

CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180
2611 HH Delft
tel: 015 2 150 150
fax: 015 2 150 151
e-mail: ce@ce.nl
website: www.ce.n

EPL bestaande woningbouw

systematiek

Eindrapport

Delft, december 2001

Opgesteld door: Frans Rooijers (CE)
Saeda Moorman (CE)
Freek den Dulk (Piode)
Hans Buitenhuis (DWA)



Colofon

Bibliotheekgegevens rapport:

Frans Rooijers (CE), Saeda Moorman (CE), Freek den Dulk (Piode), Hans Buitenhuis (DWA)
EPL bestaande woningbouw
systematiek
Delft, CE, 2001

Woonwijken / Energiebesparing / Meetmethoden / Energieverbruik / Maatregelen / Besluitvorming

Publicatienummer: 01.3805.30

Verspreiding van CE-publicaties gebeurt door:

CE

Oude Delft 180

2611 HH Delft

Tel: 015-2150150

Fax: 015-2150151

E-mail: publicatie@ce.nl

Opdrachtgever: Novem

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Frans Rooijers.

© copyright, CE, Delft

CE

Oplossingen voor milieu, economie en technologie

CE is een onafhankelijk onderzoeks- en adviesbureau, gespecialiseerd in het ontwikkelen van structurele en innovatieve oplossingen van milieuvraagstukken. Kenmerken van CE-oplossingen zijn: beleidsmatig haalbaar, technisch onderbouwd, economisch verstandig maar ook maatschappelijk rechtvaardig.

CE is onderverdeeld in vijf secties die zich richten op de volgende werkterreinen:

- economie
- energie
- industrie
- materialen
- verkeer & vervoer

Van elk van deze secties is een publicatielijst beschikbaar. Geïnteresseerden kunnen deze opvragen bij CE tel: 015-2150150. De meest actuele informatie van CE is te vinden op de website: www.ce.nl

Voorwoord

Dit rapport is uitgevoerd in opdracht van Novem. Hierin wordt de EPL-systematiek voor de bestaande bouw beschreven. Deze systematiek is ontwikkeld door CE in samenwerking met DWA en Piode, op vergelijkbare wijze als in de nieuwbouw. De heer F. Rooijers en mevrouw S. Moorman hebben door inbreng van hun expertise de onderbouwing en de hoofdlijnen van de systematiek helpen verdiepen. De heren F.W. den Dulk en J.J. Buitenhuis hebben zich vooral verdiept in de berekeningen die aan het systematiek ten grondslag liggen.

Daarnaast willen we de heer P.A.J.M. Heijnen en de heer M.A.J. van Melick (Novem) bedanken voor hun begeleiding.

Inhoud

Samenvatting	1
1 Doel van de EPL bestaande bouw	3
1.1 Achtergrond	3
1.2 Doel van de EPL-bb	3
1.3 Verschil met EPL-nb	4
1.4 Doel van dit rapport	4
1.5 Leeswijzer	4
2 De EPL-methode	5
2.1 EPL-formule	5
2.2 Referentie	6
2.3 Bepalen van de energievraag op de meter (E)	7
2.4 Bepalen van de correctiefactor brandstofinhoud (C-factor)	9
2.5 Mogelijkheden om de EPL te verhogen	10
3 Hoe werkt de EPL-bb in de praktijk?	11
3.1 Wie zijn de partijen?	11
3.2 Presentatievorm EPL-bb	11
3.3 Uitvoeren berekening EPL	11
3.3.1 Globale berekening	13
3.3.2 Nauwkeurige berekening	13
4 Voorbeeldberekening	15
4.1 Voorbeeldgebied	15
4.2 Berekening energievraag	16
4.3 C-factor	17
5 Instrumenten voor een effectieve EPL-bb	19
5.1 Situatie met EPL nieuwbouw	19
5.2 Verantwoordelijkheden	19
5.3 Huidige doelen en instrumenten voor bestaande bouw	21
5.4 Discussie	21
5.5 Samenvatting	23
Literatuur	25
A EPA invoergegevens	29
B Energievraag op de meter	35
C Correctiefactor brandstofinhoud (C)	39
D Besparingsniveaus	49

Samenvatting

De EPL voor de bestaande woningbouw

De Energie Prestatie op Locatie (EPL) is een instrument van de overheid, ontwikkeld door CE in samenwerking met DWA en Piode, om besparing op fossiele brandstoffen te realiseren. De EPL ondersteunt gemeenten in het energiebeleid voor nieuwbouwlocaties, waarmee de EPL net als de EPN een maat voor brandstofbesparing is maar dan voor een hele nieuwbouwlocatie inclusief de energievoorziening die voor en/of in deze locatie is aangelegd. Nu met dit rapport is ook voor de bestaande woningbouw een systematiek ontwikkeld door CE, in samenwerking met DWA en Piode, op vergelijkbare wijze als in de nieuwbouw.

De EPL is een maat voor het berekende verbruik van fossiele brandstoffen voor die locatie. Hierbij geldt: hoe hoger de EPL, des te lager het verbruik. De EPL is een cijfer onder de 10, waarbij 10 staat voor een ideaalsituatie waarin geen fossiele brandstoffen meer worden gebruikt.

Bij de realisatie van een nieuwbouwlocatie waar de woningen voldoen aan de EPN van 1,0 én zijn voorzien van een aardgasaansluiting met cv-ketel¹, is de EPL per definitie gelijk aan 6,0. Voor de bestaande woningbouw is gebruik gemaakt van de EPA-systematiek die is ontwikkeld door Damen. De EPL=6 is nu gelegd bij een woning die een Energie-Index van 0,5 heeft én voorzien is van een aardgasaansluiting met een HR-107-ketel.

De EPL bestaande bouw: voor wie en wanneer

De EPL bestaande bouw is met name geschikt om toe te passen tijdens de herstructurering van bestaande locaties. Zoals de naam aangeeft is het instrument immers bedoeld om reductie te stimuleren op locatieniveau en niet op woningniveau. De partijen die direct met de EPL-bb te maken krijgen, zijn: gemeenten, projectontwikkelaars, woningcorporaties, installateurs, netbeheerders en leveranciers van energie. Indirect krijgen ook producenten van energie te maken met de EPL via de energieleveranciers. Ook architecten en stedenbouwkundigen zullen op de hoogte moeten zijn van het bestaan en de werking van de EPL. Gebruikelijk is dat gemeenten het energieambitieniveau voor een herstructureringslocatie vastleggen in een energievissie. Hiervoor kan de EPL als maat van het ambitieniveau worden gebruikt.

De EPL berekent u met de formule:

$$EPL = 10 - 4 \times \frac{B_{keuze}}{B_{ref}}$$

De variabele B is het *berekende* primaire verbruik van fossiele brandstoffen. B_{keuze} is het verbruik van de locatie voor een keuze voor de energievoorziening, B_{ref} is het verbruik van de locatie als de referentie zou worden gekozen. Als referentie wordt gehanteerd: de levering van aardgas en elektriciteit aan een woning met een Energie-Index van 0,5 die wordt verwarmd met een HR-107 ketel.

¹ Zonder verdere bijzonderheden, zoals fotovoltaïsche cellen voor elektriciteitsopwekking.

De EPL bestaande bouw kan vrij eenvoudig worden berekend als gebruik wordt gemaakt van de Novem Referentiewoningen. Dit zijn 15 woningen die een afspiegeling vormen van het woningbestand in Nederland. Van deze woningen is de energievraag bekend bij verschillende bouwkundige kwaliteiten en verwarmingsinstallaties. Ook is een indicatie gegeven van de daarbij behorende kosten. Door de woningen in de werkelijke situatie te koppelen aan de referentiewoningen kan vrij snel inzicht worden verkregen in de kosten en baten van verschillende besparingsmogelijkheden in én buiten de woningen. Aan de hand van een voorbeeldberekening in hoofdstuk 5 wordt de EPL bepaald in de huidige situatie en in een situatie zoals die kan ontstaan na aanpak van het herstructureringsgebied.

Als de betrokken partijen een hogere EPL wensen dan de huidige situatie dan kan de EPL verhoogd worden door:

- energiebesparing via bouwkundige maatregelen in het gebouw zoals extra isolatie, HR-glas en passieve zonne-energie (lagere Energie-Index);
- efficiencyverbetering van installaties in de gebouwen zoals HR107-ketel, microwarmtekracht, elektrische warmtepomp (lagere Energie-Index);
- duurzame energie in of op het gebouw (lagere Energie-Index);
- de aanleg van netten met lagere netverliezen (geen onderdeel Energie-Index, wel onderdeel EPL);
- efficiencyverbetering van installaties buiten de gebouwen zoals gasmotoren, restwarmtebenutting uit elektriciteitscentrales, grote elektrische of gaswarmtepomp (geen onderdeel Energie-Index, wel onderdeel EPL);
- duurzame energie buiten het gebouw zoals duurzame stroom of ecogas (geen onderdeel Energie-Index, wel onderdeel EPL).

In dit rapport wordt de systematiek beschreven van de EPL-bb en zijn de gegevens voor de 15 referentiewoningen opgenomen. Hiermee kan de gemeente, of een adviseur, of een corporatie zelf bepalen hoe laag de huidige EPL is en hoe die kan worden door verbeteropties.

Voor de betrokken partijen ontstaat hiermee een interessante uitdaging. Welke combinatie van maatregelen in én buiten de woningen kan de beste EPL opleveren tegen de laagste kosten?



1 Doel van de EPL bestaande bouw

1.1 Achtergrond

Aandacht voor energiebesparing in de woning heeft zich lange tijd gericht op de nieuwbouw. In dat kader is de EPN ontwikkeld, een instrument waarmee is afgestapt van het voorschrijven van eisen voor iedere maatregel om het fossiele brandstofverbruik in de nieuwbouw te verlagen. Er ontstond echter ook de behoefte om brandstofbesparende maatregelen buiten de gebouwen te waarderen. Daarom is in 1998 de EPL voor de nieuwbouw (EPL-nb) geïntroduceerd, een methode om het energiegebruik en de CO₂-uitstoot in een wijk uit te drukken in een cijfer onder de 10. Hiermee kan de effectiviteit van verschillende maatregelen om primair energiegebruik te besparen eenvoudig worden vergeleken.

Een kenmerk van de EPL-nb is dat de overheid deze kan inzetten vóór de locatie gerealiseerd is. Het is een maat berekend op basis van verondersteld fossiel brandstofverbruik ten tijde van bewoning, en niet op basis van werkelijk verbruik. Een tweede kenmerk is dat het instrument net zoals de EPN keuzevrijheid geeft aan ontwikkelaars en eigenaren van woningen en andere gebouwen bij het realiseren van het gewenste fossiele brandstofverbruik tijdens het ontwerp van de locatie c.q. gebouwen.

1.2 Doel van de EPL-bb

Nu voor de nieuwbouw beleidsinstrumenten zoals de EPN en de EPL-nb zijn ontwikkeld, en steeds betere resultaten worden geboekt, komt energiebesparing in de bestaande bouw sterker in de belangstelling te staan. In de bestaande bouw is nog een groot besparingspotentieel aanwezig. De Ministeries van EZ en VROM hebben daarom besloten om ook voor de bestaande bouw een EPL te ontwikkelen. Een instrument waarmee besparingsmaatregelen in een wijk tegen elkaar kunnen worden afgewogen, zoals wenselijk is bij grootschalige renovatieprojecten.

Bij het ontwikkelen van de EPL bestaande bouw is omwille van de duidelijkheid gestreefd naar een zo groot mogelijke overeenkomst met de EPL-nb. Zo blijven de basisformule en het gekozen referentieniveau gelijk. Het voordeel hiervan is dat de EPL-scores van nieuwbouwwoningen en oude woningen op dezelfde schaal tegen elkaar af kunnen worden gemeten.

De EPL-bb zoekt daarnaast zoveel mogelijk aansluiting met bestaande methoden om het energiegebruik van bestaande woningen te berekenen. Belangrijk is de EPA-methodiek, een methodiek die speciaal is ontwikkeld voor de bestaande woningbouw. Aan de hand van deze methode wordt het energiegebruik op de meter bepaald.

Toegevoegde waarde van de EPL-bb ten opzichte van deze methoden is dat:

- er in de EPL veel meer mogelijkheden zijn voor het deel van de energievoorziening buiten de gebouwen (C-factor); EPC en EPA maken hiervoor gebruik van forfaitaire waarden;
- de EPL ook het niet-gebouwgebonden elektriciteitsgebruik meeneemt (voor huishoudelijke apparaten), omdat dit een (toenemende) bijdrage heeft aan het totale energiegebruik;

- de EPL met name geschikt is voor het ontwerpstadium van een locatie, als het erom gaat keuzes op hoofdlijnen te maken.

1.3 Verschil met EPL-nb

Het verschil met de EPL voor de nieuwbouw is vooral gelegen in de woningmaatregelen. De bestaande woningbouw kent een veel grotere diversiteit aan woningtypen en woningkwaliteit en mogelijkheden voor het treffen van maatregelen. Het deel buiten de woningen (de C-factor) is in de nieuwbouw en bestaande bouw gelijk.

