

**OPTIMALE ENERGIE-INFRASTRUCTUUR  
VOOR DE NIEUWBOUWLOCATIE  
BONGERD/ZIJKANAAL I IN AMSTERDAM-NOORD**

M. Menkveld  
G.J. Ruijg

## Verantwoording

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van het Stadsdeel Amsterdam Noord en staat bij ECN geregistreerd onder projectnummer 77296. Contactpersoon namens het Stadsdeel was de heer ir. E. Dee.

## Abstract

This report describes the energy savings and costs of choices for energy-infrastructure and supply for a new building location in the north of the city of Amsterdam. A comparison is made for a district heating system with collective heat supply by a combined heat and power installation or a heat pump and a gas infrastructure with individual high efficiency boilers. Calculations are made with the OEI model of Novem.

# INHOUD

SAMENVATTING	4
1. INLEIDING	6
2. ENERGIEVOORZIENINGS- EN WARMTEVRAAGVARIANTEN	7
2.1 Energievoorzieningvarianten en EPC's	7
2.2 Algemene gegevens locatie	8
2.3 Energievraag	8
3. MILIEUGEVOLGEN	10
3.1 Uitgangspunten	10
3.2 Primair energieverbruik en CO <sub>2</sub> -emissies	10
3.3 EPL	11
3.4 Verzuring	12
4. KOSTEN	13
4.1 Investeringskosten	13
4.2 Maatschappelijke kosten	14
4.3 Kosten voor bewoners (NMDA)	15
4.4 Zonneboiler en PV	16
4.5 Werkelijke kosten	17
4.6 Het NMDA-principe	17
4.7 Gevoeligheid voor kosten EPC-verlaging	17
4.8 Ontwikkelingen energiemarkt	18
4.9 Ontwikkelingen overheidsbeleid	18
5. CONCLUSIES	19
6. AANBEVELINGEN	21
BIJLAGE 1 CONVERSIETECHNOLOGIE	22
BIJLAGE 2 DE METHODIEK VAN DE EPL	23

## SAMENVATTING

In het Stadsdeel Amsterdam-Noord worden ruim 1700 woningen gebouwd in de nieuwe wijk Bongerd/Zijkanaal I. Er is reeds gekozen voor warmtelevering via een warmtenet. In opdracht van het Stadsdeel heeft ECN onderzocht welke technologie het meest geschikt is voor (centrale) warmteproductie en welke duurzame energie-opties zich goed laten combineren met de collectieve warmtelevering. De belangrijke beoordelingscriteria zijn de te behalen milieuwinst en de kosten voor bewoners.

ECN heeft gebruik gemaakt van het OEI-model van Novem. OEI staat voor Optimale Energie Infrastructuur. Dit model is bedoeld om een aantal varianten voor de energievoorziening van een nieuwbouwwijk door te rekenen en zo kansrijke opties te selecteren. De onderzochte varianten betreffen:

1. aansluiting op een gasnet en warmteopwekking in individuele ketels
2. aansluiting op een warmtenet,  
met als varianten voor de centrale warmteproductie in de wijk:
  - een warmtekracht(WKK)installatie,
  - een elektrisch aangedreven warmtepomp,
  - een gasgestookte warmtepomp.

Bij alle varianten wordt in principe uitgegaan van een Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) van 0,85. Per 1 januari 2000 is echter een EPC van 1,0 wettelijk vereist en vooralsnog zijn er geen plannen voor een verdere aanscherping van de Energie Prestatie Norm (EPN) in de jaren daarna. Als referentie is daarom ook een variant meegenomen met een gasnet en individuele ketels en een EPC van 1,0. Tevens is de combinatie met een zonneboiler of PV onderzocht.

