklaring	Verklaring waarin wordt aangetoond dat niet gewaardeerde alternatieve systeemkeuzen voldoen aan minimale toetsingskaders.
ISSO	Instituut voor Studie en Stimulering van Onderzoek, kennisinstituut voor de installatiesector.
$K_{100.000}$	Het verhoudingsgetal dat inzicht geeft in de baten/kosten-verhouding van diverse maatregelen.
KOMO	Kwaliteitskeurmerk voor de bouw, uitgegeven door Stichting KOMO.
Kwaliteitsverklaring	Verklaring dat een product eigenschappen heeft die volgens een geaccepteerde norm bepaald zijn.
Lente-akkoord	Afspraak tussen de Rijksoverheid en marktpartijen om op korte termijn steeds energiezuiniger gebouwen te realiseren.
NEN	Nederlandse Norm, opgesteld door NNI.
NEPROM	Vereniging van Nederlandse projectontwikkeling maatschappijen.
NNI	Nederlands Normalisatie Instituut.
NVB	Vereniging voor ontwikkelaars & bouwondernemers.
R_c -waarde	Waarde die de warmteweerstand van een isolatielaag weergeeft, eenheid m^2K/W .
Thermische schil	Gedeelte van het gebouw dat grenst aan grond, buiten of aangrenzende onverwarmde ruimtes, die gebouwdelen dienen hier een R_c -waarde te hebben als voorgeschreven in het Bouwbesluit.
U-waarde	Warmtedoorgangscoefficiënt, eenheid W/m^2K .
Vabi	Vereniging voor automatisering in de bouw en installatietechniek.
Q_{v10} -waarde	De luchtvolumestroom (q_v), bij een druk van 10 Pascal, tussen binnen en buiten door naden en kieren tussen verschillende bouwdelen.

1. Inleiding

De afstudeeropdracht wordt uitgevoerd bij Burgers Ergon bv installatietechniek op de afdeling Techniek & Ontwikkeling te Eindhoven. De afdeling is een landelijk opererende afdeling binnen Burgers Ergon en bestaat uit Kosten & Calculatie en Advies & Ontwerp. Bij Advies & Ontwerp zetten de specialisaties Werktuigbouwkunde en Elektrotechniek de grote lijnen uit in het voortraject van een integraal ontwerp voor gebouw gebonden installaties en Kosten & Calculatie bepaald aan de hand daarvan een budget. Dit inleidende hoofdstuk geeft aan welk doel Burgers Ergon met de afstudeeropdracht voor ogen heeft. Aan het eind van dit hoofdstuk volgt een paragraaf over de opbouw van dit afstudeerrapport.

1.1. Aanleiding

Vanaf 1 juli 2012 worden de energieprestaties van te bouwen woon- en utiliteitsgebouwen aan de hand van een nieuwe norm berekend. Dit omdat de huidige berekeningsmethode bijna 20 jaar oud is en op vele onderdelen achterhaald. Tevens is vanuit de overheid de doelstelling om 'energieneutrale' gebouwen te realiseren vanaf 2020. Onder energieneutraal wordt verstaan dat het gebouwgebonden energiegebruik neutraal is. De nieuwe norm komt voort uit de EPBD (Europese richtlijn voor energieprestatie van gebouwen). Deze richtlijn verplicht alle EU-landen tot concrete activiteiten om de energieprestatie te verbeteren. Zie 'AgentschapNL, 2012' [2].

1.2. Probleemstelling

Burgers Ergon wil met de komst van de nieuwe norm en met het oog op 2020 nu al een voorsprong behalen op de concurrentie met 'energieneutrale' gebouwen ontwerpen. Hierbij is het belangrijk om eventuele veranderingen, voor het berekenen van het gebouwgebonden energiegebruik van een gebouw, in beeld te hebben. Daarbij is het van belang om te weten of en hoe voordelen te behalen zijn met de nieuwe bepalingmethode. Duidelijk zal worden of met de huidige technieken een EPC van 0,0 of lager is te halen; de opdrachtbeschrijving beschrijft hierbij de uitgangspunten.

1.3. Doelstelling

Met de uitkomst van deze afstudeeropdracht wil Burgers Ergon een aantal doelen bereiken, die verder uitgediept worden in de opdrachtbeschrijving:

- De grote verschillen tussen de huidige EPC-bepalingmethode (EPN) met de nieuwe EPC-bepalingmethode (EPG) duidelijk hebben.
- Inzicht krijgen op welke manier een referentiegebouw met een EPC van 0,0 is te realiseren.
- Inzicht krijgen op welke manier economisch het meeste voordeel is te halen uit de EPC van 0,0 om tot een EPC te komen die een opdrachtgever ambieert.

1.4. Opdrachtbeschrijving

Deze afstudeeropdracht bestaat uit 3 deelonderzoeken, die hieronder zijn beschreven.

De grote verschillen tussen de huidige EPC-bepalingmethode (EPN) met de nieuwe EPC-bepalingmethode (EPG) duidelijk hebben.

Burgers Ergon wil duidelijk hebben of verschillen tussen de EPN en de EPG te constateren zijn. En zo ja, op welke onderwerpen de huidige en de nieuwe norm voor de bepaling van de EPC verschillen. Daarnaast moet duidelijk worden wat de verschillen zijn tussen de softwareprogramma's die de EPC bepalen. Om deze verschillen in beeld te krijgen zal voor een vooraf bepaald referentiegebouw een EPC-berekening gedaan worden met beide bepalingsmethodes.

Het verschil tussen de twee bepalingsmethodes wordt in beeld gebracht in een cirkeldiagram, uitgedrukt in percentages, die laat zien hoe zwaar de aspecten meewegen bij de verschillende methodes. Eventuele verschillen van de aspecten worden duidelijk en hoe zwaar ze meewegen in de EPC-berekening.

Inzicht krijgen op welke manier een referentiegebouw met een EPC van 0,0 is te realiseren.

Met de nieuwe bepalingmethode (EPG) en de EPG rekenmodule wordt voor het gekozen referentiegebouw een EPC van 0,0 getracht te halen. Hierbij zal naar bouwkundige en installatietechnische maatregelen worden gekeken. Bouwkundig zal dit de invloed van oriëntatie en isolatiewaarden betreffen. Installatietechnisch zal dit de invloed zijn van een viertal concepten. Met deze uitgangspunten zal bepaald worden wat economisch de meest voordelige situatie is voor een EPC van 0,0. Deze economisch meest voordelige situatie wordt vertaald naar een grafiek waarbij de EPC-besparing (verticale as) wordt uitgezet tegen de verschillende maatregelen (horizontale as).

Inzicht krijgen op welke manier het meeste voordeel is te halen uit de EPC 0,0 om tot een EPC te komen die de opdrachtgever ambieert.

Met de verkregen resultaten uit de vorige deelopdracht zullen voorstellen/pakketten van maatregelen uitgewerkt worden naar een mogelijke ambitie voor een EPC van een opdrachtgever. Om maatregelen met elkaar te kunnen vergelijken wordt iedere maatregel vertaald naar een EPC-besparing per investering van € 100.000,-: de $K_{100.000}$. Op deze manier wordt duidelijk met welke maatregel welke besparing is te realiseren bij een investering van € 100.000,-.

1.5. Eisen en Wensen

Per deelopdracht worden de eisen en wensen van Burgers Ergon beschreven:

De verschillen van de huidige EPC-bepalingmethode (EPN) met de nieuwe EPC-bepalingmethode (EPG) in kaart brengen.

Eisen:

- De normen voor de bepaling van de EPC gebruiken die vanuit het Bouwbesluit worden voorgeschreven, tot 1 juli 2012 is dit de NEN 2916 en vanaf 1 juli 2012 is dit de NEN 7120 zijn.
- Alleen de gedeeltes 'Algemeen [A]' en 'Utiliteitsbouw Nieuwbouw [UN]' uit de EPG worden beschouwd. Woningbouw en Utiliteitsbouw Bestaande bouw worden niet beschouwd.
- De vergelijking van de EPC-berekeningsmodules maken aan de hand van de softwareprogramma's Vabi UO EPN en Vabi Elements EPG.
- Uitkomsten in de EPC-berekening vertalen naar een cirkeldiagram.

Wensen:

- Het Burgers Ergon gebouw te Eindhoven als referentiegebouw gebruiken.

Inzicht krijgen op welke manier een referentiegebouw met een EPC van 0,0 is te realiseren.

Eisen:

- Vabi Elements EPG als EPC-berekeningssoftware gebruiken.
- De invloeden van mogelijke maatregelen uitdrukken in een EPC-besparing per maatregel.
- Alleen investeringskosten; onderhoud en afschrijving blijven buiten beschouwing.
- Gebiedsmaatregelen (NVN 7125) buiten beschouwen laten.

Wensen:

- Een EPC van 0,0 of lager behalen voor het referentiegebouw.

Inzicht geven op welke manier het meeste voordeel is te halen uit de EPC 0,0 om tot een EPC te komen die de opdrachtgever ambieert.

Eisen:

- De maatregelen en de invloeden van de maatregelen uit de vorige deelopdracht vertalen naar een te ambiëren EPC.

1.6. Op te leveren producten

Het uitvoeren van de deelopdrachten zal de volgende producten op leveren:

- Het afstudeerrapport
- Een tweetal Excel documenten: de eerste heeft betrekking op de vergelijking tussen de EPG en de EPN, de tweede is het beslissingsdocument voor de EPC van 0,0 en de te ambiëren EPC, deze zullen alleen digitaal voor Burgers Ergon beschikbaar zijn.

1.7. Aanpak

Per deelopdracht wordt de aanpak behandeld, wat zal leiden tot de op te leveren producten.

De verschillen van de huidige EPC-bepalingsmethode (EPN) met de nieuwe EPC-bepalingsmethode (EPG) in kaart brengen.

- Inventariseren geldende normen voor de EPC.
- EPC-eisen inventariseren.
- Referentiegebouw definiëren.
- Toegang krijgen tot de 2 rekenmethodes van Vabi voor de EPC.
- Referentiegebouw invoeren in de rekenmodules.
- Verschillen bepalingmethodes EPN en EPG in kaart brengen.
- Verschillen rekenmethodes EPN en EPG in kaart brengen.

Een referentiegebouw met EPC van 0,0.

- Onderzoek naar de economisch meest voordelige situatie om een EPC van 0,0 te behalen met behulp van de EPG, aan de hand van het gedefinieerde referentiegebouw.
- Deze uitkomst vertalen naar een grafiek met de EPC-besparing uitgezet tegen de maatregelen.

Inzicht geven op welke manier het meeste voordeel is te halen uit de EPC 0,0 om tot een EPC te komen die de opdrachtgever ambieert.

- Vanuit de economisch meest voordelige situatie een te ambiëren EPC opstellen.

1.8. Leeswijzer

Dit rapport beschrijft de deelonderzoeken en de bevindingen uit de onderzoeken beschreven in dit hoofdstuk. Hierbij is de volgende opbouw gehanteerd:

Hoofdstuk 2 beschrijft het wat, hoe en waarom van de EPC, als inleiding op de deelopdrachten.

In hoofdstuk 3 komt de vergelijking tussen de oude en nieuwe norm voor de energieprestatie aan bod, evenals een vergelijking tussen de berekeningsmodules.

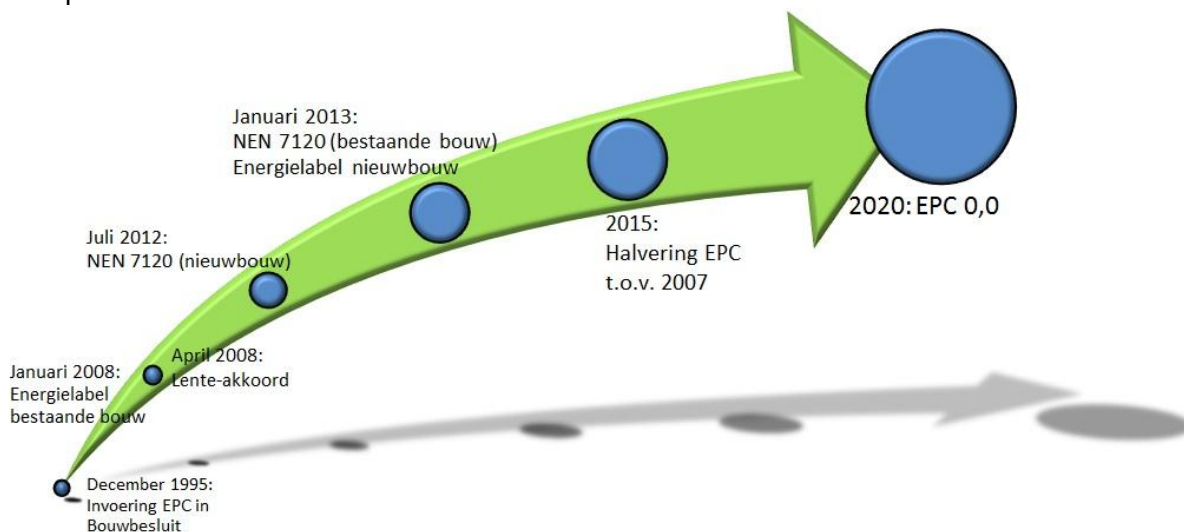
Hierna wordt in hoofdstuk 4 behandeld hoe en of een EPC van 0,0 of lager te behalen is voor een referentiegebouw, economisch zo voordelig mogelijk, met de EPG als uitgangspunt.

Hoofdstuk 5 zal de derde deelopdracht beschrijven, het inzichtelijk maken op welke manier het meeste economische voordeel is te halen uit een EPC van 0,0 naar een EPC die een opdrachtgever ambieert.

Hoofdstuk 6 zal de conclusies en resultaten van de drie deelopdrachten behandelen, waarna nog de literatuurlijst en de diverse bijlagen bij de deelopdrachten aan bod komen.

2. Energieprestatie

Dit hoofdstuk beschrijft het hoe, wat en waarom van de energieprestatie. Allereerst een stukje over de invoering en wat de energieprestatie precies inhoudt en waarom deze in het leven is geroepen. Om de energieprestatie van een gebouw te bepalen is een bepalingsmethode ontwikkeld, deze wordt tevens in dit hoofdstuk besproken. De tijdlijn in Figuur 2.1 geeft verschillende data weer die in de loop van dit hoofdstuk aan bod komen.



| Figuur 2.1 EPC tijdlijn |

2.1. Geschiedenis van de energieprestatie

Het bouwbesluit bevat een paragraaf met betrekking tot de eisen voor energiegebruik van een gebouw. Tot december 1995 was dit een heel summier onderdeel en betrof alleen voorschriften voor een minimale isolatiewaarde, toepassing van dubbel glas en luchtdoorlatendheid. Hierbij bleven diverse factoren met invloed op het energiegebruik buiten beschouwing. Zie 'Scholten, 1995' [12].

Na december 1995 bevat het bouwbesluit een nieuwe energieparagraaf, hierin wordt een prestatie-eis voor het energiegebruik van een gebouw gesteld, dit wordt uitgedrukt in de energieprestatie coëfficiënt. Een gebouw inclusief de gebouwgebonden installaties, bij een genormeed gebruik, worden hierbij beschouwd. De overheid wil hiermee het totale energiegebruik van woningen en gebouwen terugdringen. De ambities om het energiegebruik te reduceren is vastgelegd in het lente-akkoord.

2.1.1 Lente-akkoord

Het lente-akkoord ('Lente-akkoord, 2008' [25]) is een overeenkomst, getekend in april 2008, die is opgesteld in het belang van energiebesparing vanwege het klimaat (CO₂-uitstoot), de eindigheid van fossiele brandstoffen en de woonlastenontwikkeling. Met deze overeenkomst stemmen de partijen in om energiezuinigere gebouwen te realiseren met het Kabinetsplan Schoon en Zuinig als leidraad. Het betreft hier het gebouwgebonden energiegebruik.

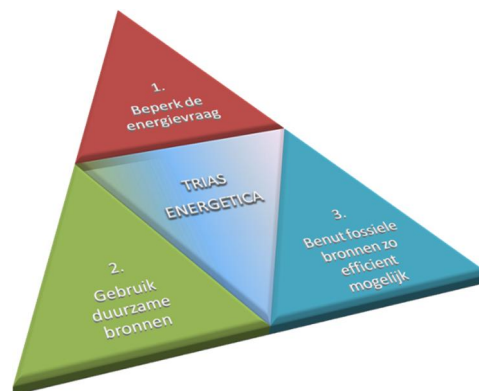
Ambities

- In 2011 zijn de nieuwbouwwoningen die gerealiseerd worden 25% energiezuiniger dan de bouweisen van 2007.
- In 2015 zijn de nieuwbouwwoningen die gerealiseerd worden 50% energiezuiniger dan de bouweisen van 2007.
- In 2015 is het commercieel vastgoed dat gerealiseerd wordt 50% energiezuiniger dan de bouweisen van 2007.
- Doel is om vanaf 2020 energieneutrale gebouwen te realiseren.

2.1.2 Trias Energetica

Uitgangspunt om tot energieneutrale gebouwen te komen is de Trias Energetica ('Lente-akkoord, 2008' [25]). De Trias Energetica doorloopt 3 stappen (Figuur 2.2).

- 1.) De vraag naar energie reduceren (o.a. isoleren, elektriciteit besparen, zuiniger transport),
- 2.) Duurzame energiebronnen gebruiken (Zon, water, wind, geothermie),
- 3.) Gebruik van eindige bronnen schoon en efficiënt toepassen (CO₂-afvang en opslag).



| Figuur 2.2 TRIAS Energetica logo ('DbV, 2012' [27]) |

2.2. Energieprestatiecoëfficiënt

Het bouwbesluit stelt dat een te bouwen bouwwerk voldoende energiezuinig is. Dit geldt voor bouwwerken met een gebruiksfunctie waaraan in het bouwbesluit een eis is gesteld aan de energieprestatie. Deze eis wordt uitgedrukt in een energieprestatiecoëfficiënt (hierna EPC).

2.2.1 Bouwbesluit

Per 1 april 2012 treedt het Bouwbesluit 2012 in werking, deze vervangt het Bouwbesluit 2003. Het Bouwbesluit 2012 is opgesteld om bouwtechnische eisen leesbaarder, eenvoudiger en eenduidiger te maken. De belangrijkste veranderingen voor de EPC in het bouwbesluit zijn omschreven in Tabel 2.1.

Bouwbesluit 2012			Bouwbesluit 2003		
Hoofdstuk 1. Algemene bepalingen			Hoofdstuk 1. Algemene bepalingen		
Artikel 1.2 Aantal personen			Artikel 1.1 Begripsbepalingen		
Tabel 1.2			Tabel 1		
Gebruiksfunctie	Ten minste aan te houden aantal personen per m2 verblijfsgebied		Klasse	bezettingsgraad in m2 gebruiksoppervlakte per persoon	in m2 vloeroppervlakte aan verblijfsgebied per persoon
1 Woonfunctie	nvt		B1	> 0,8 - <=	> 0,5 - <=
2 Bijeenkomstfunctie			B2	> 2,0 - <=	> 1,3 - <=
a voor het aanschouwen van sport	0,3		B3	> 5,0 - <=	> 3,3 - <=
b andere gebruiksfunctie	0,125		B4	> 12 - <=	> 8,0 - <=
3 Celfunctie			B5	> 30	> 20
a voor bezoekers	0,125				
b andere celfunctie	0,5				
4 Gezondheidszorgfunctie					
a met bedgebied	0,125				
b andere gezondheidszorgfunctie	0,05				
5 Industriefunctie	nvt				
6 Kantoorfunctie	0,05				
7 Logiesfunctie	0,05				
8 Onderwijsfunctie	0,125				
9 Sportfunctie	nvt				
10 Winkelfunctie	nvt				
11 Overige gebruiksfunctie	nvt				
12 Bouwwerk geen gebouw zijnde	nvt				
Hoofdstuk 5. Technische bouwvoorschriften uit het oogpunt van energiezuinigheid en mileu, nieuwbouw			Hoofdstuk 5. Voorschriften uit het oogpunt van energiezuinigheid		
Artikel 5.2 Energieprestatiecoëfficiënt			Artikel 5.12 Energieprestatiecoëfficiënt		
EPC bepaald volgens:			EPC bepaald volgens:		
Utiliteitsgebouwen	NEN 2916		Utiliteitsgebouwen	NEN 2916	
Woonfuncties en -gebouwen	NEN 5128		Woonfuncties en -gebouwen	NEN 5128	
Vanaf 1 juli 2012					
Utiliteitsgebouwen	NEN 7120				
Woonfuncties en -gebouwen	NEN 7120				
Artikel 5.3 Thermische isolatie			Artikel 5.2 Algemeen		
Thermische isolatie	minimaal RC=3,5m2K/W		Thermische isolatie	minimaal RC=2,5m2K/W	

| Tabel 2.1 Veranderingen bouwbesluit 2012 t.o.v. 2003 | De belangrijkste veranderingen in het bouwbesluit m.b.t. de EPC zijn het vervallen van bezettingsgraden, aansturing van de normen en de minimale isolatie van de thermische schil. |

2.2.2 EPC-aanscherpingen

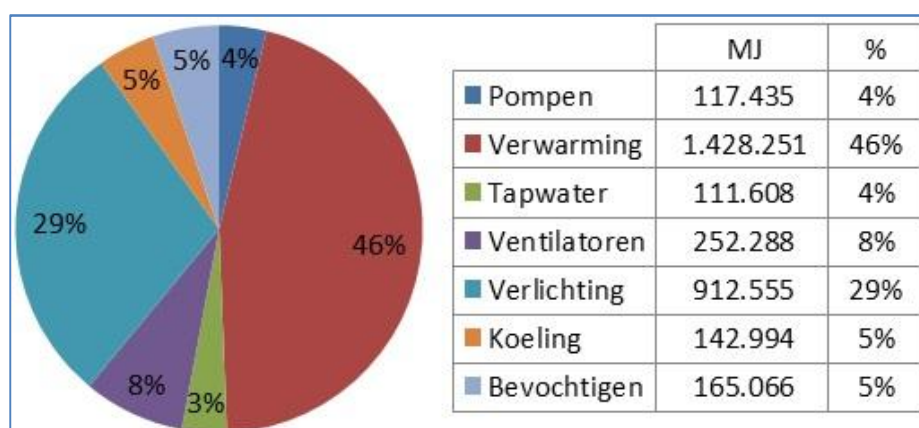
Met de doelstellingen van het Lente-akkoord in het achterhoofd, dient de EPC-eis van een gebruiksfunctie verscherpt te worden. Tabel 2.2 laat de aanscherpingen zien van de EPC-eis vanaf de invoering van de energieparagraaf in december 1995 ('Scholten, 1995' [12]). Waarbij het streven een EPC-eis van 0,0 is voor alle gebruiksfuncties in 2020 ('Lente-akkoord, 2008' [25]).