1.4 Doel van dit rapport

Voorliggende rapportage beschrijft de *methodiek* EPL-bb. Hierin zijn rekenregels voor berekening van de EPL-bb aangegeven. Daarnaast wordt een aantal voorbeeldberekeningen uitgevoerd en standaardwaarden vastgesteld. Op basis van dit rapport kunnen adviseurs hun eigen modellen maken om de EPL-bb in de praktijk toe te passen.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de EPL-methode inclusief EPL-formules in hoofdlijnen uitgelegd. en wordt ingegaan op de methode om de energievraag op de meter te bepalen. Hoofdstuk 3 gaat in op de vraag hoe de EPL berekening praktisch moet worden uitgevoerd. In hoofdstuk 4 wordt een voorbeeld gegeven van hoe de systematiek in een concrete situatie kan werken. In hoofdstuk 5 tenslotte wordt ingegaan op de instrumenten waarmee de EPL op effectieve wijze kan worden ingezet. De bijlagen bevatten vele gegevens en toelichtingen.



2 De EPL-methode

In dit hoofdstuk wordt als eerste beschreven hoe de EPL formule is opgebouwd, en wat de referentiesituatie is in respectievelijk paragraaf 2.1 en 2.2. Vervolgens is in paragraaf 2.3 aangegeven hoe de energiegebruiken op de meter bepaald moeten worden. Deze energiegebruiken zijn belangrijke waardes om tot een EPL waarde te komen. Verder worden de energiegebruiken vermenigvuldigd met een correctiefactor, waarvan de hoogte afhankelijk is van onder andere het soort energiedrager. De correctiefactoren worden in paragraaf 2.4 toegelicht. In de laatste paragraaf tenslotte wordt ingegaan op de mogelijkheden om de EPL te verhogen.

2.1 EPL-formule

De EPL-formule bij de bestaande bouw is gelijk aan de EPL-formule bij de nieuwbouw:

$$EPL = 10 - 4x \frac{B_{locatie,keuze}}{B_{locatie,referentie}}$$

B = fossiele brandstofverbruik
keuze = de situatie waarvoor de EPL wordt berekend
referentie = referentiesituatie

$B_{locatie}$ is een sommering van het fossiele brandstofverbruik B_{gebouw} voor de woningen in een locatie:

$$B_{locatie} = \sum B_{gebouw}$$

B_{gebouw} wordt bepaald door de vraag naar energiedragers (op de meter van de woning) ten behoeve van licht-, kracht en verwarmingsfuncties, vermenigvuldigd met een correctiefactor voor de energiedrager:

$$B_{gebouw} = \sum E_{x,y} \times C_y$$

waarbij x staat voor de functies: kracht / licht
ruimteverwarming
tapwaterverwarming
en y voor de energiedragers: elektriciteit
gas
warmte

$E_{x,y}$ is de *berekende* energievraag op de meter voor functie x, per energiedrager y. Dus net als bij de EPL-nieuwbouw wordt uitgegaan van een vooraf berekend normverbruik en niet van het daadwerkelijke verbruik.

$E_{x,y}$ is de resultante van 2 typen maatregelen:

1 Keuze bouwkundige maatregelen, zoals isolatie.

2 Keuze gebouwinstallatie: het type conversieapparatuur in de woning, bijv. een VR- of een HR-ketel, een elektrische warmtepomp

e.d. Deze keuze houdt ook de keuze voor het type energiedrager (y) in.

Elke combinatie van deze 2 typen maatregelen leidt tot een specifieke energievraag $E_{x,y}$ op de meter.

C_y is de correctiefactor voor energiedrager y. Deze factor is een maat voor het brandstofverbruik (of brandstofinhoud) per GJ van de betreffende energiedrager. Niet elke energiedrager heeft dezelfde brandstofinhoud. De C-factor is afhankelijk van type drager, de distributieverliezen en de productiewijze. Per definitie geldt dat C_{aardgas} gelijk is aan 15. Alle andere C's van fossiele energiedragers zijn daarvan afgeleid. Voor energie afkomstig uit duurzame bronnen, zoals wind, zon, biomassa etc., heeft de C-factor de waarde 0. De C-factor heeft de dimensie [1/GJ] om het brandstofverbruik dimensieloos te maken.

Voor de hele locatie geldt de formule:

$$EPL = 10 - 4x \frac{(E_{x,y} \times C_y)_{\text{locatie, keuze}}}{(E_{x,y} \times C_y)_{\text{locatie, referentie}}}$$

2.2 Referentie

Als referentiesituatie (voor het bepalen van B_{ref} in de noemer van de EPL-formule) is gekozen voor een situatie die in grote lijnen overeenkomt met de referentiesituatie bij de EPL nieuwbouw. Dit referentiesituatie is een wijk voorzien van gas en elektriciteit en waarvan de kwaliteit van de woningen (wat betreft isolatie en installatie) overeenkomt met een EPC van 1,0.

Dit is concreet als volgt uitgewerkt:

De energievraag op de meter (E) in de referentiesituatie is gelijk aan de energievraag op de meter bij:

Energie Index (EI) = 0,5 met als rekenvariabelen: - binnentemperatuur = 18°C - ventilatiefactor = 1,0
--

De energievraag op de meter dient volgens de EPA methode berekend te worden.

Toelichting:

EI staat voor "Energie-Index". Dit is een index die speciaal voor de bestaande bouw is ontwikkeld en onderdeel uitmaakt van de EPA methodiek. De EI is een dimensieloos getal en een maat voor de energetische *kwaliteit* van een woning. Er geldt: hoe hoger de EI, hoe slechter de energetische kwaliteit van de woning. De EI is onafhankelijk van het specifieke bewonersgedrag. Dit is echter wel van invloed op de energievraag op de meter. De EI is dus van zichzelf géén maat voor het energiegebruik op de meter. Dit is de reden waarom de referentiesituatie hierboven niet alleen bestaat uit de waarde van de EI (=0,5), maar nog verder is gespecificeerd door ook nog twee rekenvariabelen toe te voegen, die specifiek te maken hebben met bewonersgedrag: binnentemperatuur en ventilatiefactor.



De waarden van de rekenvariabelen (binnentemperatuur = 18°C en ventilatiefactor = 1,0) corresponderen met de waarden die hiervoor gehanteerd worden in de EPC-methode voor nieuwbouwwoningen (binnentemperatuur en ventilatiefactoren zijn daar niet variabel, maar vast).

De keuze van bovenstaande referentiesituatie levert een energiegebruik op de meter op dat globaal overeenkomt met het energiegebruik bij EPC = 1,0. Zoals bekend is dit de referentie voor de EPL van nieuwbouwwoningen. De referentie van de EPL-bb en de EPL-nb zijn dus van dezelfde ordegrrootte, zij het dat beide met een andere index (EI = 0,5 versus EPC = 1,0) worden uitgedrukt.

2.3 Bepalen van de energievraag op de meter (E)

Om een EPL-waarde te kunnen berekenen, zijn twee energievragen op de meter van belang:

- 1 De energievraag op de meter in de referentiesituatie ($E_{\text{referentie}}$).
- 2 De energievraag op de meter in de keuzesituatie (E_{keuze}); deze keuzesituatie kan zowel zijn de huidige situatie als een nieuwe situatie waarin maatregelen zijn getroffen.

De energievraag op de meter is uiteraard afhankelijk van het specifieke woningtype: bouwtype, bouwjaar etc. Omdat in de bestaande bouw veel meer verschillende type woningen voorkomen dan in de nieuwbouw, zijn veel meer acties en berekeningen nodig om de EPL te bepalen. Om het instrument gebruiksvriendelijk te houden, is een eenvoudige en een uitgebreide methode ontwikkeld om de EPL te bepalen:

- 1 Eenvoudig via bekende energiegebruiken van 15 Referentiewoningtypen.
- 2 Uitgebreid via eigen berekeningen volgens de EPA methodiek.

ad 1: via Novem referentiewoningen

De Referentiewoningen zijn veelvoorkomende woningtypen vastgesteld in opdracht van Novem. Afmetingen, huidige woningkwaliteit en energiegebruikgegevens van deze woningtypen zijn bekend. De Novem referentiewoningen kunnen worden gebruikt als de woningen in de wijk hiermee overeenkomsten vertonen. De gebruiker dient dan in kaart te brengen hoe vaak elk type referentiewoning in de wijk voorkomt. Als indicatie voor het energiegebruik op de meter van de woningen in de wijk, kan dan simpelweg het energiegebruik van de referentiewoning worden genomen. Voor de Referentiewoningen is namelijk een dataset ontwikkeld met de energievraag op de meter in de referentiesituatie en in een groot aantal keuzesituaties. Elke keuzesituatie is een combinatie van een pakket bouwkundige maatregelen en een installatieconcept². Deze verbruiken zijn berekend volgens de EPA methodiek. Welke invoergegevens bij referentiewoning 10 zijn gebruikt staan in bijlage A. In bijlage B van deze rapportage zijn de energiegebruiken op de meter opgenomen voor referentiewoning 10.

² Overigens is de combinatie van bouwkundige pakketten en gebouwinstallaties niet geheel willekeurig: dit moet op een logische manier gebeuren, zoals een elektrische warmtepomp wordt pas toegepast als de woning kierdicht is, etc.

Bouwkundige pakketten

Voor de bouwkundige pakketten bestaat de keuze uit een gemiddelde huidige situatie (= Novem referentiewoningen) en vier verdergaande bouwkundige besparingspakketten. Uit bijlage A, waarin de EPA invoervariabelen voor zijn opgenomen, blijkt hoe de pakketten precies zijn opgebouwd.

Installatieconcepten

Uit bijlage A blijkt ook hoe de installatieconcepten precies zijn opgebouwd.

In het rapport worden de volgende installatieconcepten gehanteerd:

- gemiddelde huidige situatie met gasgestookte installatie (cf. Referentiewoningen Novem);
- gemiddelde huidige situatie bij toepassing warmtelevering;
- zes verdergaande installatie-concepten gecombineerd met verschillende energiedragers.

Nieuwbouwnorm: besparingsniveau 4

In de tabel met energiegebruiken in bijlage B is aangegeven met welk bouwkundig pakket en welke woninginstallatie de norm voor nieuwbouw (EPL = 6,0) te halen is. Om de norm te halen in de bestaande bouw kunnen verschillende combinaties van bouwkundige pakketten en installatieconcepten worden toegepast. In bijlage D is een lijst opgenomen met 5 besparingsniveaus. Besparingsniveau 4 is gelijk aan de nieuwbouwnorm. De lijst geeft een voor de hand liggende combinatie van een bouwkundige pakket en installatieconcept waarbij dit niveau wordt behaald. Bij sommige type woningen worden twee alternatieve combinaties gegeven. Een andere mogelijkheid om de norm te halen is het (gedeeltelijk) toepassen van schone of schonere energiedragers.

ad 2: via berekeningen volgens de EPA methodiek

Voor woningen in de wijk die niet overeenkomen met een referentiewoningen, dient de gebruiker zelf, *volgens een vast stramien*, de energievraag op de meter in de referentiesituatie en in de keuzesituaties berekenen.

De berekening van de energievraag op de meter dient te worden uitgevoerd volgens de EPA-methode, waarbij de keuze van de rekenvariabelen binnentemperatuur en ventilatiefactor aan bepaalde regels gebonden is. De ventilatiefactor is verplicht 1,0. De binnentemperatuur is een functie van de bouwkundige kwaliteit van de woning, in de EPA-systematiek uitgedrukt als Energie-Index (EI), volgens de volgende formule³:

$$T = 22,3 - 8,3 * EI$$

Voor het bepalen van de EI wordt daarnaast uitgegaan van een woning met aardgas CV, met HR-107 en een ventilatiefactor van 1.

Referentiesituatie:

De gebruiker vult de woningkenmerken (oppervlakken) en de bouwkundige maatregelen van pakket 4 en installatieconcept 4 met gas in het EPA-rekenprogramma. Als binnentemperatuur en ventilatiefactor moeten worden ingevuld respectievelijk 18 graden en 1,0. De resulterende energievraag op de meter (gas en elektriciteit) worden genoteerd.

³ De formule is tot stand gekomen door linearisering van de het gebied tussen "huidig" waarbij een gemiddelde binnentemperatuur geldt van 13°C en "norm" oftewel de situatie waarbij de bestaande woning een EI heeft van 0,5 en een binnentemperatuur van 18°C.



Keuzesituatie:

Stap 1: bepaling binnentemperatuur

De gebruiker vult de woningkenmerken (oppervlakken) en de gekozen bouwkundige maatregelen in de EPA-rekenprogramma. Als installatieconcept moet verplicht worden ingevuld gasconcept 1 volgens bijlage A. De resulterende EI wordt ingevuld in de formule voor de binnentemperatuur gekozen (zie hierboven). Resultaat: binnentemperatuur bij het gekozen bouwkundig pakket.

Stap 2: bepaling energievraag op de meter

De binnentemperatuur die het resultaat was van stap 1 wordt ingevuld. Nu kan ook het installatieconcept worden gevarieerd. De resulterende energievragen op de meter die het EPA-programma berekent, zijn de benodigde rekenvariabelen voor de EPL-berekening.

Verder elektriciteitsverbruik in de wijk

Bij de energievragen in beide situaties, referentie en keuze, moet ook nog het niet-gebouwgebonden elektriciteitsgebruik worden opgeteld (verbruik van apparaten), en het elektriciteitsverbruik buiten het gebouw (voor bemaalingen en openbare verlichting). Hoe dat moet worden berekend is beschreven in bijlage B.