In Tabel S.1 zijn de resultaten van de berekeningen samengevat. De belangrijkste conclusies zijn:

- Verlaging van de EPC van 1,0 naar 0,85 leidt tot een energiebesparing van ca. 11%, maar wel tot verhoging van de kosten voor bewoners met minimaal 300 gulden per jaar.
- Warmtelevering vanuit een collectieve warmtekrachtinstallatie leidt tot het laagste primaire energieverbruik en de minste CO<sub>2</sub>- en verzurende emissies. De besparing bedraagt ca. 14%.
- In de EPN is al rekening gehouden met deze energiebesparing van warmtelevering. In een woning met warmtelevering zijn minder energiebesparende maatregelen nodig dan in een woning met gaslevering om toch dezelfde EPC te halen. Bij gelijke EPC bespaart warmtelevering vanuit een collectieve warmtekrachtinstallatie ca. 8%.
- Door zowel verlaging van de EPC van 1,0 naar 0,85 en warmtelevering vanuit een collectieve WKK-installatie kan ca. 18% energiebesparing worden bereikt.
- Aansluiting van woningen op een warmtenet kent een aantal nadelen:
  - De bewoners zijn gedwongen elektrisch te koken.
  - De tarieven voor warmtelevering worden via het NMDA-principe (niet meer dan anders) bepaald aan de hand van een vergelijkbare situatie met gaslevering. Er is veel discussie over de precieze invulling van het NMDA-principe. Bewoners hebben met warmtelevering een hogere energierekening en lagere kapitaalslasten en onderhoudskosten. De woonlasten kunnen per saldo ca. 200 gulden per jaar hoger zijn.
  - Doorberekening in warmtetarieven van lagere gasprijzen door de werking van concurrentie op de gasmarkt kan niet als een vanzelfsprekendheid worden gezien.
- Toepassing van een zonneboiler leidt niet automatisch tot extra energiebesparing. Door de zonneboiler hoeven minder andere energiebesparende maatregelen in de woning worden getroffen om een EPC van 0,85 te realiseren. Alleen bij een EPC van 0,85, een gasnet en warmteopwekking via individuele ketels kan toepassing van een zonneboiler een kosteneffectieve optie zijn.

- Bij gelijke EPC wordt met 4 m<sup>2</sup> PV per woning ca. 6% energiebesparing bereikt. Zonder subsidie op de investering worden de woonlasten van bewoners ca. 600 gulden per jaar hoger.

Tabel S.1 *Beoordeling energievoorzieningvarianten*

Energie-infrastructuur		gasnet		warmtenet	
		individuele HR-ketels	individuele HR-ketels	collectieve WKK	collectieve warmtepomp
Warmteopwekking					
EPC		1,0	0,85	0,85	0,85
Meerinvestering verlaging [ <i>f</i> /woning]		0	3500 à 9000	900	900
EPC (t.o.v. 1,0)					
Woonlasten bewoner [ <i>f</i> /jr]		1800	2100 à 2500	2300	2300
bestaande uit:					
• Energierekening		1300	1200	1800	1800
• Kapitaalslasten en onderhoud		500	900 à 1300	500	500
Primair energieverbruik* [TJ/jr]		99	88	81	86 à 89
CO <sub>2</sub> -emissie* [kton/jr]		6,1	5,5	4,3	5,4 à 5,9
Verzuring* [ton zuureq./jr]		7,3	6,9	6,8	6,8 à 9,0

\*Het primair energieverbruik en CO<sub>2</sub> en verzurende emissies heeft betrekking op de hele wijk

## 1. INLEIDING

In het Stadsdeel Amsterdam-Noord worden ruim 1700 woningen gebouwd in de nieuwe wijk Bongerd/Zijkanaal I. In het Stedenbouwkundig Programma van Eisen (SPvE) is al aandacht besteedt aan de toekomstige energievoorziening van de nieuwbouwwijk. Er is reeds gekozen voor warmtelevering via een warmtenet. Een aardgasnet zal daarom in principe achterwege blijven. Ondertussen is overleg gevoerd met het energiebedrijf over de plaats van de warmtedistributieleidingen. Mogelijk is daarvoor te weinig ruimte beschikbaar onder de straat en wordt om die reden alsnog voor een aardgasnet gekozen. Verder wordt gestreefd naar een EPC van 0,85, optimaal gebruik van passieve zonne-energie, hot-fill aansluitingen voor vaat en wasmachines en het toepassen van vloer en muurverwarming. Verder geeft het SPvE aan dat de toepassing van zonnepanelen serieuze aandacht verdient. Deze uitgangspunten leiden tot de volgende driedelige probleemstelling:

1. Welke technologie is het meest geschikt voor (centrale) warmteproductie?
2. Welke duurzame energie-opties laten zich goed combineren met de collectieve warmtelevering?
3. Wat zijn de gevolgen van de verschillende keuzes voor de EPC, EPL en de kosten voor bewoners?