Gebruiksfunctie	EPC-eis 1995	1998	2000	2003	2006	2009	2011	2015	2020
Woningbouw	1,4	1,2	1,0		0,8		0,6	0,4	0,0
Bijeenkomstgebouwen	3,4		2,4	2,2		2,0		1,1	0,0
Celgebouwen	2,3		2,2	1,9		1,8		0,95	0,0
Gezondheidszorg niet klinisch	2,0		1,8	1,5		1,0		0,75	0,0
Gezondheidszorg klinisch	4,7		3,8	3,6		2,6		1,8	0,0
Kantoren	1,9		1,6	1,5		1,1		0,75	0,0
Logiesgebouwen	2,4		2,1	1,9		1,8		0,95	0,0
Onderwijs	1,5		1,5	1,4		1,3		0,7	0,0
Sportgebouwen	2,8		2,2	1,8		1,8		0,9	0,0
Winkels	3,6		3,5	3,4		2,6		1,7	0,0

| Tabel 2.2 EPC aanscherpingen | De EPC aanscherpingen zijn in beeld gebracht vanaf de invoering van de energieparagraaf in het bouwbesluit tot het jaar 2020 waarin de EPC 0,0 dient te zijn. |

2.2.3 Karakteristiek energiegebruik

Als een gebouw meerdere gebruiksfuncties met een EPC-eis kent, dan wordt een eis gesteld aan de verhouding tussen het karakteristieke energiegebruik en de toelaatbare karakteristieke energieprestatie ('Bouwbesluit 2003' [10] en 'Bouwbesluit 2012' [11]). Wanneer de verhouding 1 of minder is, dan wordt aan de EPC-eis voldaan. Karakteristiek wil in dit geval zeggen bij een genormeed gebruik van het gebouw bij een standaard klimaatjaar. Genormeed wil in dit geval zeggen een vast vermogen aan interne warmteproductie voor personen en apparatuur bij vastgestelde gebruikstijden per gebruiksfunctie. Het jaarlijkse karakteristieke energiegebruik, van de gebruiksfuncties met een EPC-eis, is de som van het primaire energiegebruik van diverse posten (Figuur 2.3). Het betreffen hier de posten van het energiegebruik van het Burgers Ergon gebouw te Eindhoven ter verduidelijking van de opbouw van het energiegebruik. De opbouw van de diverse posten worden in hoofdstuk 3.2 behandeld.



| Figuur 2.3 Het primaire energiegebruik van het Burgers Ergon gebouw |

2.3. Bepalingsmethode voor de EPC

Vanaf december 1995, sinds de nieuwe energieparagraaf in het bouwbesluit, is het verplicht om een EPC-berekening bij een bouw aanvraag te overleggen. De berekening van de EPC gebeurt aan de hand van een gestandaardiseerde bepalingmethode, de zogenaamde Nederlandse Norm (hierna NEN). De NEN is ontwikkeld door het Nederlands Normalisatie-instituut (NNI) en wordt aangestuurd vanuit het bouwbesluit. Gecertificeerde berekeningsmodules berekenen de EPC aan de hand van invoerparameters.

2.3.1 Normen en handleidingen

Vanaf 1 juli 2012 ('AgentschapNL, Regelgeving' [1.]) zal de NEN 7120: Energieprestatie van gebouwen- Bepalingsmethode (hierna EPG) de bepalingmethode zijn voor de energieprestatie van nieuwe bouw ('NEN, 2011' [19]). De EPG vervangt de huidige normen NEN 2916 ('NEN, 2008' [15]) en NEN 5128, hierna EPN ('NEN, 2004' [18]), onder andere omdat deze normen alweer bijna 20 jaar oud zijn. Veel technieken in de EPN zijn achterhaald, hierdoor is een wildgroei ontstaan op kwaliteitsverklaringen en gelijkwaardigheidsverklaringen, zodat nieuwere technieken toch in de berekening opgenomen konden worden. De berekening is hiermee niet overzichtelijker geworden en aan de kwaliteit van verklaringen kan ook getwijfeld worden. De EPG bevat op dit moment alle bekende technieken en zal ook regelmatig aangevuld worden met nieuwe technieken.

NEN 7120		Vervangt:
utiliteitsbouw	nieuwbouw (energieprestatie) bestaande bouw (energielabel)	NEN 2916 01-jul-12 ISSO 75 01-jan-13
woonfunctie en woongebouwen	nieuwbouw (energieprestatie) bestaande bouw (energielabel)	NEN 5128 01-jul-12 ISSO 82 01-jan-13
NEN 7120: Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode NEN 2916: Energieprestatie van utiliteitsgebouwen - Bepalingsmethode NEN 5128: Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen - Bepalingsmethode ISSO 75: Handleiding Energieprestatie-Advies Utiliteitsgebouwen ISSO 82: Handleiding Energieprestatie-Advies Woningen		

| Tabel 2.3 Overzicht NEN en ISSO publicaties | De NEN 7120 zal uiteindelijk de beschreven normen vervangen. |

Zoals te zien in tabel 2.3 vervangt, vanaf 1 januari 2013, de EPG ook de ISSO 75 ('Stichting ISSO, 2011' [8]) en ISSO 82 ('Stichting ISSO, 2011' [9]) voor de energieprestatie van bestaande bouw. Met deze methodieken wordt een energielabel voor een gebouw opgesteld. Het energielabel voor gebouwen geeft informatie over de energiezuinigheid en over de mogelijkheden om deze te verbeteren. Sinds 1 januari 2008 is het verplicht een label af te geven bij bouw, verkoop of verhuur. Wanneer een bouwvergunning niet langer dan 10 jaar geleden is aangevraagd, is het ook toegestaan om een EPC-berekening te overhandigen. Vanaf 1 januari 2013 is het niet meer toegestaan om een EPC-berekening in plaats van een energielabel te overleggen, bij verkoop of verhuur van een gebouw jonger dan 10 jaar. Een EPC-berekening is tot 10 jaar geldig na afgifte ('AgentschapNL, nieuws' [1]). Een energielabel is ook 10 jaar geldig.

2.3.2 Gelijkwaardigheidsverklaringen en kwaliteitsverklaringen

In opdracht van het Agentschap NL ('nieuws, 2012' [1]) is, in samenwerking door NEN en ISSO, een databank ontwikkelt waarin gecontroleerde kwaliteitsverklaringen en gecontroleerde gelijkwaardigheidsverklaringen zijn opgenomen ('NEN & ISSO, 2012' [21]). Bij beoordeling van een EPC-berekening kan de gemeente gebruik maken van de databank, deze is voor iedereen toegankelijk op de ISSO website. De databank dient ter ondersteuning aan gemeentes om uitgegeven verklaringen overzichtelijk te houden, acceptatie van de verklaringen is de verantwoording van de gemeente zelf.

2.3.3 Berekeningsmodules voor de EPC

Bij de invoering van de EPN leverde de NEN ook software voor de berekening van de EPC. Deze software is ontwikkeld door DGMR. Daarnaast hebben verschillende partijen software ontwikkeld voor de EPC-berekening en het energielabel, deze software is toentertijd door een gecertificeerd bedrijf geattesteerd. Voor de invoering van de EPG heeft NEN besloten zelf geen software op de markt te brengen, omdat diverse partijen al software ontwikkelen (Tabel 2.4). Deze software zal tevens door een gecertificeerd bedrijf geattesteerd worden. Alle software dient geattesteerd te worden conform BRL9501: Methoden voor het bepalen van het energiegebruik van gebouwen en de energetische en financiële gevolgen van energiebesparingsmaatregelen ('KOMO' [29]).

	NEN 7120	NEN 2916	NEN 5128	ISSO 75	ISSO 82
BINK	BINK EPG	BINK EPC-U	BINK EPC-W	EPI-U	EPI-W / EPA-W
De Twee Snoeken	De Toetsingssoftware	Normworm	Normworm	-	-
DGMR	ENORM	NPR 2917 (EPU)	NPR 5129 (EPW)	ECU	ECW
Earth	Uniec 2.0	-	-	-	-
Vabi	EPG (Elements)	EPN (UO VA122)	EPN (UO VA122)	EPA-U	EPA-W

| Tabel 2.4 Overzicht van energieprestatiessoftware | De verschillende partijen die software hebben uitgebracht met betrekking tot EPC en energielabel berekeningen ('Software partijen' [30 t/m 34]). |

2.4. Vertraging Bouwbesluit 2012 en NEN 7120

In eerste instantie was het in de planning om het Bouwbesluit 2012 en de EPG per 1 januari 2012 in te voeren. Voor zowel het bouwbesluit als de EPG bleek dit niet haalbaar. Het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties heeft hierop nieuwe data vastgelegd ('AgentschapNL 2012, nieuws' [1]).

Bij het vaststellen van het Bouwbesluit 2012 in juni 2011 waren nog de nodige onduidelijkheden aanwezig in het document. Hierdoor is het bouwbesluit eind augustus 2011 gepubliceerd. Het Bouwbesluit wordt per 1 april 2012 ingevoerd, reden hiervoor is dat gebruikers kunnen wennen aan de nieuwe regels ('Rijksoverheid, 2012' [24]).

Afspraak betreft de EPG en bij behorende software was dat marktpartijen drie maanden de tijd hebben om ermee te leren werken. Dat zou betekenen dat de norm en de software per 1 oktober beschikbaar had moeten zijn. De EPG is alleen vertraagd, doordat de NEN 7120 nog enkele fouten had. En de NEN voor de ventilatie ('NEN 8088, 2011' [20]) sloot nog niet helemaal aan op de EPG. Hierdoor is de norm pas eind 2011 beschikbaar gekomen. De software partijen moeten de wijzigingen ook in de berekeningsmodule verwerken, waardoor de software in maart beschikbaar is gekomen voor de gebruikers. Het betreft nog wel een bèta versie, maar dit geeft de kans om te wennen aan de nieuwe berekeningsmethodiek. De berekeningsmodules worden 1 juli 2012 officieel gereleased, tegelijkertijd met het inwerking treden van de EPG (nieuwbouw).

Streefdatum om de EPG voor bestaande bouw van kracht te laten gaan is 1 januari 2013. De EPC en het energielabel zullen dan volgens dezelfde methodiek berekend worden. Vanaf 1 januari 2013 is het voor zowel bestaande als nieuwbouw verplicht om een energielabel af te geven. Een verplichting bij het energielabel nieuwbouw is een oplevertoets, hiermee wordt gecheckt of de EPC-berekening daadwerkelijk is gerealiseerd. Voor de omschakeling van EPC naar energielabel nieuwbouw komt een omrekening beschikbaar ('Bouwens, 2012' [4]) Ten tijde van het schrijven van dit rapport is nog niet bekend wanneer deze tabel beschikbaar komt en hoe deze eruit gaat zien.

3. Vergelijking van de bepalingsmethodes voor de EPC

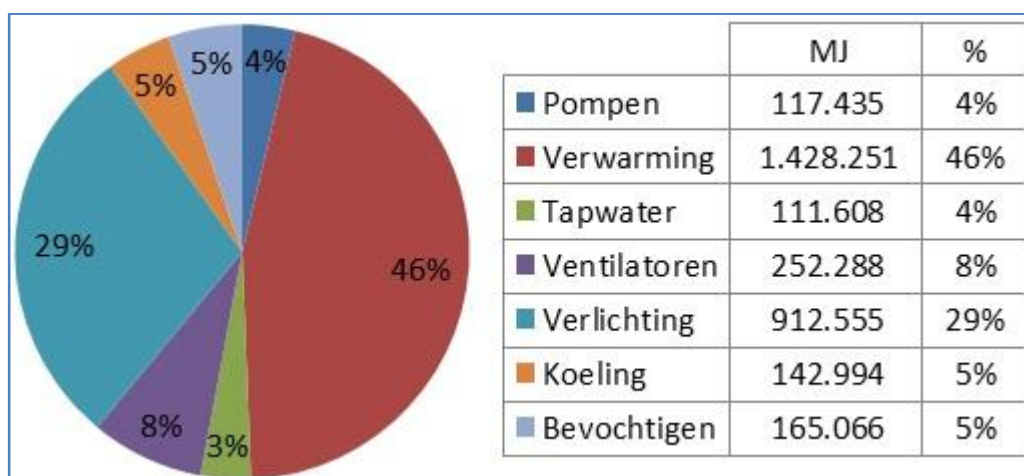
Bij dit vergelijkingsonderzoek worden alleen de NEN 7120 en de NEN 2916 beschouwd. De NEN 5128 valt buiten de scope, omdat Burgers Ergon weinig tot niks van doen heeft met woningbouw. De ISSO 75 en 82 omdat deze betrekking hebben op energielabels. Betreft de berekeningsmodules voor de EPG en de EPN worden alleen de software modules van Vabi vergeleken. Voor de EPG is dit Vabi Elements EPG en voor de EPN is dit Vabi UO EPN. Alle andere software modules vallen buiten de vergelijking, omdat Burgers Ergon te kennen heeft gegeven alleen de modules van Vabi te gebruiken gezien de ervaring met de oude omgeving (Vabi Uniforme Omgeving) en de verwachtingen van de nieuwe omgeving (Vabi Elements). Om de resultaten uit beide modules goed te kunnen vergelijken wordt dit aan de hand van een referentiegebouw gedaan.

3.1. Referentiegebouw

Het Burgers Ergon gebouw te Eindhoven (titelpagina) is gekozen als referentiegebouw (hierna BE-gebouw). Voor Burgers Ergon is het een mooi visitekaartje om aan klanten te kunnen tonen wat de mogelijkheden zijn voor een energiezuinig gebouw met het eigen kantoor als uitgangspunt.

Het BE-gebouw is een vrij standaard utiliteitsgebouw. Het gebouw bestaat uit een kantoorgedeelte van 5 verdiepingen, een bedrijfskantine en een werkplaats met daaronder een parkeergarage. Dit gebouw bevat zowel gebruiksfuncties die wel en niet aan een EPC-eis hoeven te voldoen ('Bouwbesluit 2012, Tabel 5.1' [11] en 'Bouwbesluit 2003, Tabel 5.11' [10]). Het BE-gebouw heeft een bouwvergunning van na 1 januari 2000 en behoort te voldoen aan de eisen vanaf 1 januari 2000.

In het archief is geen energieprestatie te achterhalen van het complete gebouw, alleen van het kantoorgedeelte. Om te laten zien of het BE-gebouw minimaal aan de EPC-eisen van het jaar 2000 voldoet is allereerst een EPC-berekening gedaan met de berekeningsmodule Vabi UO EPN. Hierbij komt de indeling van het gebouw van CAD-tekeningen en de benodigde bouwkundige en installatietechnische gegevens komen uit de energieprestatieberekening van het kantoorgedeelte ('Nelissen, 2000' [13]) en het EPA-rapport ('Daris, 2007' [5]) van het gebouw. Alle tekeningen, uitgangspunten en aannames met betrekking tot het BE-gebouw en de resultaten van de EPC-berekening zijn te vinden in Bijlage II. De resultaten van de EPC-berekening laten zien dat de verhouding tussen het karakteristieke en toelaatbare karakteristieke energiegebruik is minder dan 1, het BE-gebouw voldoet dus aan de minimale EPC-eis. Figuur 3.1 laat het primair energiegebruik van het BE-gebouw zien.



| Figuur 3.1 Primair energiegebruik BE-gebouw | EPC-eisen na 2000 |

3.2. Vergelijking EPG (NEN 7120) en EPN (NEN 2916)

De normen NEN 7120 en NEN 2916 worden inhoudelijk en qua opbouw met elkaar vergeleken. Dit wordt gedaan aan de hand van de opbouw van de EPG, hoofdstuknummers in de titels van de volgende paragrafen verwijzen naar de EPG. Verondersteld wordt enigszins bekend te zijn met de bepalingmethode in de EPN. Bij de vergelijking tussen de oude en nieuwe methode is gebruik gemaakt van presentaties van Vabi ('van Wolferen, 2011' [6]) en DGMR ('Presentaties, 2011' [23]), deze partijen hebben zelf ook een onderzoek gedaan naar de verschillen tussen de EPG en de EPN.

3.2.1 Algemeen

De EPG komt voort uit een aantal Europese normen, deze Europese normen zijn gepubliceerd in het kader van de EPBD, de EPG is hierbij speciaal op de Nederlandse situatie gericht. De EPG is ontstaan uit de Europese normen; termen, definities, symbolen en indexen zijn geüniformeerd (in het Engels).

3.2.2 Toepassing en bepaling energieprestatie (H5.)

De EPG maakt onderscheid tussen de verschillende toepassingsgebieden door middel van de symbolen [A], [WN], [UN], [WB] en [UB] (Tabel 3.1). Voor dit vergelijkingsonderzoek zijn slechts de onderdelen van belang met de symbolen [A] en [UN].

NEN 7120	NEN 2916
[A] Algemeen	Utiliteitsgebouwen Nieuwbouw
[WN] Woningen en woongebouwen Nieuwbouw	
[UN] Utiliteitsgebouwen Nieuwbouw	
[WB] Woningen en woongebouwen Bestaande bouw	
[UB] Utiliteitsgebouwen Bestaande bouw	

| Tabel 3.1 Toepassingsgebieden EPG en EPN | Het verschil in de toepassing van de NEN 7120 en de NEN 2916. |

Vergelijking van de EPC-bepaling

EPG:

$$EPC_{usi} = \frac{E_{PTot}}{E_{P,adm,tot,nb}} \times EPC_{req,nb;usi}$$

EPN:

$$EPC_i = \frac{Q_{pres,tot}}{Q_{pres,toel}} \times EPC_{eis,i}$$

EPC_{usi}	$= EPC_i$	= EPC van een gebruiksfunctie.
E_{PTot}	$= Q_{pres,tot}$	= Het karakteristieke energiegebruik van het gebouw.
$E_{P,adm,tot,nb}$	$= E_{P,adm,tot,nb}$	= Het toelaatbare karakteristieke energiegebruik van het gebouw.
$EPC_{req,nb;usi}$	$= EPC_{req,nb;usi}$	= De EPC-eis van een gebruiksfunctie.

Het karakteristieke energiegebruik

Het karakteristieke energiegebruik van een gebouw (E_{PTot} of $Q_{pres,tot}$) wordt bepaald door berekening van het primaire energiegebruik voor verwarmen, koelen, bevochtigen, warm tapwater, ventilatoren en verlichting (Bijlage III). En dit eventueel verminderd met op eigen perceel opgewekte energie.

Het toelaatbare karakteristieke energiegebruik

EPG:

$$E_{P,adm,tot,nb;U} = ([1]f_{g;adm,nb} \times A_{g;U} + [2]f_{ls;adm,nb} \times \min(A_{ls;U}; A_{ls;U;max;adm,nb})) \times [3] (C_{EPC;mn;U} \times EPC_{req,nb;mn;U})$$

$$\text{Waarbij: } C_{EPC;mn;U} \times EPC_{req,nb;mn;U} = (A_{g;us1;u} \times C_{EPC;us1;u} \times EPC_{req,nb;us1;u} + \dots) / A_{g;u}$$

De EPC plichtige oppervlaktes van het gebouw krijgen een energiebudget per m² (310 MJ/m²) [1] en dit wordt aangevuld met een energiebudget voor de verliesoppervlaktes (max. 2000 m²) van de EPC plichtige oppervlaktes van het gebouw (85 MJ/m²) [2], waarna dit totale budget wordt vermenigvuldigd met een factor. Deze factor is een getal dat de zwaarte van de EPC-eisen voor de verschillende gebruiksfuncties middelt over het EPC verplichte oppervlakte van het gebouw [3].

EPN:

$$Q_{pres,toel} = [1] \left(\frac{1}{f_{koel}} \right) \times c_{g,toel} \times (A_{g,verwz;1} \times EPC_{eis;1} \times C_{EPC;1} + \dots) + [2] y_V \times c_V \times (f_{V;1} \times u_{v,min;1} \times A_{g;1} + \dots) + [3] c_{verlies;toel} \times y_{verlies} \times A_{verlies}$$

De EPC plichtige oppervlaktes van het gebouw krijgen een energiebudget per m² ($c_{g,toel} = 330 \text{ MJ/m}^2$). Het totale energiebudget hangt af van de EPC-eis van een oppervlakte. Bij aanwezigheid van koeling wordt het budget hoger ($1/f_{koel}$) [1]. Daarnaast krijgt een gebruiksfunctie een budget voor ventilatie [2]. En daarboven op komt nog een budget ter compensatie van transmissieverliezen (65 MJ/m^2) voor de verliesoppervlakte (max. 2000 m^2) van het gebouw [3]. De factoren (c_{koel} , y_{koel} , y_v en c_v) zijn bedoeld ter compensatie om afwijkingen in de vernieuwde bepalingsmethode van de NEN 2916 op te vangen, zodat zoveel mogelijk eenzelfde EPC-uitkomst verkregen wordt.