2.4 Bepalen van de correctiefactor brandstofinhoud (C-factor)

Voor de C-factor geldt dat deze op dezelfde wijze wordt bepaald als bij de nieuwbouw. Voor de referentiesituatie (EPC 1,0 met gas en elektriciteit) gelden daarom de volgende C-factoren:

- voor aardgas 15;
- voor elektriciteit 29,9.

De C-factoren van keuzesituaties (b.v. warmtekracht, warmtepompen etc inclusief distributieverliezen) zijn gelijk aan de C-factoren bij nieuwbouw. Deze zijn opgenomen in bijlage C.

Tabel 1 C-factoren van enkele varianten

Elektriciteit	
- standaard	29,9
- 50% duurzaam	15
- 100% duurzaam (b.v. wind, PV)	0
Gas	
- standaard	15
- 50% duurzaam	7,5
- 100% duurzaam (b.v. stortgas)	0
Warmte	
- gasmotor	12
- grote warmtepomp	11
- grote STEG (stadsverwarming)	6

2.5 Mogelijkheden om de EPL te verhogen

Verhoging van de EPL betekent verlaging van het fossiele brandstofverbruik. Daarvoor zijn twee aangrijpingspunten, de E (energiegebruik) en de C (correctiefactor voor de brandstofinhoud). In Tabel 2 zijn enkele voorbeelden gegeven voor beide punten.

Tabel 2 Mogelijkheden tot verhoging van de EPL

lage energievraag (E)	<ul style="list-style-type: none"> • lagere energievraag (van deel) van de woningen <ul style="list-style-type: none"> - bouwkundige maatregelen - HR-ketel - warmteterugwinning - toepassing PZE - zonneboilers • eigen duurzame energiesystemen (PV)
lage fossiele brandstofinhoud (C-factor)	<ul style="list-style-type: none"> • levering (duurzame) warmte • levering duurzame elektriciteit • levering waterstofgas • levering biogas • beperken distributieverliezen • gebruik opslagsystemen • hoge productierendementen

3 Hoe werkt de EPL-bb in de praktijk?

3.1 Wie zijn de partijen?

De EPL-bb is bedoeld om overheden en andere betrokken partijen een instrument in handen te geven waarmee de kwaliteit van de energievoorziening van een bestaande wijk in een rapportcijfer tot maximaal 10 kan worden uitgedrukt. Sterke kant van het instrument is de keuzevrijheid in de te treffen maatregelen. De gemeente kan bijvoorbeeld wel een ambitieniveau bepalen, maar legt daarmee nog niet vast hoe die bereikt moet worden. Die invulling kan worden overgelaten aan andere partijen zoals projectontwikkelaars woningbouwcorporaties, netbeheerders en energiebedrijven. De bewoners zullen waarschijnlijk geen partij zijn bij onderhandelingen over de manier waarop de gestelde EPL score kan worden behaald. Het gaat namelijk om een grote groep en ze zijn niet georganiseerd. Wel is het een partij waarmee tijdens proces rekening gehouden moet worden. In bepaalde fases kan ook van hen medewerking of inspraak nodig zijn.

3.2 Presentatievorm EPL-bb

Bij de aanpak van bestaande woonwijken wordt vaak zowel sloop en nieuwbouw gepleegd als renovatie van woningen. Voorkomen moet worden dat er door met locatiegrenzen te schuiven, gestuurd kan worden op de uitkomst van de EPL. Bijvoorbeeld door aan een bestaande wijk ook een stukje nieuwbouw te voegen om daarmee de totaalscore te verbeteren. Daarom is ervoor gekozen dat naast de EPL voor de hele locatie ook altijd de EPL's voor (sloop +) nieuwbouw en bestaande bouw (renovatie) apart moeten worden vermeld. Dus voor een herstructureringsgebied wordt eerst een EPL-huidig bepaald met vermelding van het aantal woningen, vervolgens de EPL-bb, renovatie en de EPL-nb beide met vermelding van het aantal woningen.

Tabel 3 Presentatievorm EPL-bb

Locatie Voorbeeld	Aantal woningen	EPL
Oude situatie	750	3.2
Nieuwe situatie:	477	5.9
- opgeknapte bestaande woningen	375	5.6
- nieuwe woningen	102	7.1

3.3 Uitvoeren berekening EPL

Zoals hierboven genoemd, moeten per locatie steeds minimaal 2 en soms 3 EPL-berekeningen worden uitgevoerd:

- 1 EPL huidige situatie.
- 2 EPL nieuwe situatie: renovatie van bestaande woningen.
- 3 Optioneel: EPL nieuwe situatie: nieuwbouw.

We stellen voor om per locatie twee berekeningsslagen uit te voeren:

- 1 Globaal: op basis van Novem Referentiewoningen.
- 2 Indien gewenst: nauwkeuriger op basis van werkelijke woningtypen.

Deze laatste optie is facultatief en m.n. relevant wanneer de woningtypen in de praktijk sterk afwijken van de Novem Referentiewoningen.

De indeling van de Novem referentiewoningen is weergegeven in Tabel 4. De afmetingen van de woningen zijn beschreven in [2].

Tabel 4 Indeling Novem Referentiewoningen

Bouwjaarklasse ►	≤ 1945	1946-1965	1966-1975	1976-1979	1980-1988
Woningtype ▼					
Vrijstaande woningen	1		8		
twee-onder-één kapwoningen	2		9		
Rijteswoningen (tussen- en hoek/eindwoningen)	3	4	10	11	12
Galerijwoningen	5		13		
Portiekwoningen	6		14		
Bovenwoningen en woningen met centrale ontsluiting	7		15		

Van de Novem Referentiewoningen zijn de afmetingen en indeling precies bekend [2].

Om de drie EPL-berekeningen te kunnen uitvoeren is informatie nodig over:

Berekening	Benodigde informatie
EPL huidige situatie	<ul style="list-style-type: none"> - energievraag op de meter in de huidige situatie - C-factoren in de huidige situatie - energievraag op de meter in de referentiesituatie - C-factoren in de referentiesituatie (gedefinieerd als 15 voor gas en 30 voor elektriciteit)
EPL nieuwe situatie renovatie	<ul style="list-style-type: none"> - energievraag op de meter in de nieuwe situatie - C-factoren in de nieuwe situatie - energievraag op de meter in de referentiesituatie - C-factoren in de referentiesituatie (gedefinieerd als 15 voor gas en 30 voor elektriciteit)
EPL nieuwe situatie nieuwbouw	<ul style="list-style-type: none"> - energievraag op de meter in de nieuwe situatie - C-factoren in de nieuwe situatie - energievraag op de meter in de referentiesituatie - C-factoren in de referentiesituatie (gedefinieerd als 15 voor gas en 30 voor elektriciteit)

Bij de globale methode moet uitgegaan worden van de energievraag op de meter uit de dataset voor Referentiewoningen; bij de nauwkeuriger methode (andere woningtypen) moet de methode gevolgd worden die beschreven is in paragraaf 2.3.

In de subparagrafen hieronder wordt ingegaan op de benodigde gegevens per type berekening, globaal of nauwkeurig.

3.3.1 Globale berekening

Voor de globale berekening zijn de volgende stappen nodig:

- 1 Afbakening van de wijk.
- 2 Bouwtypologie van de wijk opnemen: verdeling over de Referentiewoningen (bouwjaar en type).
- 3 Energietyptologie van de wijk opnemen: wat is het huidige besparingsniveau in termen van de standaard-besparingspakketten die in de EPL-bb methodiek zijn beschreven: hieruit kan E_{keuze} worden afgeleid.
- 4 Uitvoeren 3 berekeningen: EPL-huidige situatie, EPL-nieuwe situatie nb, EPL-nieuwe situatie bb.

1 Afbakening van de wijk

De EPL-bb kan worden berekend voor een groep bestaande woningen op een locatie. Glastuinbouw en industrie worden niet betrokken in de reken-systematiek. In tegenstelling tot bij de EPL-nb wordt utiliteit op dit moment niet betrokken in de EPL-bb, omdat het aantal woningtypen veel uitgebreider is dan bij de nieuwbouw. Dit kan in een later stadium nog worden toegevoegd.

2 Bouwtypologie opnemen

Nagaan bij gemeente en/of woningcorporatie met welke Referentiewoningen (type + bouwjaar) de woningen in de locatie globaal overeenkomen.

3 Energietyptologie opnemen

Huidige situatie: in de meest simpele berekening wordt er voor de huidige energetische situatie van uitgegaan dat het pakket 'huidig' van toepassing is. Dit is de energetische situatie van de Referentiewoningen. Als bekend is dat de woningen al aanzienlijk meer maatregelen zijn uitgevoerd, wordt voor de huidige situatie één van de vier standaardpakketten model gesteld. Deze pakketten zullen nog nader beschreven worden. Nieuwe situatie: als nieuwe situaties wordt een keuze gemaakt uit de standaard-besparingspakketten (mix van bouwkundige pakketten en gebouwinstallaties).

3.3.2 Nauwkeurige berekening

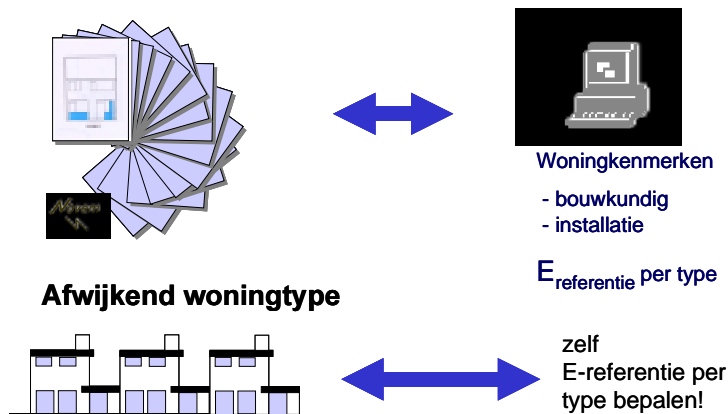
Deze berekening is met name nodig wanneer de woningen in de wijk sterk afwijken van de Referentiewoningen en men toch een precies beeld wil krijgen van de EPL en mogelijkheden voor brandstofbesparing. De stappen zijn in principe hetzelfde als bij de globale berekening, alleen het detailniveau waarop de informatie wordt verzameld is anders. De wijk wordt niet samengesteld uit Referentiewoningen, maar uit eigen woningen, en voor de energievraag op de meter wordt niet uitgegaan van de Novem Referentiewoningen, maar dit wordt aan de hand van de specifieke woningkenmerken zelf berekend met behulp van het EPA-programma volgens de methode in paragraaf 2.3. Wat de meest geschikte manier is om de informatie te verzamelen over de huidige bouw- en energietypologie van de wijk is afhankelijk van beschikbare informatie, tijd en budget.

In sommige situaties zal een combinatie van methodes ook effectief zijn:

- informatie van woningbouwverenigingen;
- vragenlijst aan bewoners;
- meten.

Wanneer informatie van woningbouwverenigingen beschikbaar is, kan deze worden gebruikt. Eventueel kan deze informatie worden aangevuld met een vragenlijst aan de bewoners. Bij het versturen van een vragenlijst moet wel beseft worden dat de vragen niet te ingewikkeld en te arbeidsintensief kunnen zijn. Een laatste manier is dat een (bijvoorbeeld EPA-) deskundige metingen uitvoert, waarbij voor ieder type enkele woningen worden doorgemeten en als voorbeeld kunnen gelden voor de resterende woningen. Daarbij moeten een specifieke binnentemperatuur (afhankelijk van de bouwkundige kwaliteit van de woning) en een ventilatiefactor van 1,0 worden gehanteerd. Als voor de wijk al EPA-berekeningen zijn uitgevoerd met andere binnentemperatuur en ventilatiefactor moet deze hiervoor gecorrigeerd worden voordat ze gebruikt kunnen worden in de EPL-berekening.

Figuur 1 Twee methodes om het energiegebruik op de meter te berekenen

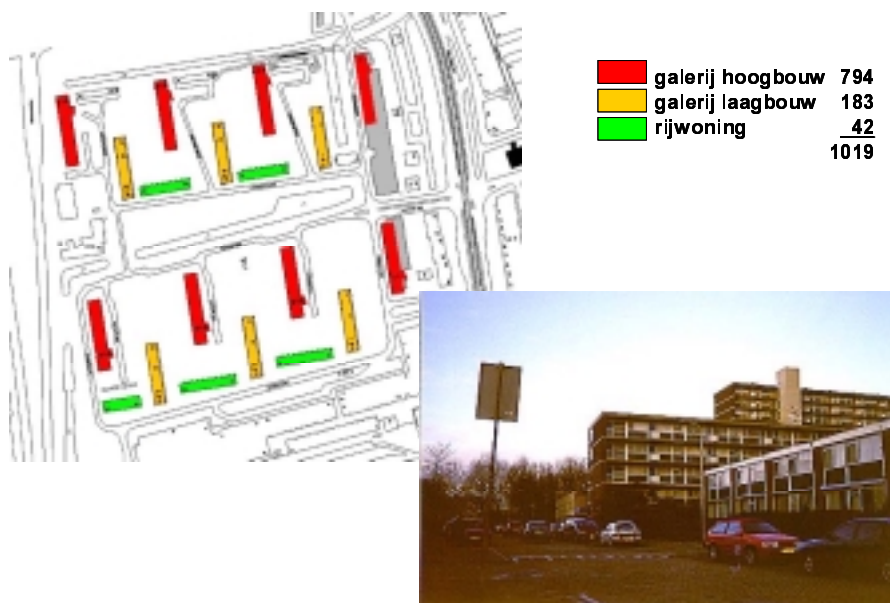


4 Voorbeeldberekening

In dit hoofdstuk laten we eerst zien hoe een bestaande wijk kan worden beschouwd en geven we aan welke EPL-waarden globaal te realiseren zijn in de bestaande bouw.