ECN heeft voor de beantwoording van deze vragen gebruik gemaakt van het OEI-model van Novem. OEI staat voor Optimale Energie Infrastructuur. Dit model is bedoeld om een aantal varianten voor de energievoorziening van een nieuwbouwwijk door te rekenen en zo kansrijke opties te selecteren. De Novem heeft dit model ontwikkeld met het oog op de vele studies die gedaan worden naar de optimale energievoorziening op nieuwbouwlocaties. Gebruik van het model heeft als belangrijke voordelen dat uitgegaan wordt van algemeen aanvaarde aannames ten aanzien van kosten en rendementen van technologieën en dat de resultaten goed vergelijkbaar zijn met andere studies die met hetzelfde model zijn uitgevoerd.

Hoofdstuk 2 gaat in op de varianten voor de energievoorziening die met het OEI-model zijn doorgerekend en de invulling van een EPC van 0,85. Hoofdstuk 3 bespreekt de gevolgen voor het milieu en Hoofdstuk 4 gaat in op de kosten voor bewoners. Hoofdstuk 5 en 6 sluiten de rapportage af met conclusies en aanbevelingen.

## 2. ENERGIEVOORZIENINGS- EN WARMTEVRAAGVARIANTEN

### 2.1 Energievoorzieningvarianten en EPC's

Uitgaande van warmtelevering via een warmtenet zijn er verschillende technologieën inzetbaar voor de centrale warmteproductie in de wijk. Tot nu toe het meest toegepast in wijken is een warmtekracht(WKK)installatie met gasmotor. Een alternatief is de toepassing van een collectieve warmtepomp. Daarmee wordt recent op enkele plaatsen in Nederland ervaring opgedaan. Er kan gekozen worden voor een elektrisch aangedreven of een gasgestookte warmtepomp. Om een goede vergelijking te kunnen maken, wordt ook een gasnet en warmteopwekking met individuele ketels als variant meegenomen (zie Tabel 2.1).

Tabel 2.1 *Energievoorzieningvarianten*

Variant	Infrastructuur	Warmtevoorziening
gas-HR	gas	individuele HR-ketel (HR107)
warmte-WKK	warmte	WKK-gasmotor
warmte-EWP	warmte	collectieve elektrische warmtepomp
warmte-GWP	warmte	collectieve gasgestookte warmtepomp

Bij alle varianten wordt in principe uitgegaan van een Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC) van 0,85. Per 1 januari 2000 is echter een EPC van 1,0 wettelijk vereist en vooralsnog zijn er geen plannen voor een verdere aanscherping van de Energie Prestatie Norm (EPN) in de jaren daarna. Als referentie is daarom ook een variant meegenomen met een gasnet en individuele ketels en een EPC van 1,0.

In welke mate energiebesparende maatregelen in de woningen moeten worden toegepast is afhankelijk van de EPC en de energievoorzieningvariant. Een EPC van 1,0 met gaslevering en individuele ketels kan bijvoorbeeld worden ingevuld met isolatie maatregelen ( $R_c=4,5$  voor dak, gevel en begane grond vloer en  $RC=1,0$  voor deuren), een efficiënte HR-ketel (HR107) met lage temperatuur verwarming en korte leidinglengtes voor warm tapwater. Een EPC van 0,85 en gaslevering vereist daarbovenop nog extra maatregelen, bijvoorbeeld warmteterugwinning uit de ventilatielucht en verbeterde kierdichting. Echter een woning die is aangesloten op een warmtedistributienet hoeft voor een EPC van 0,85 nauwelijks extra maatregelen te bevatten t.o.v. de woning met gaslevering en een EPC van 1,0 (zie Tabel 2.2).