Correctiefactor voor de EPC (C_{EPC})

De C_{EPC} factor is bedoeld om tussen de verschillende correctiebladen van de NEN 2916 een ongeveer zelfde resultaat uit de EPC-berekening te krijgen. Voor de gebruiksfuncties die betrekking hebben op het BE-gebouw zijn dit:

- Kantoorfunctie: $C_{EPC} = 0,96$ [-]
- Bijeenkomstfunctie: $C_{EPC} = 1,17$ [-]

Om de verschillen in uitkomsten tussen de EPN en de EPG ook zoveel mogelijk gelijk te krijgen zijn de volgende factoren bepaald:

- Kantoorfunctie: $C_{EPC} = 1,01$ [-]
- Bijeenkomstfunctie: $C_{EPC} = 0,77$ [-]

De factoren voor de EPG zijn door DGMR bepaald en zijn schriftelijk vastgelegd en bekend gemaakt aan onder andere Vabi, dit rapport is vertrouwelijk en de inhoud is niet in te zien door derde partijen.

Toelaatbare karakteristieke energiegebruik BE-gebouw

Het toelaatbare karakteristieke energiegebruik is helemaal uitgewerkt voor het BE-gebouw (Bijlage IV) volgens de eisen van 2011, in tegenstelling tot Figuur 3.1 (EPC-eis van na 2000). Dit geeft een indicatie voor het toelaatbare karakteristieke energiegebruik met de EPC-eis van 2011, welke zal volgen uit de berekeningen met de EPG-methode en met de EPN-methode:

- Bij de EPG-methode bedraagt het toelaatbare karakteristieke energiegebruik $2.273.123 \text{ MJ}$.
- Bij de EPN-methode bedraagt het toelaatbare karakteristieke energiegebruik $3.032.795 \text{ MJ}$.

Alle beschreven termen in de formules voor het karakteristieke toelaatbare energiegebruik worden verder toegelicht in bijlage IV.

Verschil in berekening van het toelaatbare karakteristieke energiegebruik

De berekening voor het toelaatbare karakteristieke energiegebruik volgens de EPG is versimpeld ten opzicht van de berekening volgens de EPN. De EPN berekening waardeert het gebruik van koeling door extra energiebudget te geven ($1/f_{koel}$), dit is in de EPG berekening vervallen. De EPG rekent bij afwezigheid van koeling nu met een forfaitair zomercomfort voor alle gebouwen.

Het extra energiebudget voor ventilatie is in de EPG ook komen te vervallen. Deze zit in de EPN om aanpassingen in de berekening van de verschillende correctiebladen op te vangen, zodat een gelijke EPC-uitkomst verkregen wordt. In de EPG wordt ventilatie volgens een nieuwe methode (NEN 8088) berekend. Het vervallen van het extra energiebudget voor koeling en ventilatie wordt enigszins opgevangen door een hoger energiebudget voor de verliesoppervlaktes.

Kort samengevat is een zo groot mogelijke gebruiksoppervlakte van de gebruiksfuncties met een EPC-eis gewenst tegenover een verliesoppervlakte van maximaal 2000 m^2 .

3.2.3 Gebouwbegrenzing en schematisering (H6.)

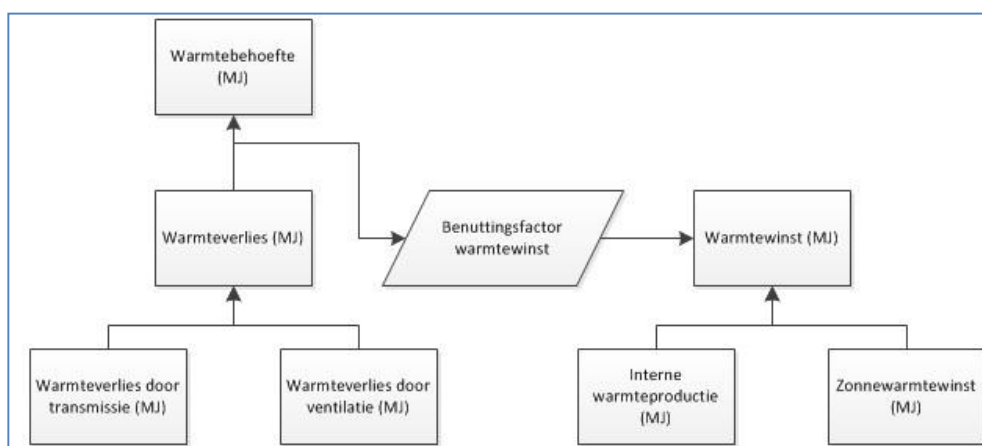
De EPG geeft eenduidigheid in de benaming van het gebouw, ruimtes en zones. De NEN 2916, NEN 5128 en ISSO houden verschillende benamingen aan voor dezelfde gebieden (Tabel 3.2). De bepaling van gebruiksoppervlaktes en verliesoppervlaktes gebeurt, zowel in de EPG als de EPN, volgens de NEN 2580 ('NEN, 2008' [14]) en heeft dus geen veranderingen gegeven.

NEN 7120	NEN 5128	NEN 2916	ISSO
Energiegebouw	-	-	Labelplichtig deel
Aangrenzende ruimten	Aangrenzende ruimten	Aangrenzende ruimten	Aangrenzende ruimten
Klimatiseringszone	-	Klimatiseringssysteem	Gebouwdeel
Rekenzone	Verwarmde zone	Energiesector	Energiesector

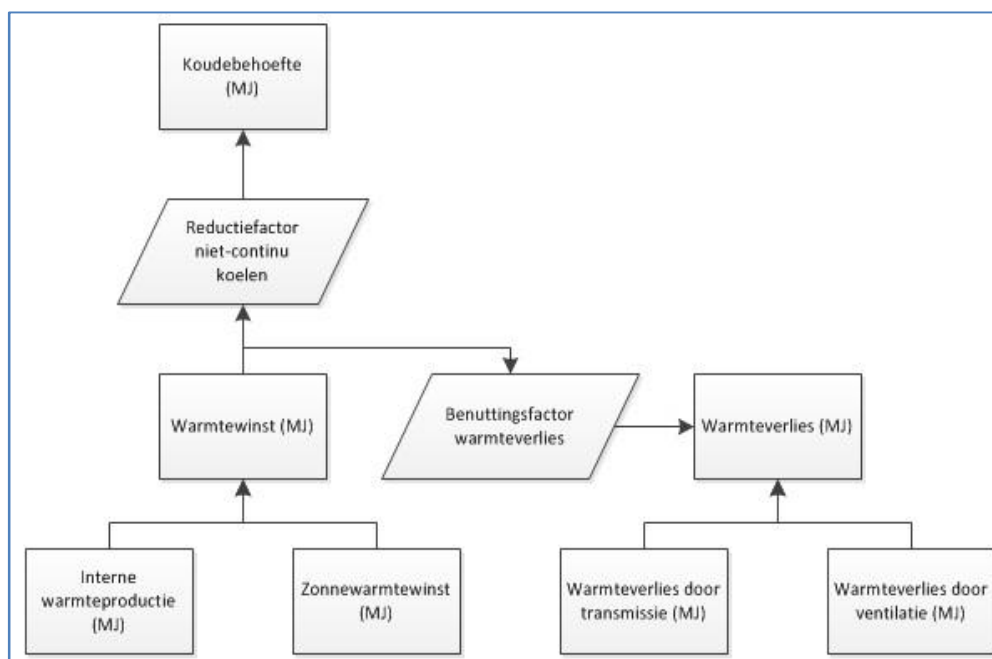
| Tabel 3.2 Terminologie vergelijking | Overzicht van de gebruikte begrippen in de verschillende normen en handleidingen. |

3.2.4 Bepaling warmte- en koudebehoefte (H7.)

De warmte- (Figuur 3.2) en koudebehoefte (Figuur 3.3) per rekenzone van een gebouw is uitgesplitst in de EPG. In de EPN is alles voor verwarming of koeling onder het betreffende hoofdstuk te vinden.



| Figuur 3.2 Stromingsdiagram warmtebehoefte |



| Figuur 3.3 Stromingsdiagram koudebehoefte |

Bepaling van de koudebehoefte kent een reductiefactor voor het niet-continu koelen, dit zal resulteren in een lagere koelbehoefte. Nieuw in de EPG berekening is de warmte- en koudebehoefte voor de voorbehandeling van de ventilatietoevoerlucht. In de EPN werd dit buiten beschouwing gelaten en werd de warmte- of koudebehoefte bepaald aan de hand van de buitenlucht, wat tot gevolg kon hebben dat op dezelfde dag zowel verwarming als koeling nodig is, dit werd gecorrigeerd met een factor voor energievernietiging. De EPG bepaalt de warmte- en koudebehoefte aan de hand van de voorverwarmde of –gekoelde lucht.

Warmteoverdracht door transmissie (H8.)

In de berekening van warmteoverdracht door transmissie voor verwarming is per gekozen gebruiksfunctie een reductiefactor opgenomen voor nachtverlaging en voor weekendverlaging of -onderbreking van de thermostaatstand, dit resulteert in een lagere warmtebehoefte.

Warmteoverdracht door ventilatie (H9.)

De berekeningsmethode voor bepaling van het warmteverlies door ventilatie is opgenomen in NEN 8088-1, hoofdstuk 5. Tevens is voor verwarming per gekozen gebruiksfunctie een reductiefactor opgenomen voor nachtverlaging en voor weekendverlaging of –onderbreking van de thermostaatstand, net als bij transmissie.

Bepaling interne warmteproductie (H10.)

De gekozen gebruiksfunctie bepaald de interne warmteproductie door personen en niet meer de gekozen bezettingsgraad (Tabel 3.3). De warmteproductie door personen wordt nog vermenigvuldigd met een correctiefactor voor de bezettingstijd. Voor de bepaling van de interne warmteproductie door apparatuur, verlichting en ventilatoren zijn geen veranderingen. De interne warmteproductie door apparatuur is het gebruik dat niet bijdraagt aan de gebouwregeling. Het elektriciteitsverbruik van deze apparaten valt buiten de bepaling van het karakteristieke energiegebruik van het gebouw.

NEN 7120		NEN 2916	
Gebruiksfunctie	W/m ²	Bezettingsgraad	W/m ²
Bijeenkomstfunctie	10	1	15
Celfunctie	3	2	10
Gezondheidszorgfunctie	5	3	5
Kantoorfunctie	5	4	3
Logiesfunctie	3	5	1
Onderwijsfunctie	10		
Sportfunctie	3		
Winkelfunctie	3		

| Tabel 3.3 Interne warmteproductie door personen | Door het wegvallen van de bezettingsgraad wordt de warmteproductie per functie bepaald. |

Bepaling specifieke warmtewinst door opvallende zonnestraling (H11.)

- Meer nauwkeurige berekening door constructies (transparant en niet-transparant).
- Extra warmtestroom door warmtestraling naar de hemel.
- Zonnewarmtewinst door aangrenzende onverwarmde serres (AOS).
- Opvallende zonne-energie gedetailleerder per oriëntatie.

Bepaling dynamische gebouweigenschappen (H12.)

Nieuw in de EPG is de waardering van betonkernactivering bij bepaling van effectieve interne warmtecapaciteit.

Binnencondities (H13.)

Voor de meeste gebruiksfuncties wordt met een hogere binnentemperatuur voor de warmtebehoefte gerekend, omdat dit als prettiger wordt ervaren door gebruikers (Tabel 3.4).

Gebruiksfunctie	NEN 7120	NEN 2916
Warmtebehoefte	binnentemperatuur	
Sportfunctie, matig verwarmd	13°C	13°C
Bijeenkomstfunctie Celfunctie Gezondheidszorgfunctie, geen bedgebied Kantoorfunctie Logiesfunctie Onderwijsfunctie Sportfunctie Winkelfunctie	20°C	19°C
Gezondheidszorgfunctie met bedgebied	22°C	22°C
Koudebehoefte	24°C	24°C

| Tabel 3.4 Binnentemperatuur voor warmte- en koudebehoefte | Voor de meeste gebruiksfuncties is de binnentemperatuur omhoog gegaan. De temperatuur voor de koudebehoefte geldt voor alle gebruiksfuncties |

3.2.5 Bepaling energiegebruik verwarming (H14.)

Het verwarmingssysteem bestaat uit afgifte, distributie en opwekking met de daarbij behorende rendementen. In de EPN valt het afgifte- en distributierendement onder het systeemrendement, wat in de EPG is komen te vervallen. Hiermee is ook de vernietigingsfactor voor energie komen te vervallen, zoals vermeld in hoofdstuk 3.2.4. Voor een stromingsdiagram van het energiegebruik van verwarming wordt verwezen naar bijlage III.

Afgifterendement

Het afgifterendement is een nieuwe post, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen ruimtes tot 8 meter en ruimtes hoger dan 8 meter.

Distributierendement

Intern: Het interne distributierendement veroorzaakt door leiding- en kanalenverliezen in het gebouw. NEN 7120 heeft een onderscheid bij de weegfactor leiding- en kanaalverliezen bij verwarming tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde leidingen en kanalen.

Extern: Het externe distributierendement ten gevolge van verliezen van leidingen van warmtelevering buiten het gebouw, maar op het perceel. Onderscheid in temperatuur van verwarmingswater bij gebruik voor warmtapwaterbereiding en bij geen gebruik voor warmtapwaterbereiding.

Externe warmtelevering: Het externe distributierendement ten gevolge van verliezen van leidingen van externe warmtelevering van buiten het perceel; de waarde is 1,0. Deze kan bepaald worden bij beschouwing op gebiedsniveau; NVN 7125. Meer hierover in paragraaf 3.2.13.

Centrale luchtbehandeling

Voorverwarming van lucht door recirculatie en warmteterugwinning, met maandelijkse setpointtemperaturen van de ventilatielucht.

Bijdrage zonne-energiesysteem aan energiegebruik verwarming

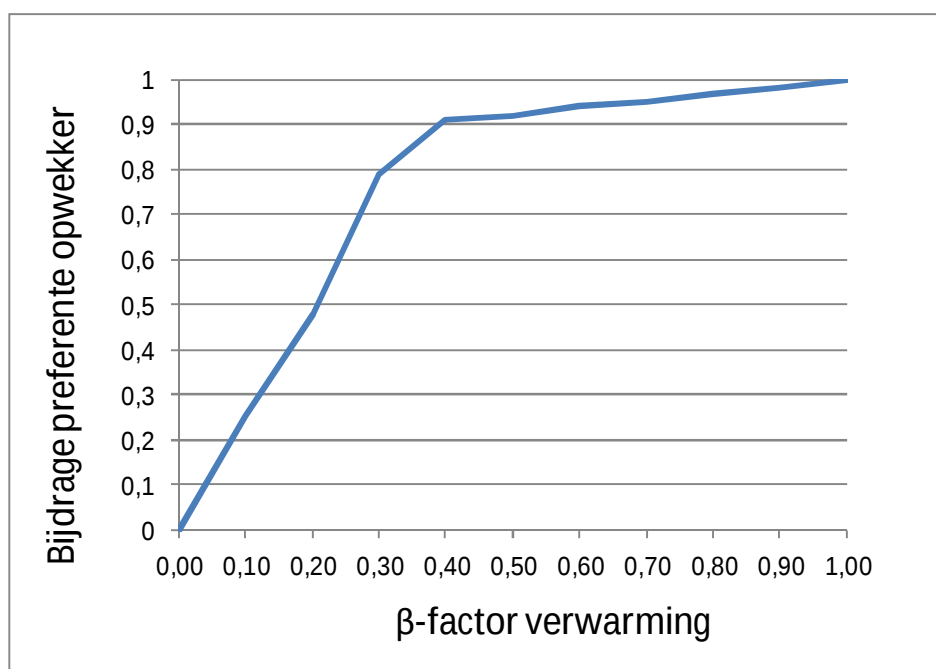
- Zonne-energiesysteem met alleen een verwarmingsfunctie.
- Combisysteem met een collectoroppervlak groter dan 6 m²: verwarming en tapwater.

Opwekkingsrendement

De rendementen van diverse opwekkers zijn herzien, dit door meer helderheid in verbruiken. Bij externe warmtelevering bedraagt het opwekkingsrendement 1,0. Bij beschouwing op gebiedsniveau kan met de NVN 7125 een nieuw opwekkingsrendement bepaald worden. Meer hierover in paragraaf 3.2.13.

Energiefractie

De bèta-factor is de verhouding tussen het vermogen van de preferente opwekker en het vermogen van alle opwekkers samen. Deze is verder opgesplitst, hiermee is het aandeel van de preferente warmteopwekker nauwkeuriger te bepalen. Grafiek 3.1 laat de verhouding zien tussen het aandeel van het thermisch vermogen van de preferente opwekker en het maximale vermogen. Bijvoorbeeld bij een factor van 0,4 levert de preferente opwekker tot 90% van het benodigde vermogen.



| Grafiek 3.1 Energiefractie | Bepaald de bijdrage van de preferente opwekker bij het totale vermogen |

Hulpenergie

De hulpenergie wordt bepaald voor distributie, opwekking en zonne-energiesysteem.

Warmtedistributie

Het energiegebruik van pompen wordt toegekend aan de hulpenergie van verwarming en niet meer aan de post pompen, zoals bij de EPN. De post pompen is in de EPG komen te vervallen.

Warmteopwekking

Elektrisch gebruik van elektronica, ventilator en gasklep van het opwekkingstoestel en bronpomp of bronventilator voor een warmtepomp.

Zonne-energiesysteem

Bij toepassing voor verwarming en warm tapwater wordt de hulpenergie toegekend aan warm tapwater, bij toepassing voor verwarming aan verwarming.

3.2.6 Energiegebruik van ventilatoren voor ventilatie en circulatie (H15.)

Het energiegebruik van ventilatoren wordt berekend volgens NEN 8088-1, hoofdstuk 7. De fractie van de tijd dat de ventilatie in bedrijf is kent voor de bijeenkomstfunctie een halvering, waardoor het primaire energiegebruik voor ventilatoren een stuk lager kan uitvallen, indien het gebouw een bijeenkomstfunctie kent.

3.2.7 Bepaling energiegebruik verlichting (H16.)

Berekening voor energiegebruik verlichting is hetzelfde gebleven. Nieuw is een vaste factor (3 kWh/m²) voor het elektriciteitsverbruik van parasitair vermogen door noodverlichting en parasitaire regeling.

3.2.8 Bepaling energiegebruik koeling (H17.)

Het koelsysteem bestaat uit afgifte, distributie en opwekking met de daarbij behorende rendementen. Voor een stromingsdiagram van het energiegebruik van koeling wordt verwezen naar bijlage III.

Zomercomfort

Bij afwezigheid van een koelsysteem wordt het energiegebruik voor koeling bepaald aan de hand van zomercomfort. De bepaalde koudebehoefte voor het gebouw wordt gedeeld door een opwekkingsrendement van 3. Hiermee wordt voorkomen dat bij een grote koudebehoefte geen koeling wordt toegepast in de EPC-berekening. De mogelijkheid bestaat natuurlijk om later het gebouw van koeling te voorzien en daarmee de energieprestatie van het gebouw een stuk slechter zal uitvallen dan ontworpen en de hiermee verkregen bouwvergunning.

Afgifterendement

Het afgifterendement voor koeling is opgenomen in het distributierendement.

Distributierendement

Intern: Het interne distributierendement, veroorzaakt door leiding- en kanalenverliezen in het gebouw, wordt op dezelfde manier bepaald als bij verwarming. Bij geen koeling is het rendement 1,0.

Extern: Het externe distributierendement ten gevolge van verliezen van leidingen van warmtelevering buiten het gebouw, maar op het perceel. Het distributierendement bedraagt 1,0.

Externe warmtelevering: Het externe distributierendement ten gevolge van verliezen van leidingen van externe warmtelevering van buiten het perceel; de waarde is 1,0. Met de EMG (NVN 7125) kunnen rendementen bepaald worden (paragraaf 3.2.13.).

Centrale luchtbehandeling

Voelbare koudebehoefte: Voorverwarming van lucht door recirculatie en warmteterugwinning, met maandelijks setpointtemperaturen van de ventilatielucht.

Latente koudebehoefte (ontvochtiging): Bepaald als een toeslag op het energiegebruik voor koeling, bepaald uit de koudebehoefte.

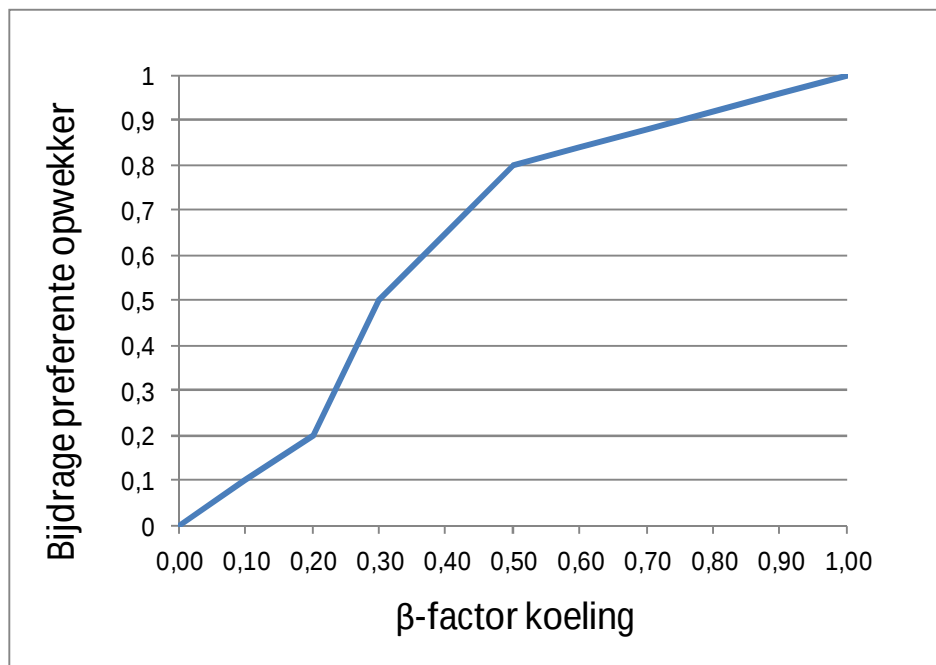
Opwekkingsrendement

De rendementen van de compressiekoelmachine zijn opgesplitst naar energiedrager.