4.1 Voorbeeldgebied

Figuur 2 Illustratie van het voorbeeldgebied



Globale methode

Bovenstaande wijk omvat 1019 woningen. De EPL wordt bepaald op basis van twee referentietypen. De galerij-hoogbouw en de galerij-laagbouw woningen worden toegedeeld aan referentietype 13: galerij-woning van 1966 tot en met 1988. Het basisniveau voor dit type is een ongeïsoleerde vloer, gevel en dak. De basisinstallatie bestaat uit een collectieve CV ketel.

De rijwoningen met plat dak worden toegedeeld aan referentietype 10: Rijtjeswoning van 1966 tot en met 1975. Alle berekeningen worden hierop gebaseerd.

Uitgebreide methode

Uit de praktijkopname van de wijk blijkt, dat de hoogbouw woningen wel redelijk overeenkomen qua afmetingen aan de referentiewoningen, maar ze zijn al voorzien zijn van extra gevelisolatie en isolerend glas. De installatie is een individuele CV-combiketel. Voor dit type woning dient een ander basispakket te worden gekozen als uitgangspunt voor de bepaling van de EPL. De laagbouw-galerijwoningen zijn kleiner dan het referentietype. Men kan er voor kiezen om de portiekwoningen als referentie te nemen of zelf een dataset te ontwikkelen aan de hand van een nieuw type referentiewoning.

De rijtjeswoningen zijn toegedeeld aan referentietype 10: rijtjeswoning van 1966 tot en met 1975. De referentiewoningen bestaan uit twee lagen met een geïsoleerde kap. De woningen uit de wijk bestaan uit drie lagen met een

geïsoleerd plat dak. De afmetingen van de woningen en het basisniveau voor de energetische kwaliteit komen redelijk overeen met het referentietype. Men kan er in dit geval voor kiezen om zelf een referentietype te ontwikkelen.

In de nauwkeurige methode komt men dan uit op drie woningtypen, waarvan men er twee zelf heeft samengesteld.

Het kiezen van een eigen referentiewoningtype heeft over het algemeen weinig invloed op de EPL. Een ander basisniveau kan wel veel invloed hebben op de EPL in de uitgangssituatie en op de mogelijkheid om extra maatregelen te treffen.

4.2 Berekening energievraag

In Tabel 5 en Tabel 6 staan de brandstofverbruiken van de wijk bij toepassing van de verschillende bouwkundige pakketten. Er is sprake van een conventionele energievoorziening op basis van gas en elektriciteit. De energievragen zijn berekend door DWA.

Tabel 5 Energievraag op de meter referentiewoning 10 bij verschillende bouwkundige pakketten en bestaand installatieconcept

	huidig	pakket					referentie
		1	2	3	4	5	
Totaal gas (GJ/won.jr) ¹	61	52	46	43	42	40	30
gebouwwgebonden elek, (GJ/won.jr) ²	5	5	5	5	5	5	6
niet gebouwwgebonden elek, (GJ/won.jr) ³	12	12	12	12	12	12	12
utilitair elek (GJ / won) ⁴	1	1	1	1	1	1	1
totaal elek (GJ/ won/jr)	18	18	18	18	18	18	19

1 Bijlage B: tabel 16 (vermenigvuldigd met $35,10 \cdot 10^{-3} \text{ MJ/m}^3$)

2 Bijlage B: tabel 16 (vermenigvuldigd met $3,6 \cdot 10^{-3} \text{ MJ/kWh}$)

3 Bijlage B: $4 + A_g \times 0,06$ ($A_g = 138,6 \text{ m}^2$)

4 Bijlage B: 0,54 GJ per jaar, per woning

Tabel 6 Energievraag op de meter referentiewoning 13 bij verschillende bouwkundige pakketten en bestaand installatieconcept

	huidig	pakket					referentie
		1	2	3	4	5	
Totaal gas (GJ/won.jr)	33	27	24	22	21	20	10
gebouwwgebonden elek, (GJ/won.jr)	3	3	3	3	3	3	4
niet gebouwwgebonden elek, (GJ/won.jr)	9	9	9	9	9	9	9
utilitair elek (GJ / won)	1	1	1	1	1	1	1
totaal elek (GJ/ won/jr)	13	13	13	13	13	13	13

Voor de 1.019 woningen is de energievraag in de huidige situatie als volgt⁴:

Gas: 42 woningen * 61 GJ + (794+183) woningen * 33 GJ = 34.766 GJ
 Elektriciteit: 42 woningen * 18 GJ + (794+183)woningen * 13 GJ = 13.127 GJ

De referentie is:

Gas: 42 woningen * 30 GJ + (794+183) woningen * 10 GJ = 11.241 GJ
 Elektriciteit: 42 woningen * 19 GJ + (794+183) woningen * 13 GJ = 13.397 GJ

4.3 C-factor

Standaard is de c-factor van gas 15 en van elektriciteit 30. Indien 50% duurzame elektriciteit wordt gebruikt wordt de c-factor van elektriciteit 50%*30 = 15. In Tabel 7 en Tabel 8 is weergegeven wat de EPL is wanneer de woningpakketten worden gecombineerd met de standaard gas en elektriciteit-levering en met 50% duurzame elektriciteit en 10% duurzaam gas (ecogas).

Tabel 7 EPL bij verschillende pakketten van woningmaatregelen + conventioneel gas en elektriciteit

	huidig	pakket 3	referentie
Gas (GJ/wijk.jr)	34.766	23.048	11.241
Elektriciteit (GJ/wijk.jr)	13.127	13.127	13.127
B (hele wijk)	913.982	738.216	569.189
EPL	3,6	4,8	6,0

Tabel 8 EPL bij verschillende pakketten van woningmaatregelen + conventioneel gas en 50% duurzame elektriciteit

	huidig	pakket 3	referentie
Gas (GJ/wijk.jr)	34.766	23.048	11.241
Elektriciteit (GJ/wijk.jr)	13.127	13.127	13.397
B (hele wijk)	717.079	541.313	569.189
EPL	5,0	6,2	6,0

⁴ De uitkomst van de som wijkt iets af door afronding van de energiegebruikscijfers.

Renovatie en nieuwbouw in één wijk

Bij wijken waar een deel van de bestaande voorraad wordt vervangen door nieuwbouwwoningen geldt, dat er een uitsplitsing wordt gemaakt in de EPL voor de bestaande woningen en de nieuwbouwwoningen.

In het onderstaande voorbeeld is weergegeven hoe de EPL-waarden gepresenteerd kunnen worden.

Voorbeeld:

Locatie	Aantal woningen	EPL
Oude situatie	1.019	3,8
Nieuwe situatie	949	5,2
gerenoveerde woningen	847	5,0
nieuwe woningen	102	7,4

Deze weergave wordt voorgesteld, omdat zo inzichtelijk is, op welke wijze de EPL is opgebouwd. Bestaande gerenoveerde woningen hebben over het algemeen een veel lagere energetische kwaliteit en een hoger energiegebruik ten opzichte van nieuwbouw. Daardoor zal de EPL-bestaande bouw lager uitvallen. De nieuwbouw kan dat slechts ten dele compenseren.



5 Instrumenten voor een effectieve EPL-bb

Alleen de keuze van de gewenste EPL-score is in de praktijk nog niet voldoende om deze score ook te realiseren. Daarvoor zijn aanvullende instrumenten nodig, bijvoorbeeld op het gebied van het verdelen van verantwoordelijkheden tussen diverse partijen (woningeigenaren, corporaties, energiebedrijven, gemeente, etc). In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gedaan aan de rijksoverheid om de effectiviteit van de EPL te vergroten.

5.1 Situatie met EPL nieuwbouw

De EPL nieuwbouw wordt op dit moment vooral toegepast als vrijwillig instrument voor keuze van de energievoorziening en als monitoringsinstrument om locaties onderling te vergelijken. De realisatie van een bepaalde EPL-score is niet wettelijk (publiekrechtelijk) afdwingbaar. Wel kunnen er privaatrechtelijk afspraken gemaakt worden voor het realiseren van *delen* van de EPL. De scheidslijn binnen de EPL is als volgt:

- **Binnen de woning (E, energievraag op de meter):** deze wordt beïnvloed door de gevraagde energiefuncties (energiebehoefte), de gebouwinstallaties en de bouwkundige staat van de woning. Op dit terrein biedt de EPC-methodiek mogelijkheid om afspraken te maken, al blijft het een kwestie van onderhandelen of men een lagere EPC weet te bereiken dan de wettelijk voorgeschreven EPC-norm (EPN).
- **Buiten de woning (C-factor):** Hier gaat het om distributie, transport en productie van energiedragers uit fossiele brandstoffen en duurzame bronnen. Dit deel van de EPL is het moeilijkst vast te leggen. Keuze van het soort infrastructuur (met name de keuze tussen gas- of warmteinfrastructuur) is in principe wel beïnvloedbaar⁵, maar de milieukwaliteit van de energiedragers die via deze infrastructuur worden geleverd, is daarmee nog niet te sturen. Alleen in het geval van een warmtenet is het redelijk makkelijk om hierover (privaatrechtelijke) afspraken te maken, omdat de (enige) leverancier van de warmte bekend is. Bij gas en elektriciteit zijn afspraken hierover heel moeilijk, omdat deze in principe worden betrokken van een wijdverbreid net en bewoners (binnenkort) vrij zijn in de keuze van leverancier en dus ook van milieukwaliteit. Sommige gemeenten hebben voor dit laatste wel oplossingen bedacht. Bijvoorbeeld in de locatie Nijmegen Waalsprong is in het koopcontract van de woningen middels een kettingsbeding vastgelegd dat er elektriciteit met een bepaalde milieukwaliteit moet worden ingekocht (bij NUON; het gaat om een contract voor duurzaam opgewekte stroom).

5.2 Verantwoordelijkheden

De twee delen van de EPL, binnen en buiten de woning, zijn in de praktijk ook van elkaar gescheiden wat betreft verantwoordelijkheden van partijen. Dit is de reden waarom het in de huidige constellatie lastig is om de EPL als geheel met één partij af te spreken. Deze partij moet dan namelijk zeggenschap hebben over zowel maatregelen in de woningen (EPN), als erbuiten (infrastructuur, keuze energiedragers). In de praktijk is zo'n partij er meestal niet. Zie Tabel 9.

⁵ Bijvoorbeeld met behulp van het Besluit Aanleg Energie-Infrastructuur.

Tabel 9 Verdeling van verantwoordelijkheden voor onderdelen van de EPL

	Ruimteverwarming	Tapwater	Kracht
Energiebehoefte	Gebouweigenaar + bewoner	Gebouweigenaar + bewoner	Bewoner
Bouwkundige maatregelen voor vraagverlaging	Gebouweigenaar	Gebouweigenaar	Gebouweigenaar
Gebouwinstallatie	Gebouweigenaar	Gebouweigenaar	Bewoner
Distributie	Netwerkbedrijf	Netwerkbedrijf	Netwerkbedrijf
Transport	Netwerkbedrijf	Netwerkbedrijf	Netwerkbedrijf
Milieukwaliteit energiedrager (productie)	<i>bij verwarming met elektriciteit en/of gas:</i> bewoner (> 2003, liberalisering) <i>bij verwarming met warmte:</i> Meestal leverancier		Bewoner

Opmerkingen:

Voor de functie 'kracht' (elektrische apparaten) beslist de bewoner zowel over de functionele energievraag, de installaties als de milieukwaliteit van de energiedrager (hij kan kiezen of hij 'gewone' of 'groene' elektriciteit koopt). Voor de functie 'kracht' is bij de EPL-nb reeds de keuze gemaakt om de vraag naar deze functie als forfaitaire waarde op te nemen, omdat de EPL niet als doel heeft om het gedrag in de gebruiksfase te sturen. De enige factor die voor deze functie nog te sturen is, is de C-factor.

Voor de milieukwaliteit van energiedragers is de bewoner verantwoordelijk, omdat hij zelf zijn leverancier kan kiezen (liberalisering gas- en elektriciteitsmarkt), behalve bij warmtelevering, waar de bewoner in de praktijk geen keuze meer kan maken (behalve in het enkele geval dat hij kan kiezen voor groene warmte in de vorm van boekhoudkundige levering).

Naast verantwoordelijken zijn vele partijen *betrokken* bij de keuzes die de eindverantwoordelijke neemt. Met name de gemeente is een belangrijke partij die niet verantwoordelijk is voor een van de onderdelen, maar wel een belangrijke rol kan spelen. De praktijk in de bestaande bouw laat zien dat ook projectontwikkelaars vaak een trekkende rol spelen voor meerdere onderdelen. Welke partijen betrokken zijn, is aangegeven in Tabel 10.