Bij externe warmtelevering bedraagt het opwekkingsrendement 1,0. Bij beschouwing op gebiedsniveau kan met de NVN 7125 een nieuw opwekkingsrendement bepaald worden. Meer hierover in paragraaf 3.2.13.

Energiefractie

De bèta-factor voor koeling kent geen veranderingen voor het preferente aandeel van een koudeopwekker. Grafiek 3.2 laat de verhouding zien tussen het aandeel van het thermisch vermogen van de preferente opwekker en het maximale vermogen. Bij een factor van 0,5 levert de preferente opwekker tot 80% van het maximale benodigde vermogen.



| Grafiek 3.2 Energiefractie | Bepaald de bijdrage van de preferente opwekker bij het totale vermogen |

Hulpenergie

De hulpenergie wordt bepaald voor distributie en opwekking.

Koudedistributie

Het energiegebruik van pompen wordt toegekend aan de hulpenergie van koeling en niet meer aan de post pompen, zoals bij de EPN. De post pompen is in de EPG komen te vervallen.

Koudeopwekking

Elektrisch gebruik van elektronica, pompen van het koelwatercircuit tussen koelmachine en koudebron, ventilatoren van luchtgekoelde condensoren of koeltorens.

3.2.9 Bepaling energiegebruik voor bevochtiging (H18.)

Berekening voor het energiegebruik van bevochtiging is hetzelfde gebleven, maar nu met de mogelijkheid tot vochtterugwinning. Een warmtewiel met vochtabsorberende laag is een voorbeeld van vochtterugwinning. De hoeveelheid te bevochtigen lucht wordt bepaald met NEN 8088-1.

3.2.10 Bepaling energiegebruik voor warm tapwater (H19.)

Het warmtapwatersysteem bestaat uit afgifte, distributie en opwekking met de daarbij behorende rendementen. Voor een stromingsdiagram van het energiegebruik van warmtapwater wordt verwezen naar bijlage III.

Afgifterendement

Indien de tappunten zich binnen 3 meter van het opwekkingstoestel, afleverset of circulatiesysteem bevinden is het rendement 1,0. Boven de 3 meter bedraagt het rendement 0,8.

Distributierendement

Intern + extern: Het interne distributierendement veroorzaakt door leidingverliezen in het gebouw en op eigen perceel samen. Als geen circulatiesysteem aanwezig is bedraagt het rendement 1,0. Bij aanwezigheid van een circulatiesysteem wordt onderscheid gemaakt tussen geïsoleerde en ongeïsoleerde leidingen.

Conversie: Het conversierendement zijn de verliezen die optreden bij de overdracht van warmte uit het distributiesysteem naar warm tapwater met een individuele afleverset. Bij afwezigheid van een individuele afleverset is het rendement 1,0.

Externe warmtelevering: Het externe distributierendement ten gevolge van verliezen van leidingen van externe warmtelevering van buiten het perceel; de waarde is 1,0. Met de EMG (NVN 7125) kunnen rendementen bepaald worden (paragraaf 3.2.13.).

Warmteterugwinning uit douchewater (DWTW)

Alleen van toepassing op woon-, cel-, gezondheidszorg-, logies- en sportfunctie.

Zonneboilers

Bepaling van de bijdrage van zonneboilers aan het energiegebruik van warm tapwater.

Opwekkingsrendement

- Individuele complete toestellen.
- Individuele samengestelde opwekinstallaties.
- Collectieve systemen.
- Externe warmtelevering.

Energiefractie

Individuele complete toestellen: Bij warmteopwekking met één opwekker bedraagt de energiefractie 1,0.

Individuele samengestelde installaties: De energiefractie voor de bij- en naverwarmers bij zonneboilersystemen bedraagt 1,0.

Collectieve systemen: Bij één opwekker bedraagt de energiefractie 1,0.

Hulpenergie

De hulpenergie wordt bepaald voor distributie, opwekking en zonne-energiesysteem.

Distributie warm tapwater

De hulpenergie voor circulatiepompen wordt bepaald aan de hand van het vermogen van de pomp.

Warmteopwekking

Elektrisch gebruik van elektronica, ventilator en gasklep van het opwekkingstoestel en bronpomp of bronventilator voor een warmtepomp.

Zonne-energiesysteem

De hulpenergie bestaat uit de posten collectorpomp en –regeling en vorstbeveiliging.

3.2.11 Gebouwgebonden productie voor elektriciteit op eigen perceel (H20.)

Toevoeging van de waardering van op het eigen perceel geproduceerde elektriciteit in een microWKK-installatie of een andere warmtekrachtinstallatie, naast de bijdrage van PV-systemen, al bekend in NEN 2916. De berekening voor PV-panelen is gedetailleerder en nauwkeuriger.

3.2.12 Klimaatgegevens (H21.)

De EPG rekent met een gemiddeld hogere buitentemperatuur dan de EPN, zachtere winters en warmere zomers (Klimaatjaar NEN 5060:2008 [17]). Waar de EPN met een gemiddelde maandlengte rekende, gebruikt de EPG de daadwerkelijke maandlengte (Tabel 3.5).

Maand	NEN 7120		NEN 2916	
	Temp	Lengte	Temp	Lengte
Januari	2,6°C	2,6784 Ms	2,5°C	2,63 Ms
Februari	5,0°C	2,4192 Ms	2,7°C	2,63 Ms
Maart	6,8°C	2,6784 Ms	5,6°C	2,63 Ms
April	9,3°C	2,5920 Ms	8,0°C	2,63 Ms
Mei	13,3°C	2,6784 Ms	11,9°C	2,63 Ms
Juni	16,0°C	2,5920 Ms	15,5°C	2,63 Ms
Juli	17,4°C	2,6784 Ms	17,0°C	2,63 Ms
Augustus	17,4°C	2,6784 Ms	16,4°C	2,63 Ms
September	14,6°C	2,5920 Ms	13,8°C	2,63 Ms
Oktober	11,3°C	2,6784 Ms	11,2°C	2,63 Ms
November	7,1°C	2,5920 Ms	6,0°C	2,63 Ms
December	4,0°C	2,6784 Ms	3,4°C	2,63 Ms

| Tabel 3.5 Gemiddelde maandtemperatuur en maandlengte | De gemiddelde maandtemperatuur is hoger en de NEN 7120 gaat uit van een nauwkeurigere maandlengte in Megaseconden (10^6 seconden) |

3.2.13 Energiemaatregelen op gebiedsniveau (NVN 7125)

Nieuw is het beoordelen van energiemaatregelen op gebiedsniveau, NVN 7125 (EMG). Hiermee is een mogelijkheid om de opwekking en distributie van buiten het perceel te waarderen. Dit is niet verplicht in de EPC-berekening, maar kan wel voor een EPC-verlaging zorgen. De EMG wordt als een tweede trap beschouwd:

- Trap 1: Een EPC-berekening volgens de EPG, met een vast rendement voor gebiedswaardering, zoals aangehaald in voorgaande paragrafen.
- Trap 2: Rendement waardering op gebiedsniveau.

Door het waarderen op gebiedsniveau is het mogelijk een gebouw te ontwerpen met een slechte energieprestatie, maar door waardering op gebiedsniveau zal het gebouw dan toch aan de EPC-eis kunnen voldoen. Om dit tegen te gaan moet het gebouw in de 1^e trap voldoen aan een score van tenminste 4/3 van de EPC-eis. Stel het gebouw dient een EPC-eis te halen van 0,6 en gekozen wordt om gebiedswaardering te beschouwen na de EPC-berekening, dan dient het gebouw te voldoen aan een eis van $(0,6 \cdot 4/3 =) 0,8$. Na waardering op gebiedsniveau dient de EPC-eis van 0,6 behaald te zijn.

De invloed van de EMG wordt, bij het realiseren van een EPC van 0,0 voor het BE-gebouw, buiten beschouwing gelaten. Niet alle gebieden zullen zorgen voor een EPC-verbetering, daarom is gekozen om de mogelijkheden te laten zien een EPC van 0,0 te halen op basis van gebouw en perceel mogelijkheden.

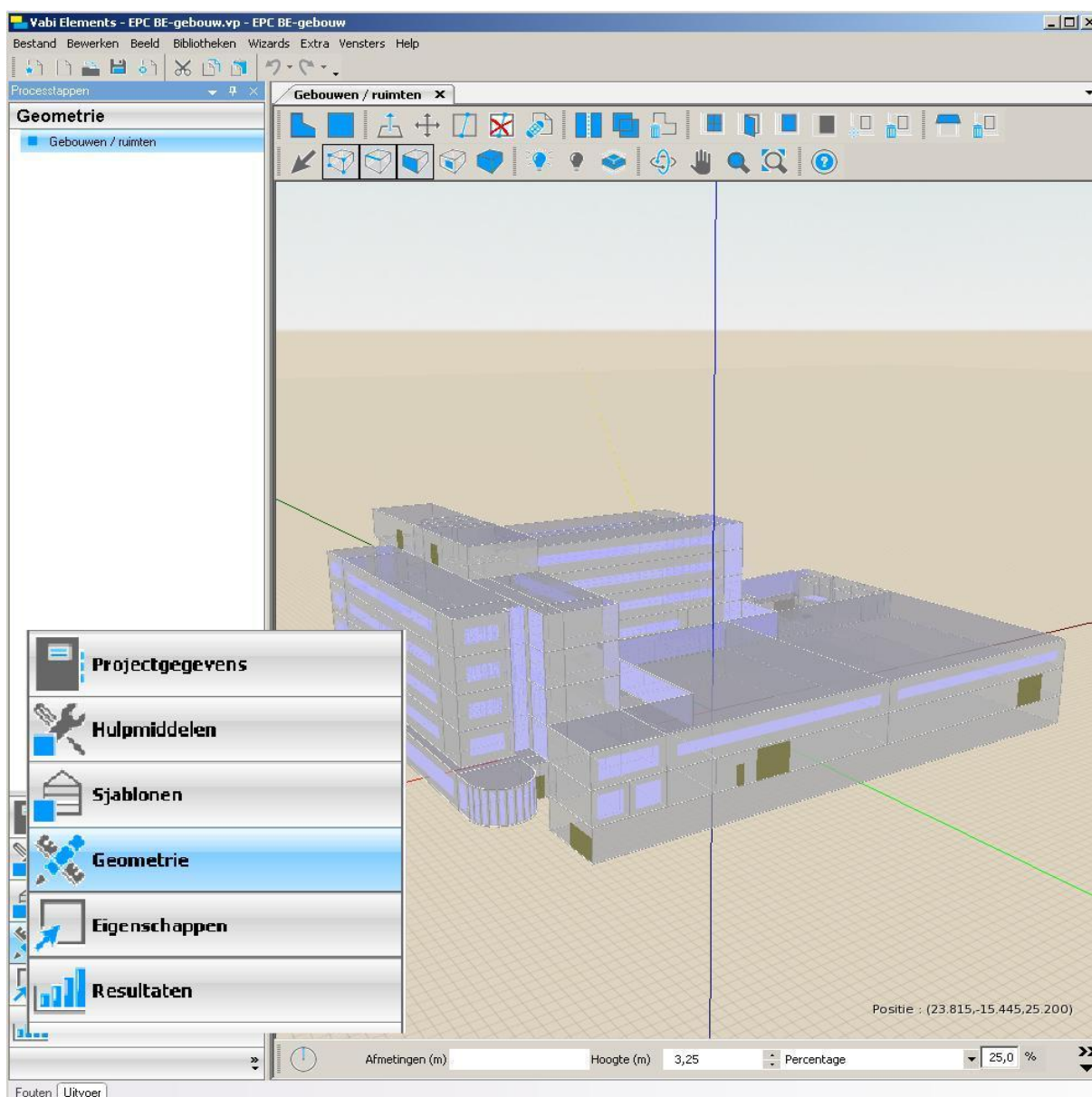
3.3. Vergelijking Vabi Elements EPG en Vabi UO EPN

De berekeningsmodules Vabi Elements EPG (hierna EPG-module) en Vabi Uniforme Omgeving EPN (VA122) (hierna EPN-module) worden vergeleken, dit betreft het daadwerkelijk invoeren in de modules en de verkregen EPC-resultaten. De EPG-module berekent de EPC aan de hand van NEN 7120 en de EPN-module doet dit aan de hand van NEN 2916. Kanttekening bij deze vergelijking is dat de EPG module in Elements een bèta versie betreft. Dit betekent dat het al wel een geteste versie is, maar nog niet geattesteerd. Het programma kan nog diverse bugs bevatten (zie paragraaf 3.4). De officiële release komt beschikbaar bij het invoeren van de EPG.

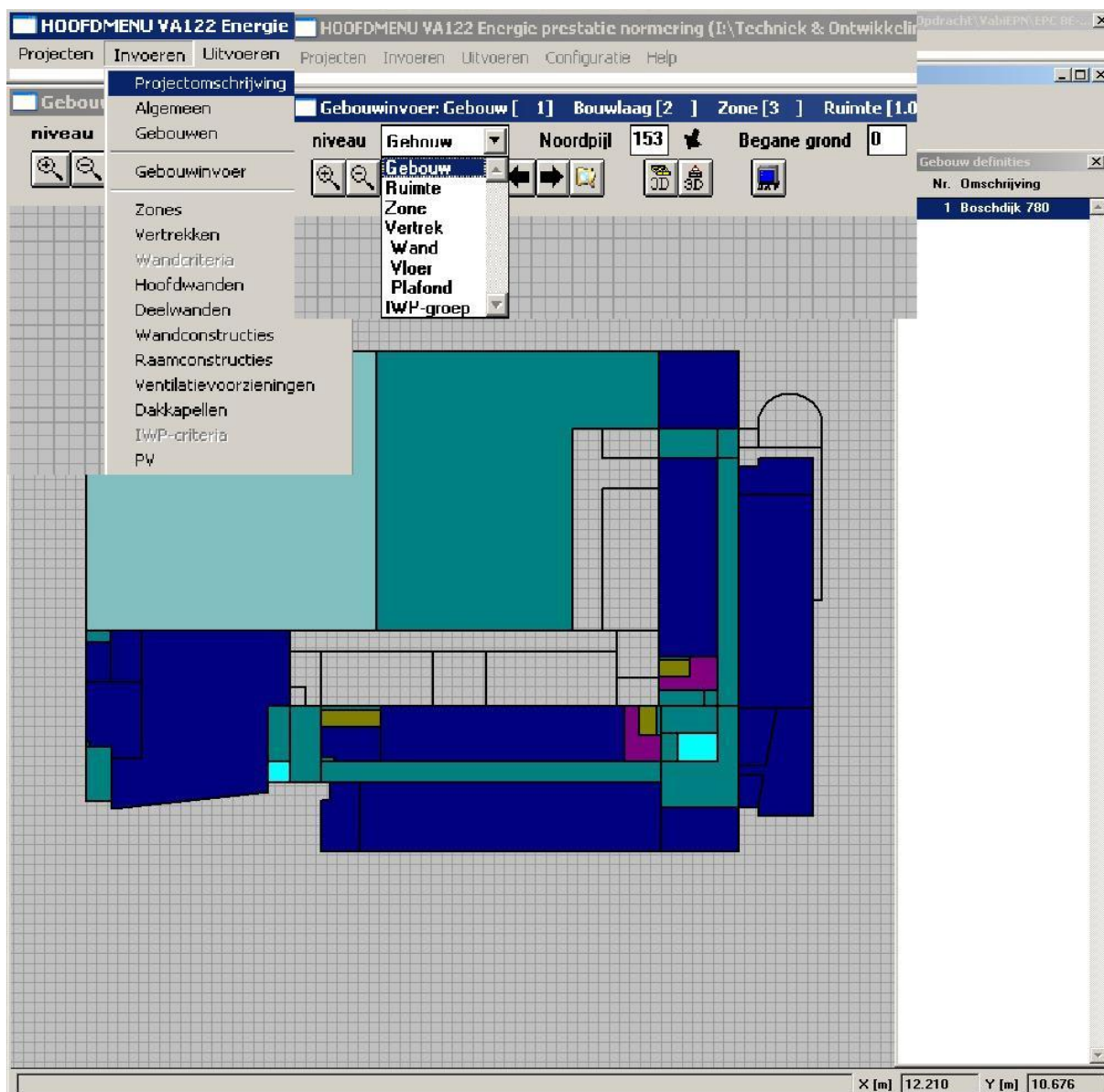
De vergelijking bestaat uit twee delen:

- Het invoeren van de vereiste gegevens in de modules.
- Het vergelijken van de verkregen EPC-resultaten.

De invoer zal worden doorlopen aan de hand van het invoeren in de EPG-module (Fig. 3.4), verondersteld wordt bekend te zijn met invoeren van gegevens in Vabi UO (Fig 3.5). Deze figuren laten tevens het grote verschil in gebruikersinterface zien.



| Figuur 3.4 Vabi Elements Interface |



| Figuur 3.5 Vabi Uniforme Omgeving Interface |

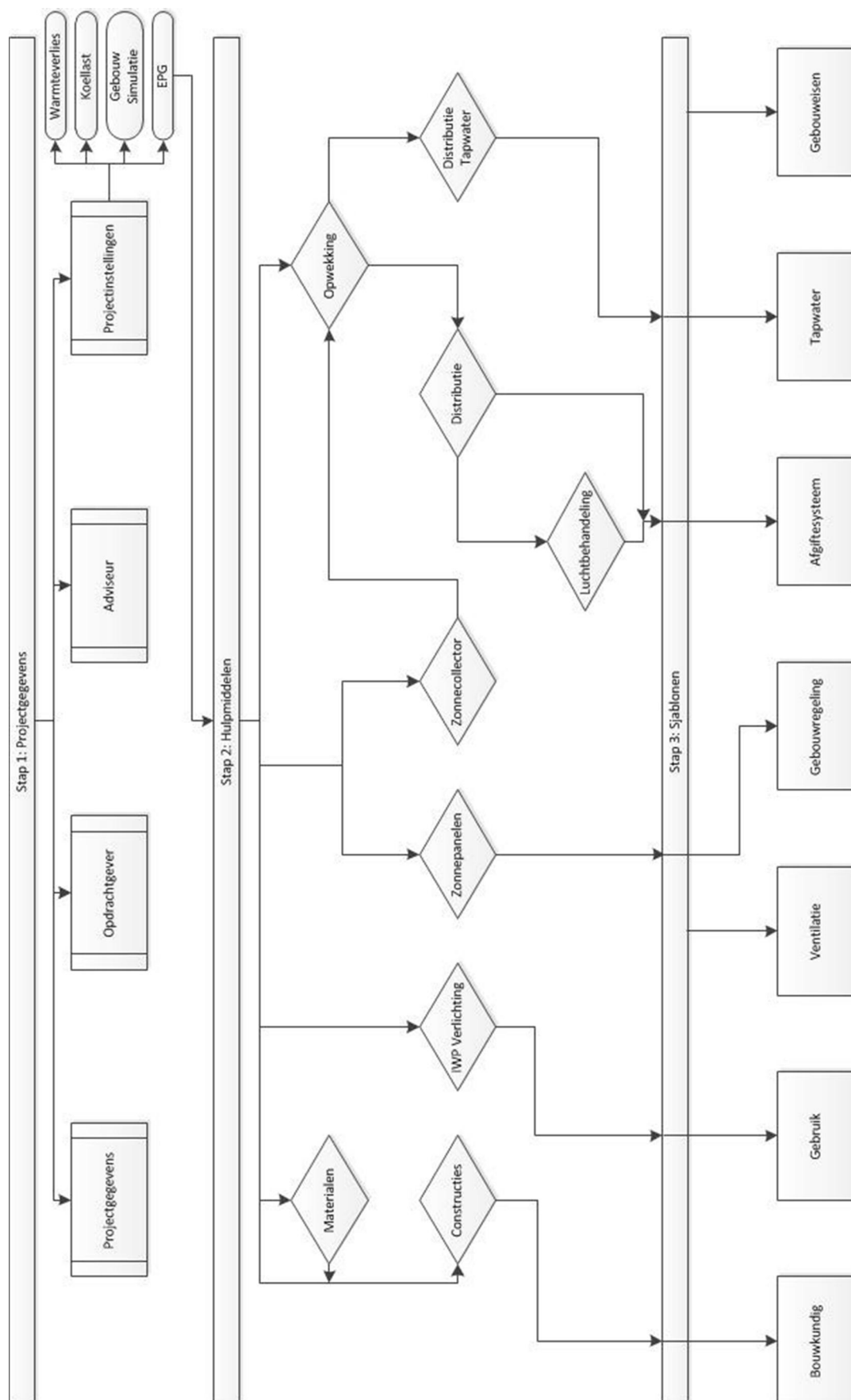
3.3.1 Invoeren van de vereiste gegevens

Het opstarten van een nieuw project in Elements kan door een nieuw leeg project te beginnen of door het starten van de nieuw project wizard. Als een project wordt gestart met de wizard, dan kunnen de al aanwezige profielen vanuit de bibliotheek ingeladen worden. De mogelijkheid bestaat om zelf een gebouw te tekenen of een CAD-import te doen. De CAD-import kan door middel van een DXF-bestand of een DWG-bestand te importeren.

Het grote verschil tussen het inlezen van CAD-tekeningen in de twee programma's is dat Elements de mogelijkheid heeft om DXF- en DWG-bestanden in te lezen en Vabi UO alleen DXF-bestanden. In de toekomst zal het tevens mogelijk zijn om 3D-modellen in Elements in te lezen.

3.3.2 Invoeren van de vereiste gegevens

Ter verduidelijking laat Figuur 3.6 schematisch zien hoe het invoeren van de benodigde gegevens in de EPG-module verloopt. Bijlage VI beschrijft de onderbouwing voor genomen keuzes in de invoer.



| Figuur 3.6 Schematisch overzicht invoer EPG |

Stap 1. Project gegevens

Projectgegevens, opdrachtgever en adviseur

Hier zijn geen veranderingen te vinden ten opzichte van Vabi UO.

Projectinstellingen

Bij deze stap is onder andere aan te geven welke modules fysiek getoond worden, in dit geval alleen de EPG. De overige stappen bevatten dan alleen de invoerbenodigdheden van toepassing op de EPG. Eventuele andere modules zijn warmteverlies, koellast en gebouwsimulatie.

Bij Vabi UO dient eerst een module gekozen te worden, in het geval van een EPC-berekening is dit EPN (VA122). Nadeel is dat bij enkele modules bepaalde invoeren anders zijn, wanneer geschakeld wordt tussen modules moeten deze eerst aangepast worden voor het uitvoeren van een berekening.

Stap 2. Hulpmiddelen

Materialen en constructies

Materialen kunnen zelf aangemaakt worden of worden ingelezen vanuit de bibliotheek. Constructies worden opgebouwd vanuit de aangemaakte of ingelezen materialen.

In het geval van de EPN-module wordt eerst een constructie aangemaakt, waar daarna een niveau dieper de materialen worden toegekend.

IWP Verlichting (Interne warmte productie door verlichting)

Geen veranderingen ten opzichte van de EPN-module.

Zonnepanelen en zonnecollector

Diverse type zonnecellen kunnen gekozen worden voor de panelen, welke verschillende cel rendementen hebben. De collector kent twee typen, tevens is het mogelijk om collectoren aan te maken met pv-eigenschappen.

Het toepassen van panelen en collectoren is in de EPG-module gedetailleerder, wat een nauwkeurigere benadering van de werkelijkheid geeft.

Opwekking, distributie (tapwater) en luchtbehandeling

Bij opwekking wordt voor warmte, koude en tapwater een opwekker aangemaakt. Een keuze kan gemaakt worden voor individuele of collectieve opwekking, in het geval van individuele opwekking kan de hulpenergie berekend worden. De EPN-module rekent een vast vermogen voor de pompen. Daarnaast is het mogelijk om voor warmte en water één opwekkingssysteem aan te maken.

De aangemaakte opwekkingsprofielen worden aan een distributieprofiel toegekend. Het verschil voor tapwater tussen de EPG- en EPN-module is dat een distributiesysteem aangemaakt kan worden. Bij de EPN-module is dit niet nodig, omdat voor een distributierendement van 1,0 wordt uitgegaan.

Het is voor de luchtbehandeling mogelijk om de regeling van de toe te voeren lucht (tijdsturing of CO₂-sturing) en de luchtdistributie (geïsoleerde leidingen en plaats van de inblaas) door het gebouw aan te geven. In tegenstelling tot de EPN-module hoeft in de EPG-module geen luchthoeveelheid opgegeven te worden, dit wordt bepaald aan de hand van de gebruiksfunctie.

Stap 3. Sjablonen

Gebruik

In het sjabloon voor het gebruik wordt een gebruiksfunctie ingevoerd en de interne warmteproductie van de verlichting wordt toegekend aan het gebruik, welke is aangemaakt onder hulpmiddelen. Verschillende gebruikssjablonen zullen aangemaakt moeten worden als sprake is van een ander type verlichting bij eenzelfde gebruiksfunctie. Het verschil met de EPN-module is dat de mogelijkheid bestaat om ruimtes van geen verlichting te voorzien, wanneer een sjabloon wordt ingevoerd zonder interne warmteproductie voor verlichting. In de EPN-module is het mogelijk om verlichting per ruimte toe te kennen, wanneer aan een ruimte geen verlichting wordt toegekend gaat de EPN-module van een forfaitair verbruik uit.

De hoeveelheid ventilatielucht wordt bepaald aan de hand van de gebruiksfunctie, deze is niet meer zelf in te voeren, zoals bij de EPN-module. De EPN-module vult de ventilatielucht aan met natuurlijke ventilatie, wanneer dit voor een gebruiksfunctie te weinig is.

Bouwkundig

In dit sjabloon worden de constructies toegekend aan de verschillende bouwdelen van de thermische schil. De EPN-module kent constructies toe aan bouwdelen door wandcriteria aan te maken.

Ventilatie

Hier wordt de Qv10-waarde voor het gebouw of de gebouwdelen aangemaakt, deze kent geen verschil met de EPN-module.

Afgiftesysteem en tapwater

De aangemaakte distributiesystemen worden toegekend aan een afgifte voor warmte, koude en tapwater. In de EPN-module wordt een zone aangemaakt welke aan een ruimte wordt toegekend.

Gebouweisen en gebouwregelingen

Onder de eisen wordt het type gebouw en de vloermassa van het gebouw aangegeven. De aangemaakte PV-panelen worden in de gebouwregeling toegekend.

Stap 4. Geometrie

Hier is het mogelijk om zelf een gebouw te tekenen of het ingelezen model vanuit een CAD-tekening te bekijken en eventueel aan te passen, dit gebeurt in een 3D-omgeving. Hier wordt ook de oriëntatie van het gebouw aangegeven.

Stap 5. Eigenschappen

Gebouwen en ruimten

Voor het gebouw kan, in het geval van meerdere sjablonen voor gebouweisen en –regelingen, een keuze hieruit gemaakt worden. Voor iedere ruimte is het mogelijk om een van de aangemaakte sjablonen (gebruik, bouwkundig, ventilatie, afgiftesysteem of tapwater) aan te passen, in het geval meerdere sjablonen zijn aangemaakt. In de EPN-module betekent dit een andere zone aan de ruimte toekennen.

Begrenzingsen en constructies overschrijven

Begrenzingsen en constructies overschrijven kan door in het model een of meerdere wanden of ruimtes aan te klikken en dan overschrijven. Daarnaast is het mogelijk om een of meerdere wanden of ruimtes te selecteren in het model en dan in een lijst te sorteren op gebouwdeel of constructie/begrenzing en zo te overschrijven.

Wanneer in Vabi UO een wand, vloer of dak op eenzelfde verdieping een andere begrenzing heeft, dan dient een nieuwe wand definitie aangemaakt te worden. Constructies moeten aangemaakt zijn onder wand definities en kunnen dan handmatig in het model per wand worden aangepast.

Stap 6. Resultaten

Onder resultaten is het mogelijk om de EPG-berekening uit te voeren, hierna is het mogelijk om het EPG-rapport in te zien en diverse grafieken te bekijken.

Voordelen

Invoeren

Een groot voordeel van Elements is de overzichtelijkheid van het invoeren. De verschillende tabs worden ingevuld waarna ze aan een ruimte worden toegekend. In het geval van de EPN-module moeten invoergegevens op verschillende niveaus worden ingevoerd, het overzicht is hierbij makkelijk kwijt te raken.

Tab Geometrie

Elements kent een 3D-omgeving en UO kent een 2D-omgeving. Op deze manier is gelijk duidelijk waar in het model gewerkt wordt. Een ander voordeel is dat aanpassingen over de verdiepingen makkelijker te maken zijn, wanneer een ruimte over verschillende verdiepingen bestaat dan is een ruimte samen te voegen. In Vabi UO moet een ruimte van een fictieve wand of vloer voorzien worden.

Deuren en ramen van verschillende groottes kunnen in het model aangemaakt worden. Wanneer in Vabi UO ramen van verschillende groottes aanwezig zijn, dient voor iedere raam een andere wand definitie aangemaakt te worden. De afmetingen of percentages liggen in de wand definitie vast. In Elements ligt dit vast in het 3D-model.

Tab Eigenschappen

Het voordeel van de 3D-omgeving is dat meerdere wanden of ruimtes tegelijk aangepast kunnen worden. Op deze manier kan voor meerdere wanden of ruimtes een wijziging gedaan worden. In UO moet iedere wand of ruimte één voor één aangepast worden.

Tab Resultaten

Positief is dat de resultaten met betrekking tot het primaire energieverbruik en het EPC-resultaat gelijk bovenaan staan, bij het rapport van de EPN-berekening moet hiervoor eerst naar de juiste pagina gezocht worden.

Nadelen

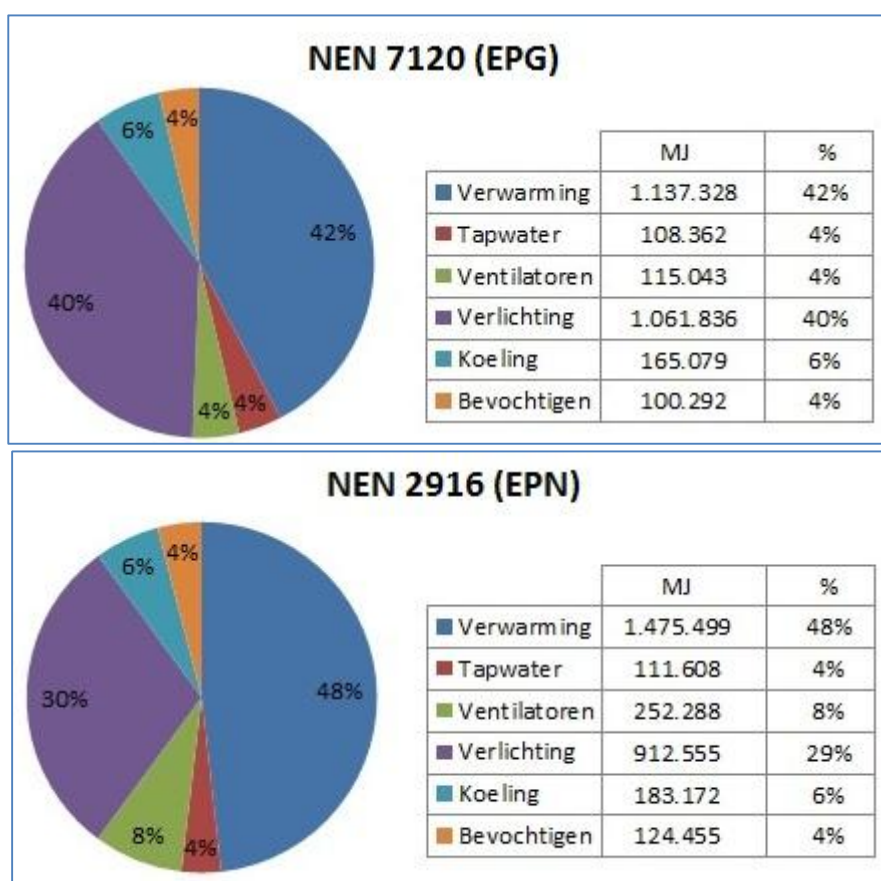
Het grootste nadeel van Elements is op dit moment de betrouwbaarheid met betrekking tot het gebruik. Het programma bevat nog diverse bugs, waardoor het programma vaak vastloopt en afgesloten moet worden. Daarnaast is het programma nog zeer traag, bij het schakelen tussen de geometrie en de eigenschappen, evenals schakelen tussen de verschillende tabs onder eigenschappen, heeft het programma een te lange tijd nodig om het model steeds weer te laden. Met betrekking tot de EPG-module zijn vraagtekens te zetten in hoeverre de EPC-uitkomst betrouwbaar is, daar een aantal fouten zijn gevonden in de berekening en niet duidelijk is of nog meer fouten aanwezig zijn.

3.4. Vabi Elements EPG user test

Zoals eerder aangegeven betreft de EPG-module nog een bèta-versie. Tijdens het invoeren van het gebouw in Elements en het vergelijken van de EPG- en de EPN-module zijn diverse fouten en conflicten ontdekt (Bijlage V), Vabi heeft hierop aangeboden om een wekelijkse update beschikbaar te stellen voor Burgers Ergon als test gebruikers. Voor Vabi is dit een groot voordeel om conflicten boven water te krijgen en zo een stabiel softwareprogramma te verkrijgen. Burgers Ergon geeft dit de mogelijkheid om met een goed werkend softwareprogramma de afstudeeropdracht te vervolgen.

3.5. Vergelijking van de EPC-resultaten

De vergelijking van de EPC-resultaten wordt gedaan aan de hand van het BE-gebouw ingevoerd in beide modules, met de uitgangspunten van bijlage II en VI. Hierbij is uitgegaan van de EPC-eisen van 2011, omdat Vabi Elements niet in staat is om eerdere EPC-jaren te berekenen daar deze met de EPN-berekening gedaan zijn. Zoals is gebleken bij de vergelijking van de EPG met de EPN wordt het energiegebruik voor enkele posten op een andere manier berekend, dit resulteert in andere getallen zoals te zien in Figuur 3.7. De diagrammen geven een indruk welke posten in verhouding zwaarder of lichter meewegen in de nieuwe EPC-berekening. Deze laten zien hoe zwaar iedere post meetelt in zowel de EPG als de EPN, zodat duidelijk wordt waar eventuele voordelen zijn te behalen.



| Figuur 3.7 Vergelijking van de EPC-resultaten verkregen uit de EPG en de EPN | Te zien zijn de uitkomsten bij berekening van het gebouw volgens de EPG- en de EPN-methode met de EPC-eisen van 2011. De diagrammen laten zien hoe zwaar iedere post in de gehele berekening meetelt. |

Figuur 3.7 laat zien dat het verbruik voor verwarming en verlichting nog steeds de grootste posten zijn. Interessant is om te bekijken of daar winst te halen valt in de EPC-uitkomst. Verwarming en verlichting zijn in principe de posten waar de meeste verbetering is te behalen door het optimaliseren van bouwkundige en installatietechnische uitgangspunten. Optimalisatie van de rest van de posten zal een kleine invloed hebben op de energieprestatie. Per post wordt besproken waar de verschillen in resultaten door worden veroorzaakt.

Pompen

Bij de EPG-berekening is de post pompen verdwenen, de pompen worden als hulpenergie bij de betreffende posten geteld (verwarming, koeling en/of tapwater). Voor de vergelijking is het verbruik van de pompen van de EPN over de posten verwarming en koeling verdeeld aan de hand van de berekening van het pompverbruik volgens NEN 2916 (Bijlage VII).

Verwarming en koeling

Waar de precieze verschillen voor verwarmen en koelen bij de beide bepalingsmethodes liggen is moeilijk te verklaren, omdat ze van een hoop factoren afhangen. Een aantal onderdelen die hier wel aan bijdragen zijn onder andere:

- Ventilatiecapaciteit: Voor de gebruiksfunctie bijeenkomst geldt, in het geval van de EPG, een lagere luchthoeveelheid bepaald volgens de NEN 8088. Hiervoor hoeft minder lucht verwarmd en gekoeld te worden.
- Hogere buitentemperatuur: De gemiddelde maandelijkse temperaturen liggen hoger in de EPG. Dit resulteert in een lagere warmtebehoefte, maar wel een hogere koudebehoefte.
- Reductiefactor voor niet-continue verwarmen en koelen: De EPG-berekening kent een reductiefactor voor niet-continu verwarmen en koelen, op jaarbasis zal minder uren gekoeld en verwarmd worden.
- Luchtbehandeling: In tegenstelling tot de EPN gaat de EPG van een constante inblaastemperatuur uit. Lucht wordt in de luchtbehandelingskast voorverwarmd of -gekoeld.

Bevochtiging

Voor bevochtiging wordt uitgegaan van de hoeveelheid te bevochtigen lucht. De hoeveelheid lucht wordt bepaald aan de hand van de NEN 8088 een geeft andere hoeveelheden lucht, afhankelijk van de gebruiksfunctie, dan de EPN-methode.

Ventilatoren

Het verschil in ventilatorvermogen is te danken aan de halvering van de fractie van de tijd dat de ventilatie in bedrijf is voor de bijeenkomstfunctie, deze halvering draagt tevens bij aan de te bevochtigen lucht.

Tapwater

De bepaling van het energiegebruik voor het tapwater kent geen verschillen. De berekening met de EPG-module laat een klein verschil zien met de berekening in de EPN-module. Na hier dieper op te zijn ingegaan blijkt deze veroorzaakt te worden door het verschil in bepaling van de gebruiksoppervlaktes waar de twee modules mee rekenen.

Verlichting

De toename van verlichting komt door het parasitair vermogen van 3 kWh/m² (Paragraaf 3.2.7). Dit geeft een hogere interne warmteproductie, wat weer bij zal dragen aan een afname van verwarming en toename van koeling.

Opmerking met betrekking tot luchtverversing

Zoals reeds een aantal maal aangehaald in dit rapport wordt de luchthoeveelheid in de EPG berekend volgens de NEN 8088. De NEN 2916 gaat voor de luchtverversing uit van de voorgeschreven waarden behorende bij een gebruiksfunctie en bezettingsgraad voor de minimale luchtverversing in het Bouwbesluit 2003 gesteld. Het Bouwbesluit 2012 rekent met een luchthoeveelheid per persoon afhankelijk van de gebruiksfunctie. Luchthoeveelheden worden bepaald door het aantal personen te tellen bij een gebruiksfunctie, deze moeten vooraf bepaald zijn door de architect, dit kan resulteren in hele lage luchthoeveelheden, waarbij afgevraagd moet worden of deze het binnenklimaat ten goed komt. De EPG gaat met de luchthoeveelheid als volgt om; de hoeveelheid te ventileren lucht per persoon voor een gebruiksfunctie vanuit het Bouwbesluit 2012, per persoon is van een gebruiksoppervlakte uitgegaan voor een gebruiksfunctie, dit voorkomt dat het aantal personen bekend moet zijn voor de EPC-berekening. De luchthoeveelheid voor de bijeenkomst gebruiksfunctie komt hiermee een stuk lager uit, terwijl de kantoorfunctie iets hoger uitkomt.

4. Referentiegebouw met een EPC 0,0

Het BE-gebouw voldoet niet aan de gestelde EPC-eisen van 2011, de resultaten in Tabel 4.1 laten zien dat het totale energiegebruik het toelaatbaar energiegebruik overschrijdt; Totaal/Toelaatbaar = 1,18. Deze verhouding zal naar 0 gebracht moeten worden om voor het gebouw een EPC van 0,0 te realiseren.

Verwarming	1.137.328 MJ	
Tapwater	108.362 MJ	
Bevochtigen	100.292 MJ	
Koeling	165.079 MJ	
Ventilatoren	115.043 MJ	
Verlichting	1.061.836 MJ	+
Subtotaal	2.687.940 MJ	
Geexporteerde warmte	- 0 MJ	
Geexporteerde elektriciteit	- 0 MJ	
Geproduceerde elektriciteit	- 0 MJ	+
Karakteristiek energiegebruik	2.687.940 MJ	
Toelaatbaar energiegebruik	2.272.955 MJ	
Totaal / Toelaatbaar	1,18 [-]	
Gebruiksfunctie	EPC-uitkomst	eis
Kantoor	1,30	1,10
Bijeenkomst	2,37	2,00
Industrie	0,00	Geen
Algemeen	0,00	Geen

| Tabel 4.1 Resultaten EPC-berekening | De resultaten van de EPC-berekening met de EPG-methode laten zien dat het BE-gebouw niet voldoet aan de gestelde EPC-eis van 2011. |

Om een EPC van 0,0 voor het BE-gebouw te realiseren zullen maatregelen getroffen moeten worden. Dit zal op drie gebieden gebeuren:

- 1.) Kosteloze maatregelen.
- 2.) Bouwkundige maatregelen.
- 3.) Installatietechnische maatregelen.

Het aantal bouwkundige maatregelen is beperkt: het betreft hier de invloed van betere isolatie voor gevels, daken en begane grond, verbeterd glas toepassen en luchtdicht bouwen. Op het gebied van installatietechnische maatregelen wordt gekeken naar opwekkers van warmte, koude en tapwater. Door het grote aantal verschillende soorten opwekkers en daar enkele opwekkers elkaar uitsluiten of juist met elkaar nodig zijn, worden hiervoor enkele concepten bekeken.

Deze eventueel te treffen maatregelen vragen om een investering, gekeken wordt naar het verschil in investering ten opzichte van het referentiegebouw. Onderhoudskosten, afschrijvingskosten en rentekosten zullen buiten beschouwing blijven. Om te bepalen wat de voordeligste manier is om een energieneutraal gebouw te krijgen wordt het verhoudingsgetal $K_{100.000}$ geïntroduceerd, gebaseerd op de K_{1000} ('Smits, 2012' [26]). Dit getal geeft aan wat de EPC-verlaging is van een maatregel bij een investering van €100.000,- ten opzichte van het referentiegebouw.