Tabel 10 Partijen die **betrokken** (kunnen) zijn bij de onderdelen van de EPL

	Ruimteverwarming	Tapwater	Kracht
Energievraag + bouwkundige maatregelen voor vraagverlaging	Gemeente, eigenaar, bewoner	Gemeente, eigenaar, bewoner	Bewoner
Gebouwinstallatie	Gemeente, eigenaar, bewoner, installateur	Gemeente, eigenaar, bewoner, installateur	Gemeente, eigenaar, bewoner, installateur
Distributie	Gemeente, eigenaar, bewoner, netwerkbedrijf, energieleverancier	Gemeente, eigenaar, bewoner, netwerkbedrijf, energieleverancier	Gemeente, eigenaar, bewoner, netwerkbedrijf, energieleverancier
Transport	Gemeente, netwerkbedrijf, energieleverancier	Gemeente, netwerkbedrijf, energieleverancier	Gemeente, netwerkbedrijf, energieleverancier
Milieukwaliteit van energiedragers	Gemeente, netwerkbedrijf, energieleverancier, energieproducent	Gemeente, netwerkbedrijf, energieleverancier, energieproducent	Gemeente, netwerkbedrijf, energieleverancier, energieproducent



5.3 Huidige doelen en instrumenten voor bestaande bouw

Doelstelling

Als algemene beleidsdoelstelling op het gebied van energie geldt (cf. Derde Energielenota, 1995): t.o.v. 1995 33% energiebesparing in 2010 en 10% duurzame energie in 2020. In principe moeten alle sectoren in de samenleving een bijdrage leveren aan het realiseren van deze energiedoelstelling, maar in de non-exposed sectoren, waaronder woningbouw, zal de bijdrage relatief groot moeten zijn.

Instrumenten

In het beleid van VROM, het ministerie dat in de eerste plaats beleidsverantwoordelijkheid is voor de bestaande woningbouw, wordt het convenant met marktpartijen als een steeds belangrijker instrument gezien. In de convenanten worden algemene prestatie-afspraken gemaakt met marktpartijen, waar de marktpartijen vervolgens zelf uitvoering aan moeten geven. Dit instrument komt in de plaats van regelgeving.

Enkele relevante convenanten die al zijn gesloten of nog in voorbereiding zijn, zijn:

- Nationaal Akkoord Wonen: convenant met corporaties over zowel stedenbouwkundig (EPL) als bouwkundig niveau (EPA), in ontwikkeling;
- Klimaatconvenant/BANS.

Daarnaast zijn er afspraken gemaakt met de gemeenten in het kader van het stedelijke vernieuwingsbeleid ISV. Een van de belangrijkste elementen van ISV is dat VROM afstand neemt van de uitvoering van het proces van stedelijke vernieuwing door gemeenten voor meerdere jaren een totaalbudget toe te kennen. De gemeenten mogen de uitvoering zelf vormgeven, zolang ze voldoen aan de prestatie-afspraken die ze met het rijk hebben gemaakt in hun Meerjaren Ontwikkelings Programma's. Ook energie is hierin een onderwerp, zij het beperkt (geen prioriteit). Afspraken over energie hierin zullen aan het eind van de ISV-periode worden getoetst.

5.4 Discussie

Essentie van de EPL is dat maatregelen op verschillende niveaus van de energievoorziening inwisselbaar zijn. Doel is uiteindelijk om brandstofbesparing te bereiken door middel van een *goede afweging* van maatregelen op verschillende niveaus: gebouw, infrastructuur en energiedragers. Daarbij is het nog een vraag of er onbeperkte vrijheid mag zijn tussen de onderdelen van de EPL, zodat een slechte score op bijvoorbeeld de energievraag gecompenseerd kan worden door een zeer goede score op de milieukwaliteit, of dat er minimumeisen gesteld worden per onderdeel.

Als de overheid in de bestaande bouw de EPL effectief wil in (laten) zetten, moet er voor partijen die betrokken zijn bij de bestaande bouw vrijheid zijn om deze afweging ook daadwerkelijk te kunnen maken. Dat wil zeggen, maatregelen op verschillende niveaus moeten niet alleen op papier haalbaar zijn, maar ook praktisch afdwingbaar.

Idealiter moet elk van de partijen bij de afweging van opties alle mogelijke opties in de energieketen betrekken - ook die waar hij niet zelf over beslist -, waarbij natuurlijk voorkomen moet worden dat elke partij de keuze bij technieken legt die een andere partij moet treffen.

Het huidige (generieke) overheidsbeleid - dat zich kenmerkt door het maken van algemene prestatie-afspraken met gemeenten en corporaties -, is naar de mening van de onderzoekers nog onvoldoende om deze afweging te kunnen maken en tegelijk een forse energiebesparing te kunnen realiseren, die nodig is om overheidsdoelstellingen te halen (Derde Energienota: 33% energiebesparing in 2010 en 10% duurzame energie in 2020). Naar de mening van de onderzoekers is hiervoor aanvullend instrumentarium nodig.

Bij het kiezen van aanvullende instrumenten specifiek voor de bestaande bouw, zal goed bekeken moeten worden of hiermee voldoende belang gecreëerd kan worden om:

- 1 Een forse EPL-verbetering te bereiken.
- 2 De gewenste *afweging* te maken tussen bouwmaatregelen, infrastructurele maatregelen en inzet van schone energiedragers.

Belang wordt bijvoorbeeld gecreëerd met goede convenanten (met afdwingbare sancties), goede regelgeving (reële eisen aan de juiste partijen), relevante subsidies (het bedrag staat in goede relatie tot de extra inspanning of extra kosten) en juiste fiscale prikkels (voelbare relatie tussen kosten en baten). Verder is voorlichting een instrument dat vooral in aanvulling op andere instrumenten effectief kan zijn.

Als het de overheid serieus is om een flinke stap met de EPL in de bestaande bouw te maken, dan zijn naar ons idee **regelgeving en/of subsidies** minimaal noodzakelijk om voldoende belang hiervoor te creëren. Daarbij moet dan wel als randvoorwaarde gelden dat één partij eindverantwoordelijk is voor de EPL en dat die partij maatregelen op alle niveaus kan afdwingen (bijv. met contracten). Alleen zo kan er namelijk echt uitgewisseld worden.

In de voorstudie die TNO-bouw en CE in 1999 hebben uitgevoerd naar handhaving van de EPL-nieuwbouw [5] is een methode ontworpen om én de EPL te handhaven én deelverantwoordelijkheden bij verschillende partijen te leggen. In die voorstudie is een opsplitsing gemaakt in drie onderdelen:

- 1 Bouwkundige vraag.
- 2 Gebouwinstallatie.
- 3 Milieukwaliteit energiedrager (c-factor).

Het is zeer goed denkbaar om voor elk onderdeel een aparte eis te laten gelden (maximale energievraag per m² bruto vloeroppervlak; minimaal rendement van de gebouwinstallatie, minimale milieukwaliteit) en tegelijkertijd een eis bij één van de partijen neer te leggen om een minimale EPL-score te realiseren.

Als verantwoordelijke partij denken we in eerste instantie aan de *gebouweigenaar*. Hij staat namelijk vrijwel aan het eind van de energieketen en krijgt daardoor als bewoner alle kosten voor z'n eigen rekening of berekent als verhuurder alle kosten door aan de bewoner. (Hoewel de bewoner als gebruiker echt aan het eind van de energieketen staat⁶, is hij toch minder ge-

⁶ In het *ideale* geval zou de EPL opgelegd moeten worden aan de bewoner omdat hij aan het einde van de energieketen staat en zodoende alle kosten voor maatregelen uiteindelijk bij hem terechtkomen, zowel die van bouwmaatregelen, infrastructuur als productie van energiedragers. De bewoner kan dan een afweging maken of hij, in zijn specifieke geval, kiest (betaalt) voor extra isolatie, een zonnecombi, groene elektriciteit e.d. Dit heeft echter ook beperkingen, omdat niet alle opties altijd voorhanden zijn. Een bewoner kan bijvoorbeeld niet in z'n eentje voor warmtelevering kiezen. Ook de keuze van bouwmaatregelen (bouwkundig en installatie) is niet altijd aan hem, tenzij hij ook gebouweigenaar is. Hij betaalt dus wel de kosten, maar maakt geen keuze voor het type maatregelen.



schikt als eindverantwoordelijke, omdat hij minder keuzes in handen heeft dan de gebouweigenaar.) Tegelijk met het beleggen van deze verantwoordelijkheid bij de gebouweigenaar, moeten ook het netwerkbedrijf en de energieleverancier geprikkeld worden om schone(re) energiedragers te leveren, alsmede installateurs om efficiëntere gebouwinstallaties te leveren. Dit zal in de praktijk zowel bottom-up - door de gebouweigenaar - als top-down door de overheid moeten gebeuren.

Hoe dat in de praktijk kan werken is beschreven in onderstaand kader.

Voorbeeld van hoe de verantwoordelijkheid voor de EPL-bb in de praktijk vorm kan krijgen:

De gebouweigenaar krijgt de verplichting en/of financiële stimulans om een bepaalde EPL te realiseren en moet aan de gemeente verantwoording afleggen over verschillende varianten en de uiteindelijke keuze hoe hij dit gaat realiseren. Hij zal verschillende varianten (laten) opstellen en met energieleveranciers, aannemers, installateurs e.d. zoeken naar de optimale oplossing. Bij elk van de berekeningen zal een 'life-time' analyse verplicht worden gesteld (EPL + kosten bewoner). De gebouweigenaar sluit met marktpartijen contracten over de verschillende onderdelen van de EPL.

5.5

Samenvatting

De EPL is meer dan alleen een meetlat. Essentie van de EPL is dat er een uitwisseling mogelijk is tussen maatregelen op verschillende niveaus van de energievoorziening. Om de EPL effectief in te zetten, is het nodig aanvullend instrumentarium te ontwikkelen waarmee voldoende belang gecreëerd kan worden om:

- 1 Een forse EPL-verbetering te bereiken.
- 2 De gewenste *afweging* te maken tussen bouwmaatregelen, infrastructurele maatregelen en inzet van schone energiedragers.

Het huidige overheidsinstrumentarium voor de bestaande bouw, dat voornamelijk bestaat uit het sluiten van convenanten waarin algemene prestatieafspraken worden gemaakt, is hiervoor nog ontoereikend, want te algemeen en niet leidend tot een afweging tussen maatregelen op verschillende niveaus van de energievoorziening.

Naar onze mening zijn extra **regelgeving en/of subsidies** minimaal noodzakelijk om voldoende belang hiervoor te creëren. Deze kunnen aangrijpen zowel op niveau van de hele EPL als op het niveau van onderdelen van de EPL (bouwkundige vraag, gebouwinstallatie, milieukwaliteit energiedragers). Daarbij moet dan wel als randvoorwaarde gelden dat één partij eindverantwoordelijk is voor de EPL en dat die partij maatregelen op alle niveaus kan afdwingen (bijv. met contracten). Alleen zo kan er namelijk echt uitgewisseld worden.



Literatuur

- |1| EPL, het energiebesparinginstrument bij de zorg voor een optimale energie-infrastructuur, Novem-brochure
Boels, ir. L.B.M.M., drs. S.A.H. Moorman, ir. F.J. Rooijers, ir. T.T. van der Werff, ir. J. Verlinden
CE, Delft, mei 1999

- |2| Eerste generatie referentiewoningen bestaande bouw + bijlagen
Slot, B, C. van den Berg, G. Hutjes, L. Bader, B. Jablonska (Damen Consultants), J. Roos (CE)
CE/Damen Consultants, november 2000

- |3| BEK '97
Huiskamp, G.E.
EnergieNed, Arnhem, juli 1998

- |4| TNO/CE, relatie EPN en EPL, 1994



CE

**Oplossingen voor
milieu, economie
en technologie**

Oude Delft 180
2611 HH Delft
tel: 015 2 150 150
fax: 015 2 150 151
e-mail: ce@ce.nl
website: www.ce.n

EPL bestaande woningbouw

systematiek

Bijlagen

Eindrapport

Delft, december 2001

Opgesteld door: Frans Rooijers (CE)
Saeda Moorman (CE)
Freek den Dulk (Piode)
Hans Buitenhuis (DWA)





A EPA invoergegevens referentiewoning 10

Algemeen

In deze bijlage staan de invoergegevens die zijn gebruikt om de meterstanden in referentiewoning 10 (rijtjeswoning '66-'76) in verschillende situaties te berekenen. De situaties worden gevormd door combinaties van besparingspakketten en installatieconcepten. Verder is het energiegebruik van de referentiewoning zoals Novem die heeft opgesteld weergegeven en het verbruik in de referentiesituatie. Omdat de EPA invoer en uitvoergegevens met energiegebruiken vrij omvangrijk zijn, zijn in deze bijlage alleen voor referentiewoning 10 gegevens opgenomen.

Bouwkundige pakketten

De bouwkundige pakketten zijn afgeleid uit de literatuur [2]. In principe is het aantal bouwkundige 'pakketten' eindeloos. Bij de keuze van deze pakketten hebben we ons laten leiden door de volgende criteria:

- de pakketten moeten daadwerkelijk toepasbaar zijn in de genoemde woningtypen, dus geen fysieke onmogelijkheden (bijv. er moet in de woning voldoende ruimte beschikbaar zijn om de maatregel uit te voeren);
- de pakketten op zichzelf en ook in volgorde zijn logisch: in de praktijk is het goed denkbaar dat men deze maatregelen en volgorde van pakketten zo uitvoert.