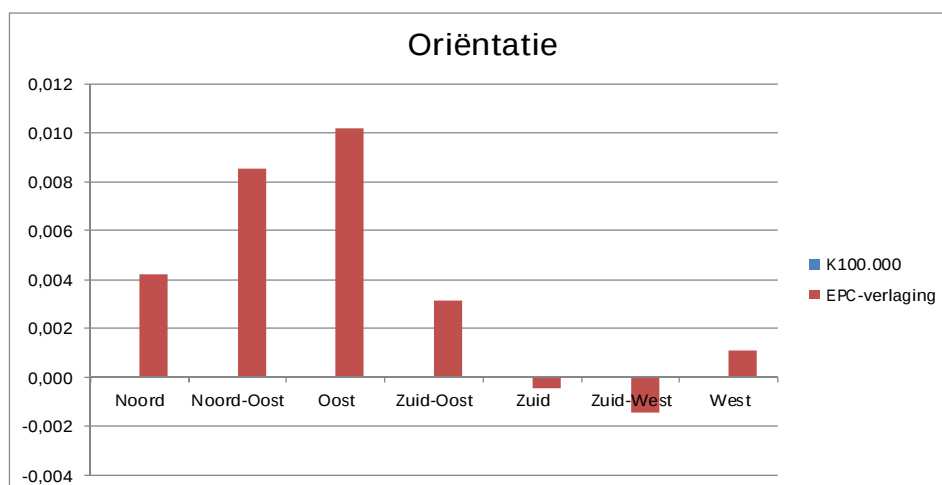
Voor iedere maatregel zal apart bekeken worden wat het effect is op het BE-gebouw. De effecten van de maatregelen, die in dit hoofdstuk aan bod komen, zullen gepresenteerd worden in een grafiek. De 'K100.000'-kolom laat zien wat de EPC-verlaging is bij een investering van €100.000,-. De 'EPC-verlaging'-kolom laat zien wat de daadwerkelijke EPC-verlaging is van de maatregel.

4.1. Kosteloze maatregelen

Allereerst zijn een aantal maatregelen toe te passen die geen investering vragen, maar wel invloed hebben op de EPC-uitkomst. Deze maatregelen zullen als neutraal aangeduid worden bij de vergelijking van de $K_{100.000}$ maatregelen.

Oriëntatie

Een optie die voor het BE-gebouw niet gerealiseerd kan worden is de oriëntatie van het gebouw. Wel is het van belang om te weten wat de invloed is van de oriëntatie bij het ontwerp van een gebouw.

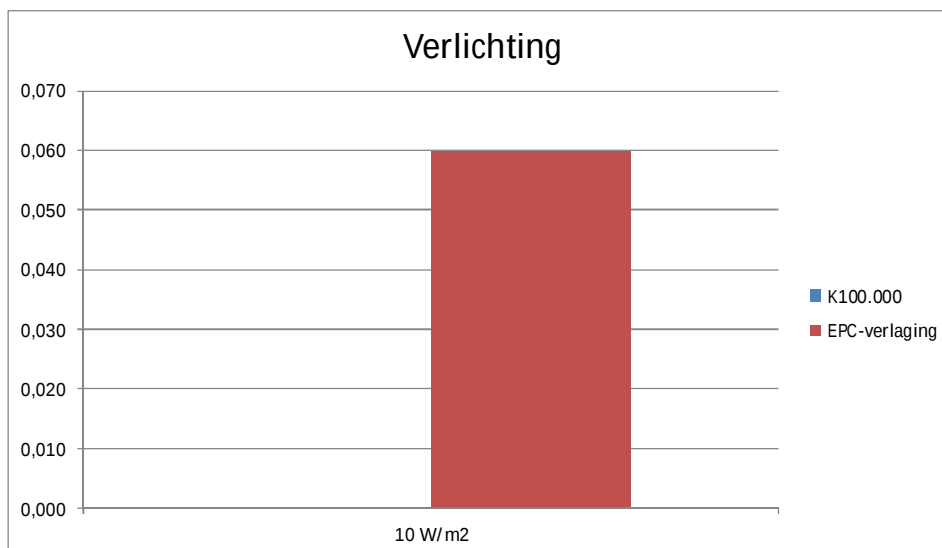


| Grafiek 4.1 Oriëntatie maatregel | Wanneer het gebouw naar het Oosten wordt gedraaid heeft dit het gunstigste effect op de EPC-berekening. De huidige oriëntatie van het gebouw is Noord-West. |

Kijkend naar de effecten van de oriëntatie in de EPC-berekening blijkt voor het BE-gebouw een oriëntatie op het Oosten het gunstigste effect te hebben.

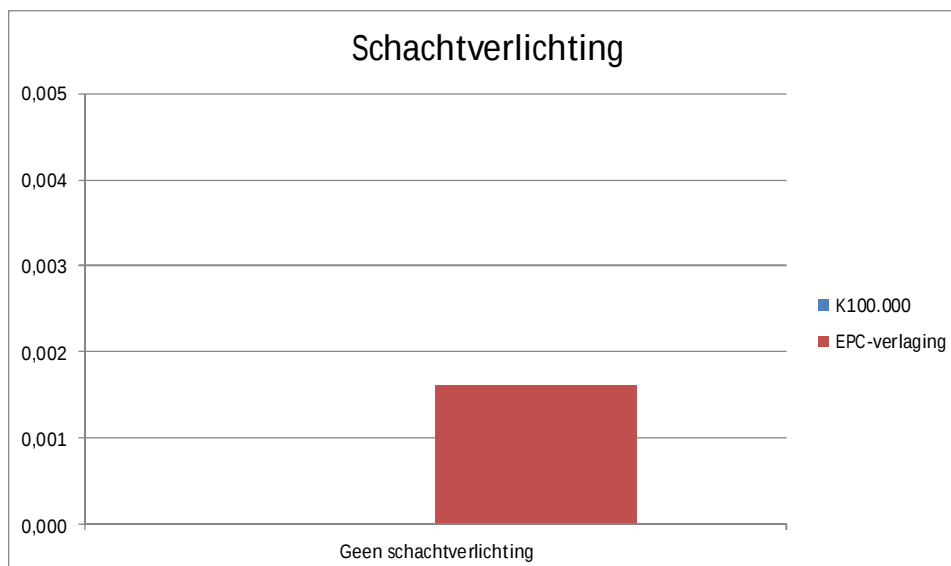
Verlichting

Het EPA-rapport ('Daris, 2007' [5]) en de EPC-berekening ('Nelissen, 2000' [13]) zijn uitgegaan van een geïnstalleerd vermogen van 12 W/m². Na berekening van een ruimte blijkt voor verlichting een vermogen van 10 W/m² aangehouden te kunnen worden (Bijlage VIII). Deze maatregel laat zien dat twee W/m² verschil invloed heeft op de EPC-uitkomst, wat het voor de berekening van belang maakt om de verlichting goed te bepalen (Grafiek 4.2).



| Grafiek 4.2 Verlichting maatregel | De grafiek laat zien wat de invloed is van een besparing op het verlichtingsvermogen. |

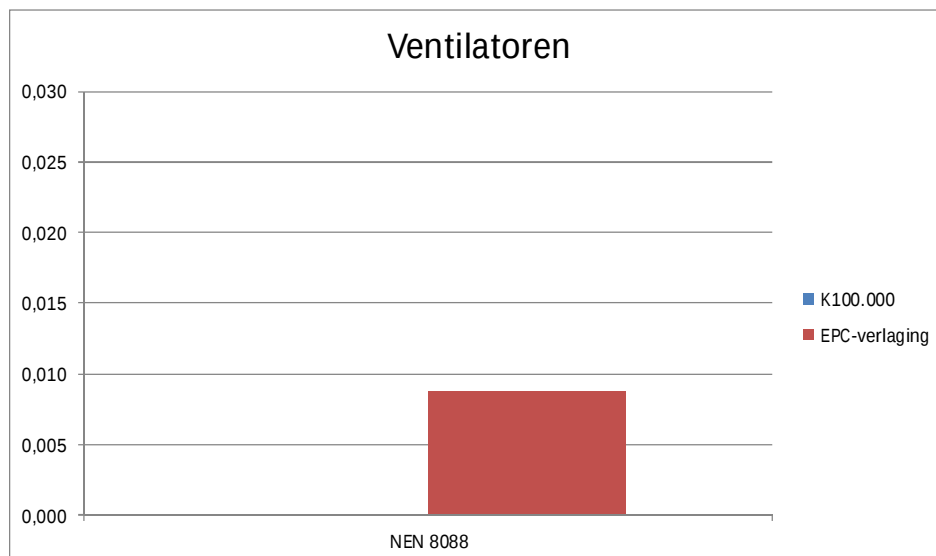
Daarnaast is in de EPG-module de mogelijkheid om ruimtes niet van verlichting te voorzien, zonder dat een forfaitair vermogen wordt gerekend voor die ruimte. Grafiek 4.3 laat zien dat deze maatregel bijna geen invloed heeft op de EPC-uitkomst.



| Grafiek 4.3 Schachtverlichting maatregel | De oppervlaktes van de schachten in een gebruiksfunctie zijn te klein op het totaal, het weglaten van verlichting in de schachten zal dan ook geen merkbaar effect hebben. |

Ventilatoren

De hoeveelheid te ventileren lucht wordt bepaald aan de hand van de NEN 8088, hiermee is het verschil in vermogen voor de ventilatoren te bepalen (Grafiek 4.4). Bijlage VIII laat zien hoe de vermogens voor de ventilatoren zijn bepaald en hoeveel ze schelen met de bepaling volgens EPN.



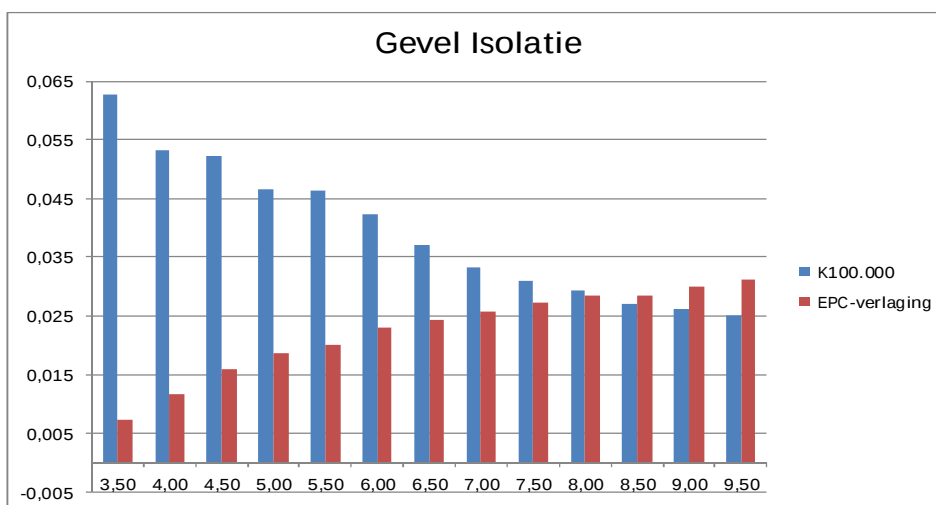
| Grafiek 4.4 Ventilatoren maatregel | Te zien is wat een ventilatieberekening volgens de NEN 8088 voor invloed heeft op de EPC-uitkomst. |

4.2. Bouwkundige maatregelen

Een eerste stap naar energiezuinig is de energiebehoefte beperken, wat gerealiseerd kan worden door het gebouw beter te isoleren. Hierbij moet niet alleen gedacht worden aan gevel, dak en begane grond isolatie, maar ook het toepassen van verbeterd glas en luchtdicht bouwen. De prijzen voor de betreffende maatregelen zijn afkomstig van Heijmans Utiliteitsbouw (Bijlage IX).

Gevel isolatie

Het toepassen van isolatie zal invloed hebben op de warmte- en koudebehoefte in het gebouw. Goed isoleren heeft veel nut, maar te zien is ook dat de kosten niet tegen de baten opwegen (Grafiek 4.5).

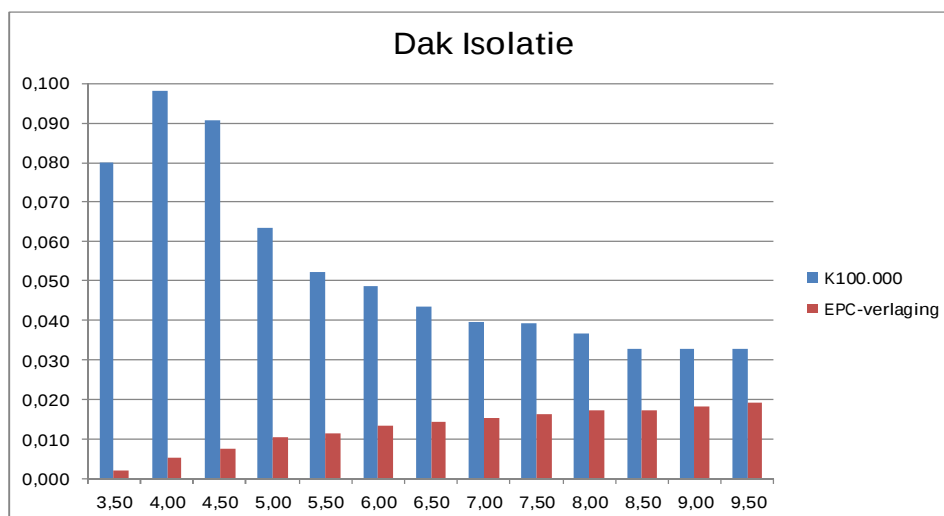


| Grafiek 4.5 Gevel isolatie maatregel | Isoleren heeft veel nut, maar is tevens een dure maatregel. |

Voordeligste maatregel: Gevel isoleren met een isolatiewaarde van $R_c = 3,50 \text{ m}^2\text{K/W}$.
Isolatiewaarde gevel referentiegebouw: $R_c = 3,00 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Dak isolatie

Het isoleren van het dak laat ook zien dat het goed isoleren al snel een dure maatregel wordt (Grafiek 4.6).



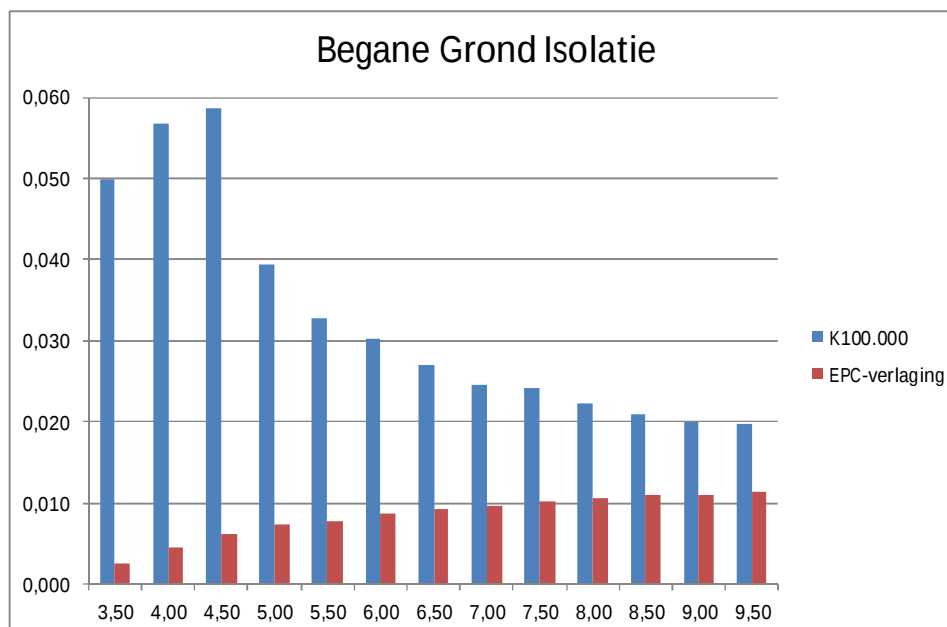
| Grafiek 4.6 Dak isolatie maatregel | Het isoleren van het dak heeft een beperkte invloed, waarbij de kosten al snel niet meer opwegen tegen de EPC-verlaging. |

Voordeligste maatregel: Dak isoleren met een isolatiewaarde van $R_c = 4,00 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Isolatiewaarde dak referentiegebouw: $R_c = 3,30 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Begane grond isolatie

Het isoleren van de begane grond wordt net als bij het isoleren van de gevel en het dak een maatregel die snel in de kosten loopt tegenover het effect van de isolatie (Grafiek 4.7).



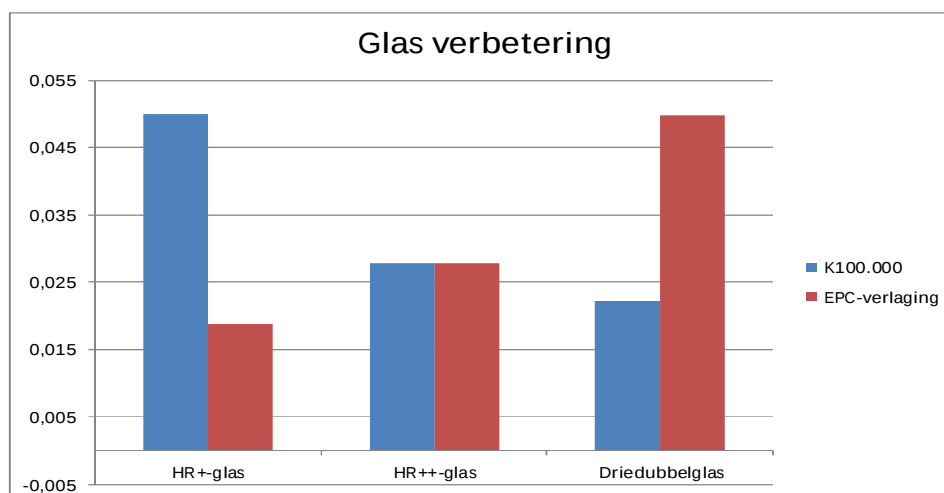
| Grafiek 4.7 Begane grond isolatie maatregel | De goed isoleren van de begane grond vraagt als snel een grote investering voor de EPC-verlaging die het oplevert. |

Voordeligste maatregel: Begane grond isoleren met een isolatiewaarde van $R_c = 4,50 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Isolatiewaarde begane grond referentiegebouw: $R_c = 3,00 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Glas verbetering

Het toepassen van verbeterd glas zorgt voor een aanzienlijke EPC-daling. Driedubbelglas zorgt voor de grootste besparing, maar kost ook aanzienlijk meer (Grafiek 4.8).



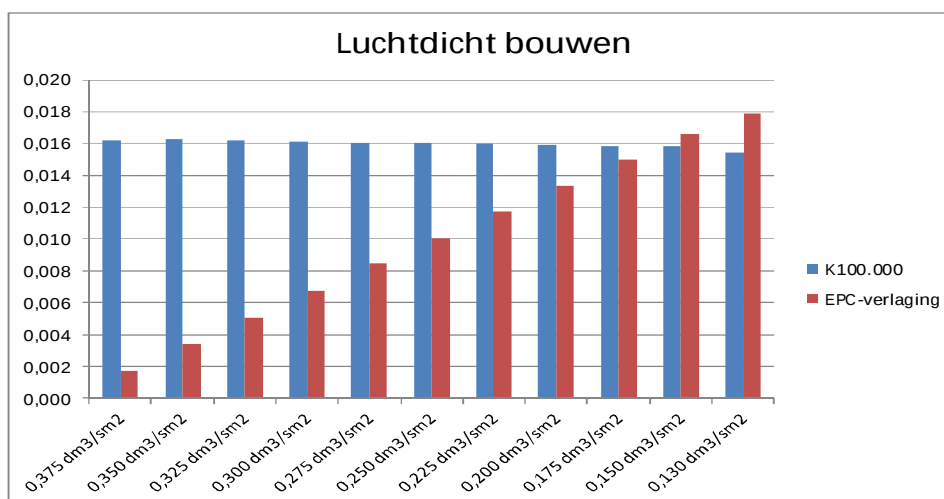
| Grafiek 4.7 Verbeterd glas maatregel | Het toepassen van driedubbelglas levert de hoogste EPC-verlaging, maar de kosten wegen niet op ten opzichte van toepassing van HR+-glas.

Voordeligste maatregel: Glas verbeteren door toepassen van HR+-glas.

Toegepaste glas referentiegebouw: HR-glas.

Luchtdicht bouwen

Het luchtdicht bouwen is een maatregel waar binnen Heijmans Utiliteitsbouw nog niet veel ervaring mee is, de kosten zijn een grove schatting (Grafiek 4.8).



| Grafiek 4.8 Luchtdicht bouwen maatregel | Met luchtdicht bouwen is nog niet veel ervaring, de kosten zijn bij deze dan ook een aanname. |

Voordeligste maatregel: Luchtdicht bouwen met een Qv10-waarde van 0,350 dm³/sm².

Qv10-waarde referentiegebouw: 0,400 dm³/sm².

Conclusie bouwkundige maatregelen

Het toepassen van materialen met een hoge isolatiewaarde zorgt voor een geringe EPC-verlaging. Een hoge isolatiewaarde vraagt tevens een extra investering, de vraag is of men de kosten vindt opwegen tegen de EPC-verlaging die dit oplevert.

4.3. Installatietechnische maatregelen

Betreft installatietechnische maatregelen zijn diverse combinaties te maken. Burgers Ergon heeft een viertal concepten voorgedragen met veel gebruikte technieken voor het klimatiseren van een gebouw. Van deze concepten zal duidelijk worden welke de meest voordelige is om de EPC-score te verlagen voor het referentiegebouw. De prijzen voor de concepten zijn afkomstig van de afdeling Kosten & Calculatie van Burgers Ergon (Bijlage IX). Een andere maatregel die getroffen kan worden is de verlichting in het restaurant verbeteren door het toepassen van regelingen.