De bouwkundige pakketten zijn globaal gesproken voor iedere referentiewoning gelijk. Hier en daar wijken referentiewoningen onderling af, omdat niet iedere maatregel geschikt is voor ieder type woning. In het algemeen zien de pakketten er als volgt uit:

pakket 1: HR++ glas

pakket 2: spouw en vloerisolatie

pakket 3: dakisolatie, kieren, vulpanelen

pakket 4: kieren (plus), dak vloer en panelen 2,5

pakket 5: kieren (extra), vloer 3, dak 4, gevel 3,5, deuren 2,1

Installatieconcepten

De gebouwinstallatie voert de conversie uit van energiedrager die de woning binnenkomt naar gewenste energiefunctie. Er is een veelheid aan verschillende systemen te bedenken om in de vraag naar warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater te voorzien. Voor dit onderzoek zijn 6 installatieconcepten uitgewerkt, op basis van literatuur [2]. Indien gekozen wordt voor een afwijkend concept, dan zullen met EPA nieuwe berekeningen moeten worden uitgevoerd om de energievraag te bepalen.

Combinaties van pakketten en concepten

De gebouwinstallatie moet worden gecombineerd met een bouwkundig pakket. Niet alle combinaties zijn mogelijk. Bijvoorbeeld de concepten 5 en 6 kunnen alleen worden gecombineerd met een verdergaand bouwkundig pakket (3 of 4). Van de bruikbare combinaties wordt in bijlage B de energievraag op de meter (in referentie- en keuzesituaties) gegeven.

Energievoorziening

Tenslotte zijn gegevens berekend voor twee verschillende type energievoorzieningen:

- of de woningen zijn aangesloten op een (conventionele) energievoorziening, namelijk het gasnet en het elektriciteitsnet;
- of de woningen zijn aangesloten op een klein- of grootschalig warmtenet (inclusief een collectieve installatie zoals een blokverwarming).

De EPA invoergegevens zijn in de tabellen op de volgende pagina's opgenomen.

Tabel 11 Kenmerken rijtjeswoning '66 - '76

type woning	10
aantal bewoners	3
gebruiksoppervlak	<u>opp [m²]</u>
begane grond	52,1
verdieping	52,1
zolder	34,4



Tabel 12 Bouwpakketten, EPA invoer rijtjeswoning '66-'76

		Referentiewoning	pakket 1		pakket 2		pakket 3		pakket 4		pakket 5	
constructie	Opp [m ²]	Rc [m ² K/W]	Rc [m ² K/W]		Rc [m ² K/W]		Rc [m ² K/W]		Rc [m ² K/W]		Rc [m ² K/W]	
vloer boven kruip-ruimte	55,7	0,173	0,173		1,423		1,423		2,500		3,000	
vloer boven AOR												
vloer boven buiten												
dak hellend	64	0,860	0,860		0,860		2,110		2,500		4,000	
dak plat	1,7	0,870	0,870		0,870		2,870		2,870		4,000	
gevel buiten	31,4	0,434	0,434		1,341		1,341		1,341		3,500	
gevel buiten												
gevel AOR												
vulpaneel	4,8	0,244	0,244		0,244		0,843		2,500		2,500	
beglazing (4)	Opp [m ²]	oriëntatie	U [W/m ² K]	ZTA	U [W/m ² K]	ZTA	U [W/m ² K]	ZTA	U [W/m ² K]	ZTA	U [W/m ² K]	ZTA
glas	7,1	n	5,1	0,8	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6
glas		o	5,1	0,8	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6
glas	9,5	z	5,1	0,8	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6
glas	7,8	n	2,9	0,7	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6
glas		o	2,9	0,7	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6
glas	8,4	z	2,9	0,7	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6	1,64	0,6
glas												
glas												
deuren	Opp [m ²]	U [W/m ² K]	U [W/m ² K]		U [W/m ² K]		U [W/m ² K]		U [W/m ² K]		U [W/m ² K]	
deuren voorgevel	1,4	3,5	3,5		3,5		3,5		3,5		2,1	
deuren zijgevel	1,3	3,5	3,5		3,5		3,5		3,5		2,1	
deuren AOR		3,5	3,5		3,5		3,5		3,5		2,1	
kierdichting (3)	Qv10 [dm ³ /m ² /s]											
		3,400	3,400		3,400		1,900		1,300		0,800	

Tabel 13 Installatieconcepten, EPA invoer rijtjeswoning '66-'76

		ref. won.	concept 1	Concept 2	concept 3	concept 4	concept 5	concept 6
Ruimteverwarming								
soort vwtoestel	(1)	vr	hr107	hr107	hr107	hr107	wpaq	wpaq
collectief	ja/nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
binnen schil	ja/nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
aanvoertemperatuur > 55 °C	ja/nee	ja	ja	ja	ja	nee	nee	nee
individuele bemetering	ja/nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
beperking leidinglengte	ja/nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
leidingisolatie	ja/nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
optimale regeling	ja/nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
pompschakeling	ja/nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
warmtapwater								
soort vwtoestel	(2)	tapvr	taphr	taphr	taphr	taphr	wpc	wpsc
douche	ja/nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
bad	ja/nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
vaatwasser	ja/nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
beperking leidinglengte ww	ja/nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee
leidingisolatie ww	ja/nee	nee	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Ventilatie								
nat/mech/gebald	0/1/2	0	0	0	2	2	2	2
Gelijkstroomventilator	ja/nee	nee	nee	nee	ja	ja	ja	ja
rendement wtw	0=geen	0	0	0	0,9	0,9	0,9	0,9
zonne-energiesystemen								
Zonneboiler	m ²	0	0	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Pvpanelen	m ²	0	0	0	0	0	0	4

Tabel 14 Defaults, EPA invoer rijtjeswoning '66-'76

aantal woningen in complex	1
zolder verwarmd	ja
serre	nee
ruimteverwarming	
warmtapwater	
spaadouchekop	nee
keukenboiler	nee
hotfill	nee
zonneboiler	
oriëntatie zb	ZO
kanteling zb	30
zonnegascombi	nee
pvpanelen	
soort pv (kristallijn/amorf)	kristallijn
oriëntatie pv	ZO
kanteling pv	30



Toelichting op voorgaande tabellen:

(1)

cr = CR-ketel

vr = VR-ketel

hr100=HR-100 ketel

hr104=HR-104 ketel

hr107=HR-107 ketel

wpbww = warmtepomp met bww

wpaq = warmtepomp met aquifer

wkk = gebouwgebonden WKK

wlvr = warmtelevering

gask = gaskachel

elek = elektrische kachel

(2)

coll = collectief

tapcr = combitap CR

tapvr = combitap VR

taphr = combitap HR

geis = keukengeiser

badg = badgeiser

vatcr = combivat CR

vatvr = combivat VR

vathr = combivat HR

gasb = gasboiler

elb = elektrische boiler > 20 liter

wpb = warmtepompboiler

wpc = combiwarmtepomp

wpsc = cascadowarmtepomp

(3) Gemiddelde luchtdoorlatendheid

per m ² gebruiksoppervlak			
Zie Damen tabel 6:		kierdichting:	
	Qv10 [dm ³ /m ² /s]	ja	nee
Eensgezins met hellend dak		1,9	3,4
Eensgezins met plat dak		1,4	1,7
Portiek / etage		1,375	1,5
Galerijflat / hoogbouw		1,375	1,375

(4) Oriëntaties

n, no, o, zo, z, zw, w, nw



B Energievraag op de meter referentiewoning 10

In deze bijlage staat voor referentiewoning 10 een overzicht van de energievragen op de meter bij alle realistische combinaties van bouwkundige maatregelen en gebouwinstallatie zoals beschreven in bijlage A.

Er wordt onderscheid gemaakt in 3 typen elektriciteitsverbruik:

- 1 Gebouwgebonden elektriciteitsverbruik:
Dit is elektriciteit voor verlichting, ventilatoren, hulpenergie (cv-pomp e.d.) (N.B. Dit is het enige elektriciteitsverbruik dat wordt meegenomen in EPA-berekening).
- 2 Niet-gebouwgebonden elektriciteitsverbruik:
Dit is het overig elektriciteitsverbruik: huishoudelijke apparaten. Hiervoor geldt een forfaitaire waarde, afgeleid uit BEK [3]. Het elektriciteitsverbruik is gerelateerd aan het aantal bewoners per huishouden en minder aan de grootte van de woningen. Toch hebben we een relatie gelegd met de grootte van de woning omdat er wel een relatie tussen de woningtypes en het aantal personen per huishouden. De afwijking bij hantering van onderstaande formule is beperkt en acceptabel.
(N.B. Het niet-gebouwgebonden elektriciteitsverbruik wordt niet meegenomen in EPA.)

Voor het bepalen van het niet-gebouwgebonden elektriciteitsverbruik wordt de formule gebruikt:

$$Elek_{\text{niet-gebouwgebonden}} = 4 + Ag * 0,06 \text{ [GJe/jaar]}$$

waarbij

Av = gebruiksoppervlak van de woning [m^2] zoals deze gebruikt wordt in EPA.

Deze formule wordt zowel gehanteerd voor de 15 referentiewoningen als voor zelf te bepalen woningen.

- 3 Utilitair elektriciteitsverbruik:
Dit is het elektriciteitsverbruik voor openbare verlichting en bemalingen. In navolging van de EPL nieuwbouw wordt dit gesteld op 150 kWh per woning (0,54 GJ per woning).

B.1 Referentiesituatie

$E_{\text{referentie}}$ is de energievraag waarmee bij een conventionele energievoorziening op gas en elektriciteit een EPL van 6 wordt gescoord. $E_{\text{referentie}}$ bestaat uit een energievraag op de meter van de woning, uitgesplitst naar de twee mogelijke energiedragers: gas, elektriciteit. (Bij de keuzesituatie E_{keuze} is er ook de mogelijkheid om de energiedrager warmte te kiezen, bij de referentiesituatie is deze keuze er niet).

$E_{\text{referentie}}$ is gelijk is aan de berekende energievraag op de meter die correspondeert met een EI van 0,5 bij een conventionele energievoorziening met aardgas en elektriciteit.

Tabel 15 Bepaling energiegebruik in referentiesituatie (EI=0,5)

Ag	138,6	Gebruiksoppervlak [m ²]
As	176,39	Oppervlakte schil [m ²]
Qtot	46407	Totaal energiegebruik als EI=0,5 [MJ prim]
Qel	16299	Elektriciteitsgebruik als EI=0,5 [MJ prim]
Qgas	30107	Gasgebruik als EI=0,5 [MJ prim]
Elek	1766	Elektriciteitsgebruik als EI=0,5 [kWh]
Gas	856	Gasgebruik als EI=0,5 [m ³]
Brandstof	642	Brandstof als EI=0,5 [-]

Tabel 16 Energiegebruik op de meter van rijtjeswoning '66-'76

Installatieconcept	Energiedrager	Bouwkundige pakketten											
		Bestaand		Pakket 1		Pakket 2		Pakket 3		Pakket 4		Pakket 5	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Bestaand	Gas [m³]	1740	0	1471	0	1320	0	1212	0	1186	0	1146	0
	Elek. [kWh]	1258	1068	1258	1068	1258	1068	1258	1068	1258	1068	1258	1068
	Warmte [GJ]	0	58	0	51	0	46	0	43	0	43	0	42
	Brandstof [-]	1054	798	912	710	832	661	775	626	761	617	740	604
Concept 1	Gas [m³]	1445	0	1230	0	1109	0	1021	0	1001	0	969	0
	Elek. [kWh]	1184	1068	1184	1068	1184	1068	1184	1068	1184	1068	1184	1068
	Warmte [GJ]	0	56	0	48	0	45	0	42	0	41	0	40
	Brandstof [-]	890	770	776	686	712	640	666	606	655	598	639	586
Concept 2	Gas [m³]	1318	0	1103	0	982	0	894	0	874	0	842	0
	Elek. [kWh]	1184	1068	1184	1068	1184	1068	1184	1068	1184	1068	1184	1068
	Warmte [GJ]	0	50	0	43	0	39	0	36	0	36	0	34
	Brandstof [-]	823	706	709	622	645	575	599	542	588	534	572	521
Concept 3	Gas [m³]	1144	0	923	0	790	0	658	0	613	0	544	0
	Elek. [kWh]	1766	1650	1766	1650	1766	1650	1766	1650	1766	1650	1766	1650
	Warmte [GJ]	0	44	0	37	0	33	0	28	0	27	0	25
	Brandstof [-]	793	701	677	615	607	564	537	513	514	496	477	469
Concept 4	Gas [m³]	1080	0	875	0	751	0	629	0	587	0	523	0
	Elek. [kWh]	1766	1650	1766	1650	1766	1650	1766	1650	1766	1650	1766	1650
	Warmte [GJ]	0	43	0	36	0	32	0	28	0	26	0	24
	Brandstof [-]	760	684	652	603	587	554	522	506	500	489	466	463
Concept 5	Gas [m³]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Elek. [kWh]	4215	1650	3727	1650	3433	1650	3142	1650	3042	1650	2889	1650
	Warmte [GJ]	0	43	0	36	0	32	0	28	0	26	0	24
	Brandstof [-]	454	684	401	603	370	554	338	506	328	489	311	463
Concept 6	Gas [m³]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Elek. [kWh]	4079	1912	3592	1912	3297	1912	3007	1912	2907	1912	2753	1912
	Warmte [GJ]	0	34	0	27	0	23	0	19	0	17	0	15
	Brandstof [-]	439	606	387	525	355	476	324	428	313	411	296	385

Toelichting op tabel:

gearceerde cellen: combinaties van bouwpakketten en installatieconcepten die in de praktijk niet voorkomen

donkere cellen: het verbruik op de meter is lager dan het verbruik in de referentiesituatie. De EPL is dus groter dan 6,0

A: Standaard energie voorziening (gas en elektriciteit)

B: Warmtelevering door WK STEG (50 Mwe)



C Correctiefactor brandstofinhoud (C)

C.1 Inleiding

De correctiefactor, C-factor, van een bepaalde energiedrager komt overeen met de koolstofinhoud van de primaire energie die nodig is om 1 GJ energie aan de meter te leveren. De C-factor is recht evenredig met de corresponderende CO₂-emissie. De C-factor wordt als volgt berekend:

$$C - \text{factor} = \frac{M_c \times \alpha}{\eta_{\text{omzetting}} \times \eta_{\text{distributie}}} \quad [1/\text{GJ}]$$

M_c	= fossiele koolstofmassa primaire energiedrager [kg/GJ]
α	= factor met waarde 1 en dimensie [1/kg]
$\eta_{\text{omzetting}}$	= omzettingsrendement installaties buiten het gebouw
$\eta_{\text{distributie}}$	= transport- en distributierendement tot aan de meter

De C-factor kan op drie manieren worden verlaagd:

- 1 Door een energiedrager te kiezen met een lage fossiele koolstofinhoud (lage M_c).
- 2 Door het omzettingsrendement ($\eta_{\text{omzetting}}$) te verhogen.
- 3 Of door de transport- en distributieverliezen te verkleinen ($\eta_{\text{distributie}}$).