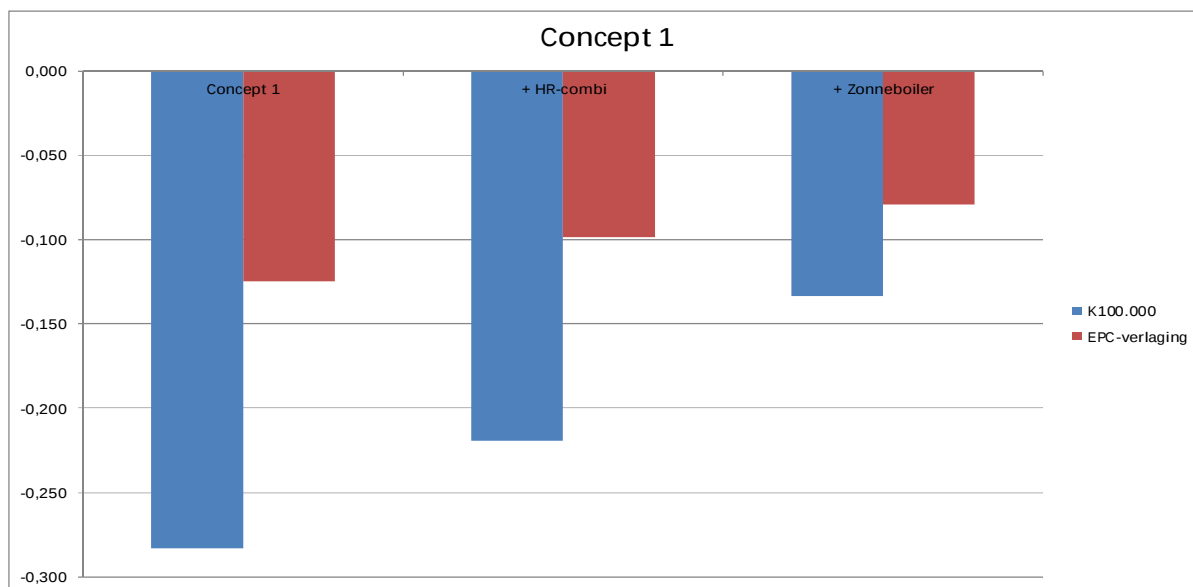
De installatie van het referentiegebouw is hieronder weergegeven om duidelijk te maken hoe de concepten schelen.

Referentiegebouw

Warmteopwekking:	HR-107-ketel
Koude opwekking:	Koudebron
Warm tapwater opwekking:	Elektrische boiler
Warmteterugwinning:	Koude laden met LBK

Concept 1 (Grafiek 4.9)

Warmteopwekking:	HR-107-ketel
Koude opwekking:	Compressiekoelmachine
Warm tapwater opwekking:	Elektrische boiler
Warmteterugwinning:	Koude laden met LBK
Alternatief 1.	
Warm tapwater opwekking:	HR-combi
Alternatief 2.	
Warm tapwater opwekking:	Zonneboiler



| Grafiek 4.9 Concept 1 en alternatieven maatregel | Deze maatregel zorgt niet voor een verbetering van de EPC. |

Voordeligste maatregel: Ten opzichte van het referentiegebouw is hier geen voordeligste maatregel aan te wijzen, alle maatregelen zorgen voor een slechtere EPC-score.

Het gebruik van een compressiekoelmachine in plaats van een koudeopslag geeft een EPC-stijging, in plaats van een afname. De rendementen van beide opwekkers beschouwend is dit niet verbazend: de compressiekoelmachine heeft een COP van 3, waar de koudeopslag een COP van 12 heeft.

Concept 2 (Grafiek 4.10)

Warmteopwekking:	Warmtepomp met bron
Koude opwekking:	Koudeopslag
Warm tapwater opwekking:	Elektrische boiler
Warmteterugwinning:	Warmtewiel / Koude laden met LBK

Alternatief 1.

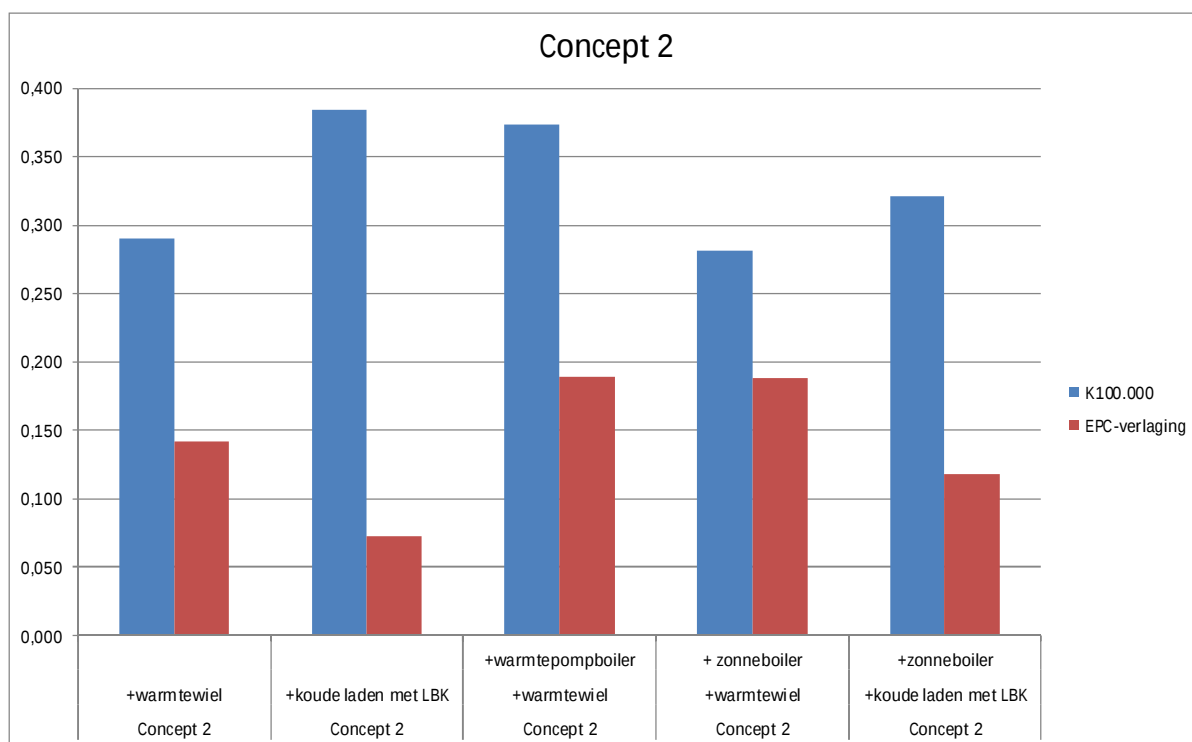
Warmteterugwinning:	Warmtewiel
Warm tapwater opwekking:	Warmtepomp boiler

Alternatief 2.

Warmteterugwinning:	Warmtewiel
Warm tapwater opwekking:	Zonneboiler

Alternatief 3.

Warmteterugwinning:	Koude laden met LBK
Warm tapwater opwekking:	Zonneboiler



| Grafiek 4.10 Concept 2 en alternatieven maatregel | Deze maatregel zorgt niet voor een verbetering ten opzichte van het BE-gebouw nu. |

Voordeligste maatregel: Het toepassen van een warmtepomp met bron voor de warmteopwekking en koudeopslag voor de koudeopwekking, waarbij warmte wordt teruggewonnen met een warmtewiel. Het warme tapwater wordt in dit geval opgewekt met een elektrische boiler.

De invloed van warmteterugwinning met een warmtewiel draagt positief bij aan de EPC-verlaging, maar de kosten wegen hier niet tegen op als gekeken wordt naar warmteterugwinning met koudeladen met een luchtbehandelingskast.

Concept 3 (Grafiek 4.11)

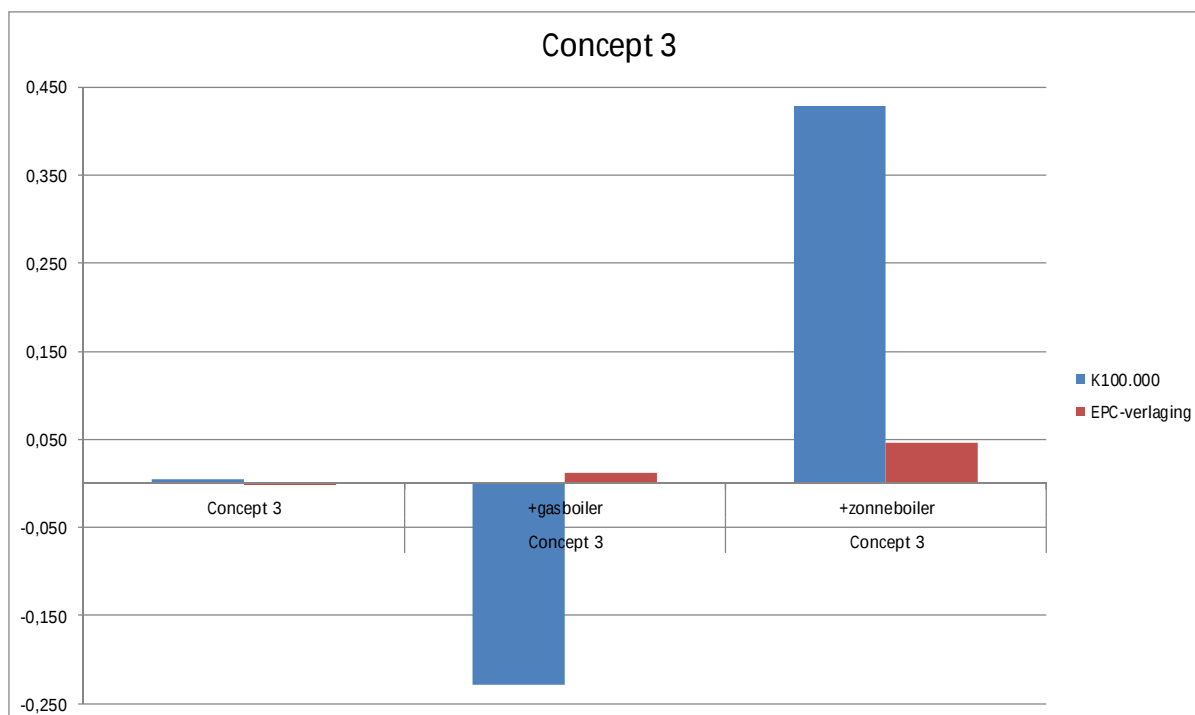
Warmteopwekking: Warmtepomp op lucht
 Koude opwekking: Compressiekoelmachine
 Warm tapwater opwekking: Elektrische boiler
 Warmteterugwinning: Warmtewiel

Alternatief 1.

Warm tapwater opwekking: Gasboiler

Alternatief 2.

Warm tapwater opwekking: Zonneboiler



| Grafiek 4.11 Concept 3 en alternatieven maatregel | Het gebruik van een warmtepomp, warmtewiel en gasboiler zorgt dat een goedkopere installatie gerealiseerd wordt dan het referentiegebouw. |

Voordeligste maatregel: De warmte wordt opgewekt met een warmtepomp op lucht, koudeopwekking met een compressiekoelmachine (dit is dezelfde warmtepomp op lucht), de warmteterugwinning gebeurt met een warmtewiel en het warme tapwater wordt opgewekt met een gasboiler.

De grafiek laat zien dat de K100.000 naar negatief gaat bij concept 3 met gebruik van een gasboiler voor warm tapwater opwekking. Het laat zien dat het installatieconcept goedkoper is dan de al aanwezige installatie in het BE-gebouw, daarnaast heeft dit concept ook nog een positieve bijdrage aan de EPC-verlaging.

Concept 4 (Grafiek 4.12)

Warmteopwekking: WKK
 Koude opwekking: Absorptiekoelmachine
 Warm tapwater opwekking: Elektrische boiler
 Warmteterugwinning: Warmtewiel

Alternatief 1.

Warm tapwater opwekking: Gasboiler

Alternatief 2.

Warm tapwater opwekking: Zonneboiler

Alternatief 3.

Warmteterugwinning: Koude laden met LBK

Alternatief 4.

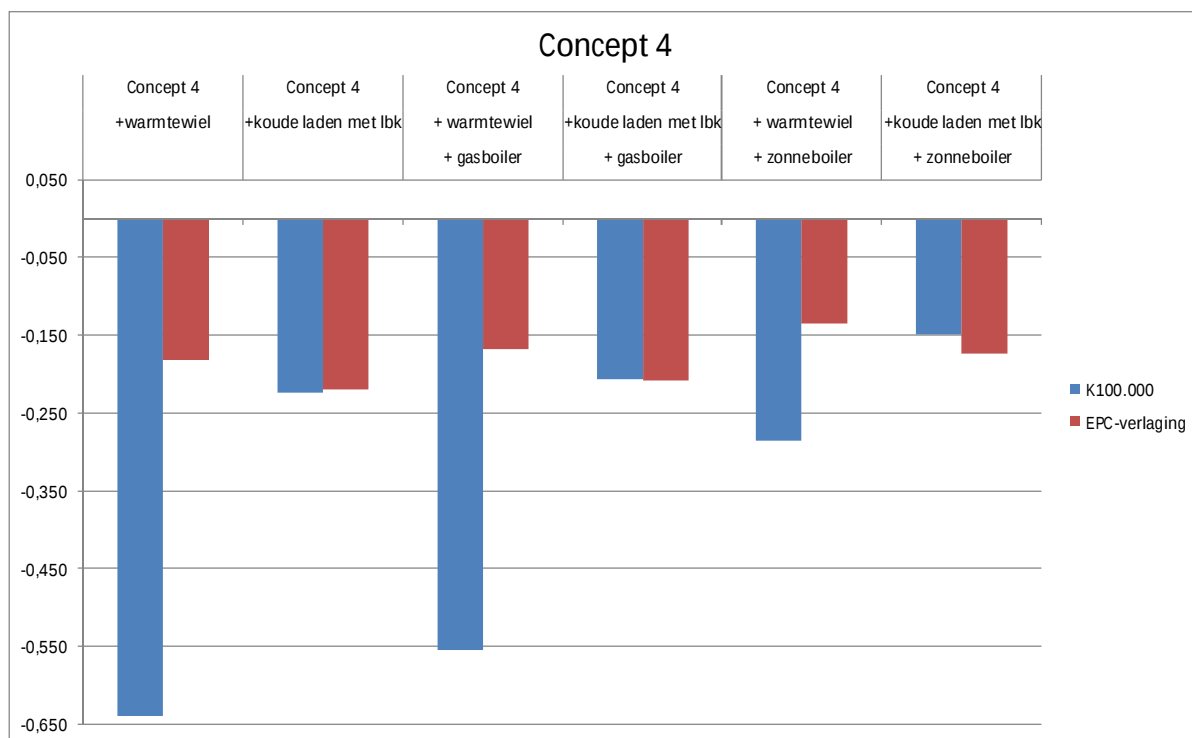
Warmteterugwinning: Koude laden met LBK

Warm tapwater opwekking: Gasboiler

Alternatief 5.

Warmteterugwinning: Koude laden met LBK

Warm tapwater opwekking: Zonneboiler



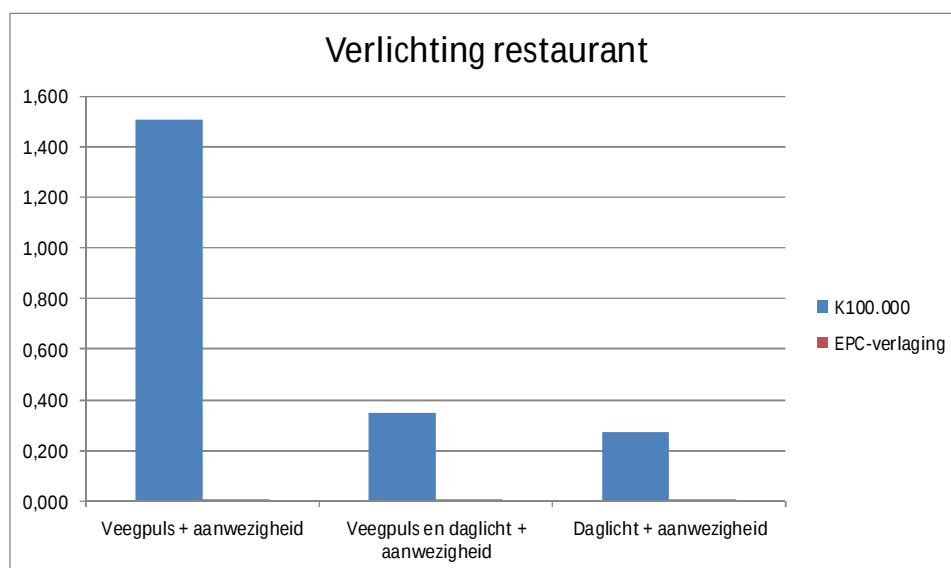
| Grafiek 4.12 Concept 4 en alternatieven maatregel | Concept 4 draagt niet bij aan een EPC-verbetering, maar heeft een negatieve invloed in vergelijking met het BE-gebouw. |

Voordeligste maatregel: Net als bij concept 1 levert het toepassen van dit concept geen EPC-verlaging ten opzichte van het referentiegebouw.

Het gebruik van een WKK en absorptiekoelmachine heeft een slechtere energieprestatie tot gevolg dan de al aanwezige installatie. Het is tevens een vrij dure installatie, waardoor dit concept niet aantrekkelijk is om te kiezen.

Verlichting restaurant

Een laatste maatregel die is toe te passen is voor de verlichting in het restaurant een regeling toe te passen (Grafiek 4.13).



| Grafiek 4.13 Verlichting restaurant maatregel | Het toepassen van aanwezigheidsmelders is een goedkope oplossing, maar wel met een hele kleine invloed op de EPC-verlaging. |

Op dit moment is in het restaurant verlichting met een veegpuls regeling geïnstalleerd. Het toepassen van aanwezigheidsdetectie heeft een hele goede waardering. De beperkte invloed op de EPC-verlaging is in dit geval aan het oppervlak van het restaurant te danken in verhouding met het gehele EPC-plichtige oppervlak. De rest van het kantoor is al voorzien van een veegpuls en daglicht regeling met aanwezigheidsdetectie.

Conclusie installatietechnische maatregelen

Het toepassen van concept 3 waarbij de warmte en koude wordt opgewekt met een warmtepomp op lucht, de warmteterugwinning gebeurt met een warmtewiel en het warme tapwater wordt opgewekt met een gasboiler is de aantrekkelijkste optie. Dit concept is goedkoper dan de huidige installatie in het BE-gebouw en levert tevens een EPC-besparing. Daarnaast is het toepassen van een aanwezigheidsdetectie voor de verlichting in het restaurant zeer aantrekkelijk; de investeringskosten zijn bijna te verwaarlozen ten opzichte van de verlaging van EPC-score die hier tegenover staat.

4.4. Economisch zo voordelig mogelijk een EPC van 0,0

Van alle bovenstaande maatregelen is steeds de maatregel gekozen die de grootste $K_{100.000}$ - waarde heeft; dat wil zeggen de maatregelen die de grootste EPC-besparing geven op de economisch meest voordelige manier. Tabel 4.1 laat de investeringen voor de gekozen maatregelen zien en de daarbij behorende EPC-verlaging.

Onderdeel	Maatregel	Investering	$K_{100.000}$	EPC-verlaging
Installatie	Concept 3 + gas boiler	-5.425	goedkoper	0,012
Orientatie	Oost (343°)	-	neutraal	0,010
Ventilatoren	NEN 8088	-	neutraal	0,009
Verlichting	10 W/m ²	-	neutraal	0,060
Geen verlichting	Schachten	-	neutraal	0,002
Verlichting Restaurant	Veegpuls + Aanwezigheidsmelder	303	1,508	0,005
Duurzame energie	Zonnepanelen	5.544	0,186	1,057
Dak isolatie	4,00 m ² K/W	11.524	0,098	0,005
Gevel isolatie	3,50 m ² K/W	10.560	0,063	0,007
Begane grond isolatie	4,50 m ² K/W	37.500	0,059	0,006
Beglazing	HR+-glas (U=1,4 , ZTA = 0,35)	21.000	0,050	0,019
Luchtdichtheid	Qv10 = 0,350 dm ³ /sm ²	569.400	0,016	0,003
Totaal		€ 650.406		1,194

| Tabel 4.1 Overzicht investeringskosten en bijbehorende $K_{100.000}$ en EPC-verlaging | De tabel geeft een overzicht van de investering per maatregel en de EPC-verlaging die dit oplevert ten opzicht van het referentiegebouw. |

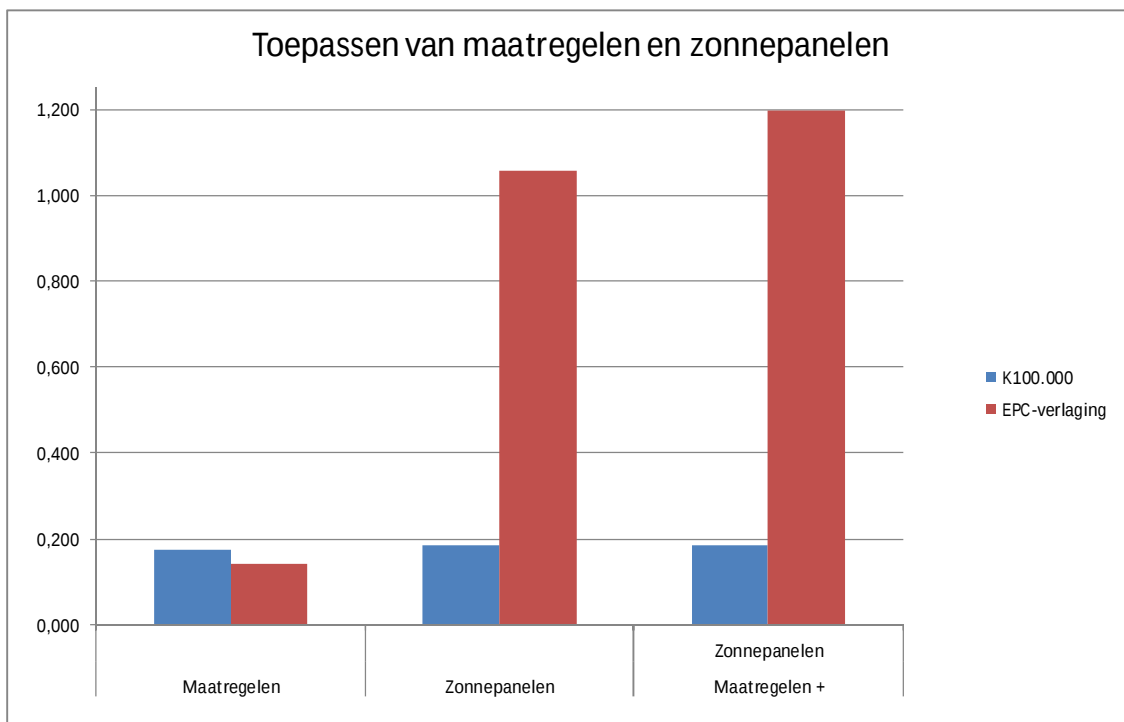
Toepassen van zonnepanelen

Een manier om vanuit de toegepaste maatregelen tot een gebouw te komen met een EPC van 0,0 is het toepassen van zonnepanelen (Tabel 4.2). Naast zonnecollectoren zijn zonnepanelen op dit moment de enige manieren van duurzame toepassingen in de EPG-module. Voor het BE-gebouw betekent dit dat een oppervlakte van 2190 m² aan zonnepanelen nodig is om het gebouw energieneutraal te krijgen. Dit betekent dat het grootste gedeelte van het dak vol komt te liggen met panelen, het dakoppervlak bedraagt 3564 m².