Indien men voor de inzet van uitsluitend duurzame bronnen kiest (dus $M_c=0$), dan is de C-factor gelijk aan nul. In dit geval hebben de omzettingsrendementen en de distributieverliezen geen invloed meer op de hoogte van de EPL. De EPL stuurt dus uitsluitend het fossiele brandstofverbruik en *niet* het duurzame energiegebruik. Dit is voorlopig ook niet nodig omdat de hoge prijs voor duurzame energie er voor zorgt dat energieverspilling van duurzame elektriciteit beperkt wordt. Wel stuurt de EPL de *toepassing* van duurzame bronnen.

Onderstaand worden de C-factoren voor de verschillende dragers in verschillende situaties berekend. Uitgangspunt bij de bepaling van de C-factoren is dat de C-factoren voor elektriciteit en gas landelijk uniform zijn. Hiervoor is gekozen omdat bijvoorbeeld een bepaalde elektriciteitscentrale niet eenduidig aan een bepaalde locatie kan worden toegerekend. C-factoren voor warmtelevering daarentegen zijn wel locatiespecifiek omdat een bepaalde warmteproductie-eenheid eenduidig aan een locatie toe te kennen is.

C.2 C-factoren voor elektriciteit

De C-factor van het elektriciteitsverbruik is gebaseerd op de beste techniek om elektriciteit mee te produceren. Op dit moment is dat een STEG-centrale waar aardgas met een rendement van 54% wordt omgezet in elektriciteit. Rekeninghoudend met dit rendement en de transport- en distributieverliezen ontstaat een C-factor voor elektriciteit van 30.

In de EPL-systematiek is de C-factor van elektriciteit niet te veranderen door lokale partijen door bijvoorbeeld te gaan rekenen met elektriciteit uit een kerncentrale of een waterkrachtcentrale in Zwitserland. Alleen de lokale productie van elektriciteit met zonnecellen of windmolens of biomassa maakt

het mogelijk te rekenen met "duurzame elektriciteit" waarvan de C-factor gelijk is aan nul. Aantoonbaar zal de duurzame energie uit deze installaties gebruikt moeten worden in de locatie zelf.

In Tabel 17 zijn de betreffende C-factoren weergegeven.

Tabel 17 C-factoren voor elektriciteit

Installatie	M_C [kg/GJ _{in}]	$\eta_{\text{omzetting}}$ [%]	$\eta_{\text{distributie}}$ [%]	C-factor
best beschikbare techniek ¹⁾	15	54	93	30
Duurzame bronnen	0	n.v.t.	n.v.t.	0

¹⁾ STEG (250 MW_e): [Sept, 1997]

C.3 C-factoren voor gas

Er zijn naast aardgas nog enkele andere gassen denkbaar die in nieuwe woonwijken gedistribueerd kunnen worden. Uitgangspunten zijn ook hier weer de fossiele brandstofinhoud van de bronnen en de transport- en distributieverliezen. Voor gas zijn deze verliezen gelijk aan 0. In Tabel 18 zijn voor enkele gassen de C-factoren gegeven.

Tabel 18 C-factoren voor verschillende gassen

Gas	M_C [kg/GJ _{in}]	$\eta_{\text{omzetting}}$ [%]	$\eta_{\text{distributie}}$ [%]	C-factor
Aardgas	15	100	100	15
H ₂ uit aardgas	18 ²⁾	100	100	18
H ₂ uit aardgas met CO ₂ -opslag	8 ³⁾	100	100	8
Ecogas ¹⁾ uit duurzame bronnen	0	100	100	0

¹⁾ Onder 'Ecogas' wordt hier waterstof verstaan dat met minimale CO₂-emissies naar de lucht is geproduceerd uit duurzame bronnen.

²⁾ Deze waarde geeft aan hoeveel koolstof in de vorm van CO₂ naar lucht wordt geëmitteerd tijdens en ten behoeve van de waterstofproductie.

³⁾ De exacte waarde is afhankelijk van het gekozen productieproces en van de eventuele afvang en opslag van CO₂. De berekeningen hier zijn gebaseerd op [Blok, 95]. Deze waarden zijn slechts indicatief omdat een dergelijk productieproces nog niet operationeel is.

C.4 C-factoren voor warmte

De daadwerkelijke C-factoren voor warmtelevering zijn afhankelijk van de specifieke installaties en van de lokale situatie. De volgende componenten zijn van invloed op de uiteindelijke C-factor.

M_C fossiele koolstofmassa primaire brandstof [kg/GJ]

Er zijn zowel warmteproducerende installaties op aardgas (bijna alle WK-installaties, hulpwarmte-installaties), op elektriciteit (grote elektrische warmtepompen), op kolen (b.v. de Amercentrale) als op duurzame energiebronnen. Steeds geldt dat de brandstof die (extra) gestookt wordt om de warmte ter beschikking te krijgen bepalend is voor het berekenen van de C-factor. De eventueel vrijkomende elektriciteit wordt verrekend in het omzettingsrendement door de brandstof-input te verminderen met de uitgespaarde brandstof die nodig zou zijn geweest om die elektriciteit te produceren met de best beschikbare techniek.



Omzettingsrendement installaties

Bij alle warmteproducerende installaties (WK, warmtepomp, aardwarmte, zonnewarmte) is het thermisch rendement van de installatie de hoofdfactor voor het bepalen van het omzettingsrendement. Daarnaast wordt de eventueel vrijkomende elektriciteit gecompenseerd (WK-installaties).

Thermisch rendement

Het thermisch rendement wordt bepaald door de nuttige warmte [GJ] te delen door de energie-input (brandstof of elektriciteit) waarvoor de M_C geldt.

Compensatie

Er zijn twee factoren van invloed op de compensatie: ten eerste het elektrisch rendement van de WK-installatie, ten tweede het aantal uren dat de WK-installatie alleen elektriciteit produceert.

Het brandstofverbruik voor de elektriciteitsproductie van de WK-installatie wordt in mindering gebracht op het brandstofverbruik voor de warmteproductie. Hierbij wordt het brandstofverbruik bepaald alsof deze elektriciteit door een elektriciteitscentrale met de best beschikbare techniek zou zijn geproduceerd.

Als de WK-installatie ook elektriciteit produceert wordt eerst bepaald hoeveel GJ/jr dat is, stel dat X GJ/jr is dan wordt hiermee aan brandstof uitgespaard $X / (0.54 \times 0.97)$. De 54% is het productierendement van de beste techniek om elektriciteit te produceren, de 97% is het transportrendement om de elektriciteit in de wijk te krijgen. De resulterende waarde wordt afgetrokken van de bruto-input.

Een aantal WK-installaties produceert een deel van het jaar alleen elektriciteit zonder warmte, dit gebeurt dan vaak tegen een lager elektrisch rendement dan de best beschikbare techniek om alleen elektriciteit te produceren. Het extra brandstofverbruik dat afhankelijk is van het aantal draaiuren elektriciteitproductie en het verschil in elektrisch rendement tussen de betreffende WK-installatie en de referentie wordt daarom ook toegerekend aan de warmteproductie.

$$\text{compensatie} = \text{bruto - input} \times \frac{U_1}{U_2} \times (\eta_1 - \eta_2)$$

U_1 = aantal uren volledig elektrisch

U_2 = aantal uren warmtelevering (=4.000)

η_1 = referentie elektrisch rendement (inclusief verschil in transportrendement)

η_2 = elektrisch rendement WK-installatie bij volledige elektriciteitsproductie

Het berekende "omzettingsrendement" van de WK-installatie kan op deze manier boven de 100% komen.

Alle installaties die warmte produceren buiten het gebouw maken gebruik van hulpwarmte-installaties die veelal gevoed worden met aardgas. Afhankelijk van de bedrijfsvoering en dimensionering van de hoofdinstallatie wordt in de praktijk 10 tot 30% hulpwarmte geleverd. In Tabel 19 zijn de percentages voor verschillende installaties weergegeven.

Transport- en distributierendement tot aan de meter

Er zijn twee componenten die het totale warmteverlies bepalen: de transportverliezen (percentage) en de distributieverliezen (een absolute waarde). De transportverliezen zijn alleen van toepassing voor de grote warmteleveringsprojecten (stadsverwarming) en bedragen 15% van de aan de locatie te leveren warmte.

Daarnaast wordt voor alle warmteleveringssystemen gerekend met een vast verlies aan warmte per gebouw volgens de formule:

$$W_{\text{verlies}} = 10 \times \frac{(T_{\text{gemiddeld}} - 10)}{70}$$

Voor systemen die warmte leveren op lage temperatuur (gemiddeld 50°C)⁷ is dit 5 GJ/jr. Bij een hogere gemiddelde temperatuur wordt het verlies groter.

Tabel 19 Gegevens van warmteproducerende installaties, exclusief distributieverliezen

Installatie	M _C [kg/GJ _{in}]	η _{omzetting} [%]	η _{transport} [%]
Hulpwarmte	15	100	-
WK-STEG 250 MW _e	15	420	85
AVI	15	275	85
kolencentrale met restwarmte-benutting	36	275	85
Gasmotor	15	153	-
grote elektrische warmtepomp ¹⁾	30	380	-
grote elektrische warmtepomp ²⁾	0	n.v.t.	-
grootschalig zonnearmsysteem ¹⁾	30	3300	-

¹⁾ Gebruikmakend van elektriciteit opgewekt met de best beschikbare techniek

²⁾ Gebruikmakend van duurzaam opgewekte elektriciteit.

Bronnen:

- hulpwarmte: [CE,94a]
- WK-STEG (250 MW_e): [Kema,94]
- AVI: [A00,95]
- kolencentrale: gemiddelde bijstookfactor Amer8 en 9 bedraagt 0,36 [EPZ,97]
- gasmotor: [Hens,95]
- warmtepomp: [CE,95]
- grootschalig zonnearmsysteem: [Wees,94].

Voor het bepalen van de C-factoren van de verschillende warmteproducerende installaties wordt vervolgens gerekend met het aandeel hulpwarmte overeenkomstig de volgende formule:

$$C - \text{factor} = \left(\frac{(1 - \mu) M_{C,WK}}{\eta_{\text{omzetting,WK}}} + \frac{\mu M_{C,HWK}}{\eta_{\text{omzetting,HWK}}} \right) \times \frac{1}{\eta_{\text{distributie,totaal}}}$$

⁷⁾ In alle waarden die in deze rapportage worden gebruikt wordt, voor zover relevant, uitgegaan van een warmteverlies van 5 GJ/jr. De waarden zijn dus alleen geldig voor een warmtedistributiesysteem dat een gemiddelde temperatuur heeft van 50°C of lager.



Tabel 20 Overzicht C-factoren warmtelevering bij een EPC=1,0- c.q. EI=0,5¹

C-factor	aandeel hulpwarmte μ [%]	C-factor incl. distributieverliezen en hulpwarmte
gasmotor	20	13,5
WK-STEG (50 MW _e)	10	11,8
WK-STEG (250MW _e)	10	6,1
Kolencentrale	10	13,2
AVI	10	8,4
grote elek. warmtepomp	20	11,3
biomassa WK-installatie	20	3,5
grootschalig zonnestelsel	20	4,1

¹ Omdat de verliezen bij een lage warmtevraag, dus een lage bouwkundige kwaliteit, relatief groter zijn dan bij een hoge warmtevraag, is de C-factor afhankelijk van de hoogte van de EI.

Voorbeeld

Hierna zijn enkele voorbeelden gegeven van de wijze waarop de C-factor voor warmtelevering wordt berekend. Als eerste voorbeeld is een grote elektrische warmtepomp gekozen.

Warmteproductie met Grote Elektrische warmtepomp		
Productiegegevens	referentierendement elektrisch	54%
	productierendement elektrisch WK ¹	-
	productierendement thermisch WK	380%
	omzettingsrendement WK	380%
	productierendement volledig elektrisch WK	-
	aantal uren WK volledig elektrisch (u/jr)	-
	warmteverlies per woningequivalent (GJ/weq)	5
	transportrendement	100%
	M-waarde input	29,9
	percentage hulpwarmte	20%
	productierendement thermisch (HWK)	100%
Toelichting berekening C-factor warmtelevering		
	aantal woningequivalenten	1019
	vraag warmtelevering [GJ/jr]	23258
	vraag + verlies [GJ/jaar]	28353
	aandeel HWK [GJ/jaar]	5671
	input HWK [GJ/jaar]	5671
	aandeel WK [GJ/jaar]	22682
	bruto-input WK [GJ/jaar]	5969
	verrekening elektriciteitsproductie [GJ/jaar]	0
	elektr. productie zonder warmte [GJ/jaar]	0
	netto-input WK [GJ/jaar]	5969
	C-factor	11,3

¹ WK = warmte- en eventueel kracht producerende installatie, in dit geval een elektrische warmtepomp (alleen warmteproductie)

In het bovenste deel van de tabel zijn de input-waarden vermeld waarmee gerekend moet worden om de C-factor te bepalen.

Stapsgewijs volgen we de berekening van de C-factor in het onderste deel van de tabel:

aantal woningequivalenten

dit aantal is nodig bij het bepalen van het warmteverlies dat 5 GJ/woninequivalent (inputwaarde, afhankelijk van het temperaturniveau van het warmteleveringssysteem) bedraagt. het hier genoemde aantal is afkomstig uit het voorbeeld in hoofdstuk 5: 42 rijwoningen, 794 hoogbouwoningen en 183 laagbouwoningen.

vraag warmtelevering [GJ/jr]

dit is de warmtevraag die bij een bepaald aantal woningen en gekozen bouwkundige kwaliteit optreedt. De hier genoemde waarde is afkomstig uit het voorbeeld in hoofdstuk 5. $42 \cdot$

vraag + verlies [GJ/jaar]

de warmtevraag wordt vermeerderd met het aantal woningequivalenten vermenigvuldigd met het warmteverlies, oftewel:
 $23.258 + 1.019 \times 5 = 23.258 + 5.095 = 28.353$ GJ/jr.

aandeel HWK [GJ/jaar]

als inputwaarde is aangegeven dat de hulpwarmteketel (HWK) 20% van de warmtevraag dekt, dit is $28.353 \times 20\% = 5.671$ GJ/jr.

input HWK [GJ/jaar]

om de gewenste warmte uit de HWK te krijgen moet worden gedeeld door het rendement op onderwaarde, oftewel 100% zodat 5.671 GJ/jr van de betreffende energiedrager nodig is. Voor de HWK is dat aardgas met een C-factor van 15.

aandeel WK [GJ/jaar]

hier wordt aangegeven hoeveel warmte met de WK (= warmte- en eventueel krachtproducerende installatie, in dit geval een elektrische warmtepomp) moet worden geproduceerd, namelijk de totale warmtevraag verminderd met het door de HWK te leveren aandeel. In dit geval moet door de warmte-installatie $28.353 - 5.671 = 22.682$ GJ/jr worden geleverd.

bruto-input WK [GJ/jaar]

om de gewenste warmte uit de WK te krijgen moet worden gedeeld door het thermische rendement op onderwaarde, oftewel 380% en door het transportrendement (in dit geval 100% omdat de installatie in de wijk staat) zodat 5.969 GJ/jr van de betreffende energiedrager nodig is. Hier wordt gesproken over bruto-input omdat er nog twee verrekeningswaarden zijn die leiden tot de netto-input.

verrekening elektriciteitsproductie [GJ/jaar]

Als de WK-installatie ook elektriciteit produceert wordt eerst bepaald hoeveel GJ/jr dat is, in dit voorbeeld 0, maar stel dat dat X GJ/jr is dan wordt hiermee aan brandstof uitgespaard $X / (0.54 \times 0.93)$. De 54% is het productierendement van de beste techniek om elektriciteit te produceren, de 93% is het transport- en distributierendement om de elektriciteit in de wijk te krijgen. De resulterende waarde wordt afgetrokken van de bruto-input.

elektriciteit productie zonder warmte [GJ/jaar]

Sommige WK-installaties produceren een deel van het jaar alleen elektriciteit en geen warmte, maar met een rendement dat meestal lager is dan geproduceerd met de beste techniek. Dit extra brandstofverbruik moet daarom worden toegerekend aan de warmteproductie.

netto-input WK [GJ/jaar]

de eventuele compensatiewaarden worden hier opgeteld bij de bruto-input. De eerste compensatie is nul of negatief, de tweede nul of positief.



C-factor

De C-factor wordt bepaald uit de voorgaande tussenwaarden met de volgende formule:

$$C - \text{factor} = \frac{\text{input HWK} \times M_{\text{HWK}} + \text{netto-input WK} \times M_{\text{WK}}}{\text{warmtevraag}}$$

Op de volgende bladzijden zijn de vergelijkbare gegevens en berekeningen afgedrukt van enkele warmteproducerende installaties.

Warmteproductie met gasmotor		
Productiegegevens	referentierendement elektrisch	54%
	productierendement elektrisch WK	36%
	productierendement thermisch WK	51%
	omzettingsrendement WK	153%
	productierendement volledig elektrisch WK	36%
	aantal uren WK volledig elektrisch (u/jr)	200
	warmteverlies per woningequivalent (GJ/weq)	5
	transportrendement	100%
	M-waarde input	15
	percentage hulpwarmte	20%
	productierendement thermisch HWK	100%
	Toelichting berekening C-factor warmtelevering	
	aantal woningequivalenten	1019
	vraag warmtelevering [GJ/jr]	23258
	vraag + verlies [GJ/jaar]	28353
	aandeel HWK [GJ/jaar]	5671
	input HWK [GJ/jaar]	5671
	aandeel WK [GJ/jaar]	22682
	bruto-input WK [GJ/jaar]	44475
	verrekening elektriciteitsproductie [GJ/jaar]	-29650
	elektr. productie zonder warmte [GJ/jaar]	400
	netto-input WK [GJ/jaar]	152253
	C-factor	13.5

In dit voorbeeld is een gasmotor gekozen met een elektrisch rendement van 36% en een thermisch rendement van 51%. Dit resulteert met de correctie voor het volledig elektriciteit produceren (voor deze installatie 200 uur/jaar) in een "omzettingsrendement" van 153%.

Warmteproductie met STEG 50 MW _e		
Productiegegevens	referentierendement elektrisch	54%
	productierendement elektrisch WK	44%
	productierendement thermisch WK	46%
	omzettingsrendement WK	248%
	productierendement volledig elektrisch WK	47%
	aantal uren WK volledig elektrisch (u/jr)	3000
	warmteverlies per woningequivalent (GJ/weq)	5
	transportrendement	85%
	M-waarde input	15
	percentage hulpwarmte	10%
	productierendement thermisch HWK	100%
	Toelichting berekening C-factor warmtelevering	
	aantal woningequivalenten	1019
	vraag warmtelevering [GJ/jr]	23258
	vraag + verlies [GJ/jaar]	28353
	aandeel HWK [GJ/jaar]	2835
	input HWK [GJ/jaar]	2835
	aandeel WK [GJ/jaar]	25518
	bruto-input WK [GJ/jaar]	65236
	verrekening elektriciteitsproductie [GJ/jaar]	-53177
	elektr.productie zonder warmte [GJ/jaar]	3426
	netto-input WK [GJ/jaar]	15512
	C-factor	11.8

In dit voorbeeld is duidelijk te zien dat het volledig elektriciteit produceren gedurende 3.000 uur per jaar een relevante correctie oplevert. Ook is het effect te zien van het feit dat de installatie buiten de wijk staat opgesteld. Er geldt een transportverlies van 15% bovenop het verlies van 5 GJ/woningequivalent. Dit komt tot uitdrukking in de bruto-input WK.



Warmteproductie met Zonnearmsysteem		
Productiegegevens	referentierendement elektrisch	54%
	productierendement elektrisch WK	-
	productierendement thermisch WK	3300%
	omzettingsrendement WK	3300%
	productierendement volledig elektrisch WK	-
	aantal uren WK volledig elektrisch (u/jr)	-
	warmteverlies per woningequivalent (GJ/weq)	5
	transportrendement	100%
	M-waarde input	15
	percentage hulpwarmte	20%
	productierendement thermisch HWK	100%
	Toelichting berekening C-factor warmtelevering	
	aantal woningequivalenten	1019
	vraag warmtelevering [GJ/jr]	23258
	vraag + verlies [GJ/jaar]	28353
	aandeel HWK [GJ/jaar]	5671
	input HWK [GJ/jaar]	5671
	aandeel WK [GJ/jaar]	22682
	bruto-input WK [GJ/jaar]	687
	verrekening elektriciteitsproductie [GJ/jaar]	0
	elektr. productie zonder warmte [GJ/jaar]	0
	netto-input WK [GJ/jaar]	687
	C-factor	4.1

Opslag van warmte

Indien warmteopslagsystemen worden gebruikt (dag/nacht of zomer/winter) leidt dit tot een hoger omzettingsrendement. De extra toe te voegen brandstof om een bepaalde hoeveelheid nuttige warmte te verkrijgen neemt af. Wel moet hierbij rekening worden gehouden met de warmteverliezen en met de extra toe te voegen elektriciteit voor pompen.

C.5 C-factoren voor referentiesituatie

In de referentiesituatie wordt aardgas geleverd. Elektriciteit wordt verondersteld te zijn opgewekt met referentie de beste techniek. De overeenkomstige C-factoren zijn in Tabel 21 weergegeven.

Tabel 21 C-factoren voor referentiesituatie

Energiedrager	C-factor
Aardgas	15
Elektriciteit	30



D Besparingsniveaus

		combinatie		B keuze (brandstof)		combinatie		B keuze (brandstof)		combinatie		B keuze (brandstof)		combinatie		B keuze (brandstof)		combinatie		B keuze (brandstof)			
		bestaand	niveau 1	niveau 2	niveau 3	niveau 4						niveau 5											
type 1	vrij <66	b0	1725	b1	1567	b2	1273	b3	1083	b4	b3	1045	b5	359									
		c0		c0		c1		c1		c1	c1	c3	c5	359									
							9%		26%												37%	39%	79%
type 2	2/1 kap <66	b0	1825	b1	1710	b2	1203	b3	928	b4	b5	b3	810	b5	334								
		c0		c0		c1		c1		c1	c2	c0	c3	c5	334								
							6%		34%												49%	56%	82%
type 3	rij <46	b0	1398	b1	1212	b2	934	b3	727	b4	b5	b3	622	b5	305								
		c0		c0		c1		c1		c1	c2	c0	c3	c5	305								
							13%		33%												48%	56%	78%
type 4	rij 46-65	b0	990	b1	894	b2	680	b3	527	b3	b5	b3	465	b5	211								
		c0		c0		c1		c1		c1	c2	c1	c2	c5	211								
							10%		31%												47%	53%	79%
type 5	gall <66	b0	595	b1	524	b2	341	b3	285	b5			241	b5	192								
		c0		c0		c1		c1		c1	c1		c5	192									
							12%		43%												52%	59%	68%
type 6	portiek <66	b0	510	b1	441	b2	303	b2	282	b2			303	b5	182								
		c0		c0		c1		c1		c1	c1		c5	182									
							14%		41%												45%	41%	64%
type 7	boven <66	b0	572	b1	492	b2	370	b3	329	b4		b3	325	b5	190								
		c0		c0		c1		c1		c1	c1	c2	c5	190									
							14%		35%												42%	43%	67%
type 8	vrij 66-88	b0	1364	b1	1219	b2	1009	b3	984	b4		b2	979	b5	400								
		c0		c0		c1		c1		c1	c1	c2	c5	400									
							11%		26%												28%	28%	71%
type 9	2/1 kap 66-88	b0	1356	b1	1234	b2	896	b3	855	b4		b2	841	b5	334								
		c0		c0		c1		c1		c1	c1	c2	c5	334									
							9%		34%												37%	38%	75%
type 10	rij 66-76	b0	1054	b1	912	b2	712	b3	666	b3		b5	599	b5	311								
		c0		c0		c1		c1		c1	c2	c1	c5	311									
							13%		32%												37%	43%	70%
type 11	rij 76-80	b0	895	b1	811	b2	699	b3	662	b2			630	b5	307								
		c0		c0		c1		c1		c1	c2		c5	307									
							9%		22%												26%	30%	66%
type 12	rij 80-88	b0	799	b1	729	b2	579	b3	561	b2			447	b5	359								
		c0		c0		c1		c1		c1	c3		c5	359									
							9%		28%												30%	44%	55%
type 13	gall 66-88	b0	600	b1	510	b2	410	b3	386	b3		b4	255	b5	198								
		c0		c0		c1		c1		c1	c3	c2	c5	198									
							15%		32%												36%	58%	67%
type 14	portiek 66-88	b0	645	b1	610	b2	438	b3	424	b2			389	b5	218								
		c0		c0		c1		c1		c1	c2		c5	218									
			0%		5%		32%		34%													40%	66%
type 15	overig flat 66-88	b0	560	b1	537	b2	412	b3	399	b5		b3	229	b5	186								
		c0		c0		c1		c1		c1	c2	c5	c5	186									
			0%		4%		26%		29%													59%	67%

niveau 1 te bereiken met alleen dubbelglas:
 niveau 2 te bereiken met isolatie gevel en vloer en dubbelglas
 niveau 3 te bereiken met isolatie rondom ook dak
 niveau 4 nieuwbouwniveau
 niveau 5 theoretisch maximum besparing

b = besparingspakket
 c = installatieconcept