	BE-gebouw		Maatregelen		Zonnepanelen	
Verwarming	1.137.328 MJ		724.562 MJ		725.364 MJ	
Tapwater	108.362 MJ		79.366 MJ		79.366 MJ	
Bevochtigen	100.292 MJ		87.111 MJ		87.111 MJ	
Koeling	165.079 MJ		527.157 MJ		526.516 MJ	
Ventilatoren	115.043 MJ		52.193 MJ		52.193 MJ	
Verlichting	1.061.836 MJ +		897.430 MJ +		897.430 MJ +	
Subtotaal	2.687.940 MJ		2.367.819 MJ		2.367.980 MJ	
Geexporteerde warmte	- 0 MJ		- 0 MJ		- 0 MJ	
Productie energieprestatie	- 0 MJ		- 0 MJ		- 1.358.347 MJ	
Geproduceerde elektriciteit	- 0 MJ +		- 0 MJ +		- 1.043.802 MJ +	
Karakteristiek energiegebruik	2.687.940 MJ		2.367.819 MJ		-34.169 MJ	
Toelaatbaar energiegebruik	2.272.955 MJ		2.272.955 MJ		2.272.955 MJ	
Totaal / Toelaatbaar	1,18 [-]		1,04 [-]		-0,02 [-]	
Gebruiksfunctie	EPC-uitkomst	eis	EPC-uitkomst	eis	EPC-uitkomst	eis
Kantoor	1,30	1,10	1,15	1,10	-0,02	1,10
Bijeenkomst	2,37	2,00	2,08	2,00	-0,03	2,00
Industrie	0,00	Geen	0,00	Geen	0,00	Geen
Algemeen	0,00	Geen	0,00	Geen	0,00	Geen

| Tabel 4.2 Toepassing van maatregelen en daarna toepassing van maatregelen en zonnepanelen op het BE-gebouw | De tabel toont wat de invloed is van de maatregelen op de EPC-uitkomst. |

In Grafiek 4.14 is te zien dat bij het toepassen van alleen zonnepanelen de EPC-verlaging per €100.000,- ongeveer gelijk is aan het toepassen van de uitgezochte maatregelen en zonnepanelen samen. Hoewel dit verschil erg klein is leveren de zonnepanelen en de maatregelen samen wel een hogere EPC-verlaging; een EPC-verlaging waarmee het BE-gebouw naar energieneutraal is te brengen.



| Grafiek 4.14 Toegepaste maatregelen en zonnepanelen | De grafiek laat zien dat het toepassen van alleen zonnepanelen net iets voordeliger is dan bouwkundige en installatietechnische maatregelen te nemen. |

Hieruit is te overwegen om te kijken of het toepassen van alleen zonnepanelen aantrekkelijker is dan eerst bouwkundige en installatietechnische maatregelen treffen. Voor het referentiegebouw blijkt een oppervlakte van 2460 m² zonnepanelen nodig te zijn om het gebouw met alleen zonnepanelen energieneutraal te krijgen. Hiervoor is een investering nodig van € 639.600,- (€ 260,-/m²) nodig. Dit blijkt zelfs goedkoper te zijn dan eerst bouwkundige en installatietechnische maatregelen te treffen en deze aan te vullen met zonnepanelen. Zoals gebleken in Tabel 4.1 blijkt hiervoor een investering nodig te zijn van € 650.406,- nodig te zijn.

De lagere investering voor een gebouw met een EPC van 0,0 met alleen zonnepanelen is ook te verwachten als te zien is dat het toepassen van zonnepanelen de grootste K_{100.000}-waarde geeft, dus de grootste EPC-verlaging bij een investering van € 100.000,-.

5. Te ambiëren EPC vanuit de opdrachtgever

Vanuit de onderzochte maatregelen om tot een EPC 0,0 gebouw te komen uit het vorige hoofdstuk is een lijst op te stellen met maatregelen van waaruit een opdrachtgever een te ambiëren EPC kan samenstellen (Tabel 5.1).

Onderdeel	Maatregel	K100.000
Installatie	Concept 3 + gas boiler	goedkoper
Orientatie	Oost (343°)	neutraal
Ventilatoren	Bouwbesluit 2012	neutraal
Verlichting	10 W/m ²	neutraal
Geen verlichting	Schachten	neutraal
Verlichting Restaurant	Veegpuls + Aanwezigheidsmelder	1,508
Duurzame energie	Zonnepanelen	0,186
Dak isolatie	4,00 m ² K/W	0,098
Gevel isolatie	3,50 m ² K/W	0,063
Begane grond isolatie	4,50 m ² K/W	0,059
Beglazing	HR+-glas (U=1,4 , ZTA = 0,35)	0,050
Luchtdichtheid	Qv10 = 0,350 dm ³ /sm ²	0,016

| Tabel 5.1 Overzicht van te nemen maatregelen om tot een te ambiëren EPC te komen. |

De maatregelen in het overzicht geven een opdrachtgever inzicht hoe groot de invloed van een maatregel is op de EPC-uitkomst. Hiermee is een keuze te maken welke maatregelen gekozen kunnen worden om tot een EPC-uitkomst te komen die een opdrachtgever voor ogen heeft.

Om maatregelen met elkaar te kunnen vergelijken zijn de maatregelen vertaald naar een score die aangeeft welke EPC-verlaging is te behalen bij een investering van €100.000,-; uitgedrukt als de K_{100.000}-waarde. Dit wil niet zeggen dat alle maatregelen ook met €100.000,- te realiseren zijn. Hoe hoger de K_{100.000}-waarde, hoe effectiever de maatregel is.

De indicatie 'neutraal' in de lijst betekent dat deze maatregelen te realiseren zijn zonder verdere investeringskosten. In het geval van de oriëntatie is dit een maatregel waarbij bij het ontwerp al rekening mee gehouden dient te worden. De maatregel voor verlichting laat zien dat het van belang is om goed te weten welke vermogens in een gebouw geïnstalleerd gaan worden. Daarnaast kent de EPG-module de mogelijkheid om ruimtes van geen licht te voorzien, de invloed van de maatregel is niet groot, maar wel een maatregel die energiebesparing oplevert.

Wat gerealiseerd moet worden is dat de invloed van deze maatregelen gebaseerd zijn op het effect dat ze hebben op het BE-gebouw. Dit kan betekenen dat niet alle maatregelen hetzelfde effect zullen hebben op andere gebouwen.

6. Conclusies en aanbevelingen

Het streven vanuit de overheid is om vanaf 2020 energie neutrale gebouwen te ontwerpen, wat is vastgelegd in het Lenteakkoord. Per 1 juli 2012 zal de EPG (NEN 7120) de methode zijn om te bepalen wat het gebouwgebonden energiegebruik is over een periode van een kalenderjaar. De EPG zal de huidige bepalingsmethodes, NEN 2916 en NEN 5128, vervangen. Met de invoering van de nieuwe berekeningsmethode komt ook nieuwe berekeningssoftware beschikbaar.

De EPC is de verhouding tussen het karakteristieke gebouwgebonden energiegebruik van een gebouw en het toelaatbare karakteristieke energiegebruik voor dit gebouw. De opbouw van het gebouwgebonden energiegebruik bestaat uit het energiegebruik voor verwarming, koeling, bevochtigen, warm tapwater, ventilatoren en verlichting. De belangrijkste bevindingen:

- Het verdwijnen van de post voor het energiegebruik van de pompen, deze wordt verdeeld over de posten verwarming, koeling en/of tapwater.
- De hoeveelheid ventilatielucht voor een gebruiksfunctie wordt bepaald aan de hand van de NEN 8088. Dit resulteert voor diverse gebruiksfuncties in grote afwijkingen ten opzichte van de EPN.
- De hoeveelheid ventilatielucht draagt bij aan warmte- en koudebehoefte en de hoeveelheid te bevochtigen lucht.
- Indien een gebouw geen koeling heeft, wordt uitgegaan van zomercomfort. Zo wordt toch een energiegebruik voor koelbehoefte bepaald, dit voorkomt het aanvragen van een bouwvergunning zonder koeling om aan de EPC te voldoen en later toch nog koeling te installeren.
- Daarnaast is een reductiefactor voor niet-continu koelen en verwarmen geïntroduceerd, dit geeft tevens andere resultaten voor warmte en koudebehoefte.

Vabi heeft voor de berekening van de EPC nieuwe software ontwikkeld: Vabi Elements EPG. De belangrijkste constatering ten opzicht van Vabi UO EPN:

- Vabi Element is een 3D-omgeving, dit maakt het model overzichtelijker.
- Het invoeren van gegevens is eenduidiger en overzichtelijker geworden, in Vabi UO was het nodig om in verschillende niveaus diep gegevens in te voeren. In Element wordt een tab geopend en alle in te voeren gegevens per onderwerp zijn gelijk zichtbaar.
- De hoeveelheid ventilatielucht hoeft niet meer opgegeven te worden, deze wordt bepaald aan de hand van de gebruiksfunctie van een rekenzone.
- Het is mogelijk om ruimtes niet van verlichting te voorzien, zoals schachten. Wanneer in Vabi UO verlichting ontbreekt in een ruimte, wordt met een forfaitaire waarde gerekend.
- Vooral in de grafische omgeving is het programma nog erg traag: lange laadtijden van het model.
- Diverse bugs en conflicten zijn geconstateerd.

Advies over het uitstellen om Vabi Elements te gaan gebruiken is niet aan de orde, daar de software per 1 juli 2012 gebruikt moet gaan worden. Daarnaast heeft Vabi de indruk gewekt voor deze datum een goed, soepel werkend programma te kunnen leveren. De constatering en bevindingen die gedaan zijn worden door Vabi opgepakt en zijn bij een volgende update vrijwel iedere keer verholpen. Vabi wist te melden dat de ontwikkelaars veel vooruitgang geboekt hebben met betrekking tot de snelheid van het programma.

Om een gebouw met een EPC van 0,0 te realiseren zijn maatregelen nodig. Na onderzoeken van bouwkundige en installatietechnische maatregelen is per maatregel gebleken welke de meeste EPC-verlaging oplevert.

Onderdeel	Maatregel	Investering	K100.000	EPC-verlaging
Installatie	Concept 3 + gas boiler	-5.425	goedkoper	0,012
Orientatie	Oost (343°)	-	neutraal	0,010
Ventilatoren	NEN 8088	-	neutraal	0,009
Verlichting	10 W/m ²	-	neutraal	0,060
Geen verlichting	Schachten	-	neutraal	0,002
Verlichting Restaurant	Veegpuls + Aanwezigheidsmelder	303	1,508	0,005
Duurzame energie	Zonnepanelen	5.544	0,186	1,057
Dak isolatie	4,00 m ² K/W	11.524	0,098	0,005
Gevel isolatie	3,50 m ² K/W	10.560	0,063	0,007
Begane grond isolatie	4,50 m ² K/W	37.500	0,059	0,006
Beglazing	HR+-glas (U=1,4 , ZTA = 0,35)	21.000	0,050	0,019
Luchtdichtheid	Qv10 = 0,350 dm ³ /sm ²	569.400	0,016	0,003
Totaal		€ 650.406		1,194

| Tabel 6.1 Overzicht van maatregelen en daarbij behorende investeringen en EPC-verlagingen. |

Na onderzoek is gebleken dat een energieneutraal gebouw realiseren met alleen maar zonnepanelen zeker overwogen moet worden. In het geval van het BE-gebouw levert het toepassen van alleen maar zonnepanelen een goedkoper energieneutraal gebouw op dan het toepassen van de maatregelen in combinatie met de zonnepanelen. Hieruit is te concluderen dat investeringen in een gebouw met hogere isolatiewaarden en installaties met hogere rendementen niet opwegen tegen de invloed van zonnepanelen. Tabel 6.1 laat zien dat de maatregel van zonnepanelen een hogere EPC-verlaging tot gevolg heeft bij een investering van € 100.000,-. De maatregel voor het toepassen van een aanwezigheidsmelder geeft een vertekend beeld. Daar dit zeker een goedkope maatregel is, levert die ook bijna geen EPC-verlaging op.

Vanuit de te treffen maatregelen in Tabel 6.1 is voor een opdrachtgever makkelijk een pakket samen te stellen met te treffen maatregelen om tot een EPC-ambitie te komen. Een advies is te geven om juist zonnepanelen toe te passen, gezien de investering die nodig is en welke EPC-verlaging hiermee is te behalen. Aan de opdrachtgever is het om te bepalen of dit de uitstraling van het gebouw ten goede komt. Gerealiseerd dient te worden dat de maatregelen betrekking hebben op een gebouw als het BE-gebouw.

Literatuurlijst

Bij het samenstellen van deze literatuurlijst is gebruik gemaakt van de APA handleiding ('American Psychological Association, 2011' [3]). De opbouw van dit rapport is opgesteld aan de hand van het 'Rapport over rapporteren' ('Hoogland, 2010' [7]).

Literatuur

1. AgentschapNL (2012) *Energieprestatie Nieuwbouw – EPN*
 - Nieuws:
 - *Update energielabel nieuwbouw (14-03-2012)*
 - *Uitstel invoering energieprestatienorm voor gebouwen (27-10-2011)*
 - *Nieuwe normen voor energieprestatie gebouwen (11-05-2011)*
 - *Nieuwe EPG doet meer recht aan de bouwfysische werkelijkheid (09-05-2011)*
 - *Nieuwe energieprestatienormen NEN 7120 en NVN 7125 gepubliceerd (26-04-2011)*
 - *Feiten en fabels over aanscherping EPC (01-12-2010)*
 - *Database voor gecontroleerde gelijkwaardigheidsverklaringen (01-12-2010)*
 - *Nieuwe norm Energieprestatie van Gebouwen – NEN 7120 (van EPN naar EPG 23-09-2010)*
 - Regelgeving (Bouwbesluit, Normen, Bouwvergunning)
 - EPC berekenen (Kwaliteits- en gelijkwaardigheidsverklaringen)
 - Praktijk voorbeelden (Lente-akkoord)
 - Officiële bekendmakingen
 - Veelgestelde vragen

Geraadpleegd via AgentschapNL,
<http://www.agentschapnl.nl/programmas-regelingen/energieprestatie-nieuwbouw-epn>
2. AgentschapNL (2012) *EPBD/Energielabel*. Geraadpleegd via AgentschapNL,
<http://www.agentschap.nl/programmas-regelingen/epbd-energielabel>
3. American Psychological Association (2011). *APA handleiding*. Geraadpleegd via Stenden Bibliotheek,
<http://www.stenden.com/nl/mystenden/studielandschapvhcn/Pages/APA-stijl.aspx>
4. Claudia Bouwens (2012). *Energielabels nieuwbouw in de steigers*. NEPROM, geraadpleegd via duurzaamgebouw.nl,
<http://www.duurzaamgebouw.nl/visies/20120309-energielabel-nieuwbouw-in-de-steigers>
5. Dorus Daris (2007). *Energie Prestatie Advies, kantoorgebouw BURGERS ERGON Eindhoven*. Burgers Ergon bv Installatietechniek.
6. Hans van Wolferen (2011). *Presentatie: Normen en labels voor energie in de gebouwde omgeving*. TNO Apeldoorn.
7. Hoogland, W., Brand, I., Dik, R. (2010). *Rapport over rapporteren* (6^e druk). Groningen/Houten: Noordhoff bv. Geraadpleegd via blackboard HHS
<http://blackboard.hhs.nl/> (course afstuderen)
8. Stichting ISSO (2011). *Handleiding Energieprestatie Advies Utiliteitsgebouwen*. SenterNovem.
9. Stichting ISSO (2011). *Handleiding Energieprestatie Advies Woningen*. SenterNovem.

10. Min. Van VROM. (2010). *Bouwbesluit 2003*. Geraadpleegd via Bris Warenhuis, <http://www.briswarenhuis.nl/>
11. Min. Van VROM. (2011). *Bouwbesluit 2012*. Geraadpleegd via Bris Warenhuis, <http://www.briswarenhuis.nl/>
12. N.P.M. Scholten (1995). *Cursus map: Energieprestatienormering (EPN)*, Cursus 324. Novem.
13. Nelissen Ingenieursburo (2000). *Energieprestatieberekening nieuwbouw kantoor Burgers Ergon te Eindhoven*. Nelissen bv.
14. NEN 2580 (2008). *Oppervlakten en inhouden van gebouwen – Termen, definities en bepalingsmethoden*. Nederlands Normalisatie-instituut.
15. NEN 2916 (2008). *Energieprestatie van utiliteitsgebouwen – Bepalingsmethode*. Nederlands Normalisatie-instituut.
16. NEN 5060 (1987). *Verkort referentiejaar voor buitencondities*. Nederlands Normalisatie-instituut.
17. NEN 5060 (2008). *Hygrothermische eigenschappen van gebouwen – Referentieklimaatgegevens*. Nederlands Normalisatie-instituut.
18. NEN 5128 (2004). *Energieprestatie van woonfuncties en woongebouwen – Bepalingsmethode*. Nederlands Normalisatie-instituut.
19. NEN 7120 (2011). *Energieprestatie van gebouwen – Bepalingsmethode*. Nederlands Normalisatie-instituut.
20. NEN 8088-1 (2011). *Ventilatie en luchtdoorlatendheid van gebouwen – Bepalingsmethode voor de toevoerluchttemperatuur gecorrigeerde ventilatie- en infiltratieluchtvolumestromen voor energieprestatieberekeningen – Deel 1: Rekenmethode*. Nederlands Normalisatie-instituut.
21. NEN & ISSO (2012) Databank gecontroleerde kwaliteitsverklaringen. Geraadpleegd via ISSO, <http://www.isso.nl/diensten/downloads/databank-gecontroleerde-kwaliteit-verklaringen/>
22. NVN 7125 (2011). *Energieprestatienorm voor maatregelen op gebiedsniveau (EMG) – Bepalingsmethode*. Nederlands Normalisatie-instituut.
23. *Presentatie: ENorm informatie bijeenkomst* (2011). DGMR.
24. Rijksoverheid (2012). *Bouwregelgeving*
 - Bouwbesluit 2012
 - Documenten en publicaties
 - *Kamerbrief over Bouwbesluit 2012: publicatie en inwerkingtreding (21-12-2011)*

Geraadpleegd via Rijksoverheid, <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bouwregelgeving>

25. Rijksoverheid en marktpartijen (2008). *Lente-akkoord, energiebesparing in de nieuwbouw*. Geraadpleegd via Lente-akkoord, <http://www.lente-akkoord.nl/wp-content/uploads/2009/04/Convenant-Energiebesparing-in-nieuwbouw.pdf>
26. *Trainingsmap: Vabi optimal buildings* (2011). Vabi.

Internet pagina's

27. <http://www.d-bv.nl/trias-energetica>
Driven By Values: Trias Energetica Logo
28. <http://maps.google.nl/>
Oriëntatiebepaling BE-gebouw
29. <http://www.komo.nl/>
BRL9501: Methoden voor het bepalen van het energiegebruik van gebouwen en de energetische en financiële gevolgen van energiebesparingsmaatregelen.

Software partijen

30. <http://www.binksoftware.nl>
BINK software: Energielabel, EPN en EPG
31. <http://www.dgmr.nl/>
DGMR software: Energielabel, EPN en EPG
32. <http://www.bureau-earth.nl/>
Earth Energieadvies: Uniec2.0, EPG software
33. <http://www.tweesnoeken.nl/>
De Twee Snoeken: EPG en EPN software
34. <http://www.vabi.nl/>
Vabi informatie en software: Energielabel, EPN en EPG.

Bijlagen

Bijlage I:	Competentieverlag
Bijlage II:	Het BE-gebouw
Bijlage III:	Het primaire energiegebruik
Bijlage IV:	Toelaatbare karakteristieke energiegebruik
Bijlage V:	Vabi Elements EPG ontdekte fouten en conflicten
Bijlage VI:	Invoer van het BE-gebouw in de EPG- en de EPN-module
Bijlage VII:	Verdeling van de post pompen
Bijlage VIII:	Optimalisatie van verlichting en ventilatoren
Bijlage IX:	Investeringskosten van de te treffen maatregelen