Tabel 2.2 *Keuze varianten EPC en energievoorziening*

Variant	EPC	Energievoorziening	Energiebesparende maatregelen woning
0	1,2	gas-HR	zie NPR 5129 (niet meegenomen in dit onderzoek)
1	1,0	gas-HR	als bij variant 0 plus $R_c=4,5$ voor dak, gevel en begane grond vloer en deuren $R_c=1,0$ , lage temperatuurverwarming en korte leidinglengtes
2	0,85	gas-HR	als bij variant 1, plus warmteterugwinning uit ventilatielucht en verbeterde kierdichting
3	0,85	warmte-WKK	nauwelijks extra maatregelen t.o.v. variant 1
4	0,85	warmte-EWP	nauwelijks extra maatregelen t.o.v. variant 1
5	0,85	warmte-GWP	nauwelijks extra maatregelen t.o.v. variant 1
6	0,74	warmte-WKK	als bij variant 2

Deze varianten kunnen we ook combineren met duurzame energie opties zoals een zonneboiler of fotovoltaïsche zonne-energie (PV). In een zonneboiler wordt de zonne-energie gebruikt voor het verwarmen van tapwater, terwijl PV-panelen zonne-energie omzetten in elektriciteit. De in Tabel 2.1 genoemde varianten 1 tot en met 5 zijn alle gecombineerd met een zonneboiler (variant 1a, 2a, 3a, 4a en 5a) en met PV (variant 1b, 2b, 3b, 4b en 5b). Uiteindelijk zijn er dus 16 varianten doorgerekend met het OEI-model. In de varianten met PV is uitgegaan van 4 m<sup>2</sup> PV per woning.

## 2.2 Algemene gegevens locatie

Het OEI-model onderscheidt 3 woningtypen: twee-onder-één-kap, portiekwoning en rijtjeswoning. Dat onderscheid is van belang voor de energievraag van de woningen en de woningdichtheid die weer bepalend is voor de kosten van de energie-infrastructuur.

In het plan voor De Bongerd zijn zeer uiteenlopende woningtypen opgenomen, variërend van twee-onder-één-kappers, drie- en vier-onder-één-kappers tot zes- en acht-onder-één-kappers en appartementen in verschillende vormen.

Voor de input van het OEI-model is:

- het aantal twee-onder-één-kap gelijk gesteld aan het aantal twee-onder-één-kap in De Bongerd,
- het aantal rijtjeswoningen gelijk gesteld aan het aantal woningen in de drie-, vier, zes en acht-onder-één-kappers in De Bongerd,
- het aantal portiekwoningen gelijk gesteld aan de overige gestapelde bouw in De Bongerd.

Dit levert de woningaantallen op zoals vermeld in Tabel 2.3:

Tabel 2.3 *Woningaantallen De Bongerd*

Type	Aantal
Twee-onder-één-kap	40
Rijwoningen	1277
Portiekwoningen	417
<i>Totaal aantal woningen</i>	<i>1734</i>
Utiliteit (m <sup>2</sup> )	3600
Utiliteit (woningequivalenten)	72
<i>Totaal aantal woningequivalenten</i>	<i>1806</i>

Samen met de utiliteit gaat het om 1806 woningequivalenten. De nieuwbouwlocatie is 27 ha groot. De woningdichtheid is dus hoog, ca 67 woningen per ha. Volgens informatie van het stadsdeel is ca. 50% van de woonkamers op het zuiden georiënteerd.

## 2.3 Energievraag

Het energieverbruik voor ruimteverwarming en warm tapwater wordt in het OEI-model berekend volgens de EPN methodiek (NEN 5128) en is afhankelijk van het woningtype en de gekozen EPC. Tabel 2.4 en 2.5 geven een overzicht van de warmtevraag en elektriciteitsvraag voor een rijtjeswoning voor de verschillende varianten.

In Paragraaf 2.1 is aangegeven dat bij een woning aangesloten op een warmtedistributienet voor een EPC van 0,85 (varianten 3 tot en met 5) nauwelijks extra energiebesparende maatregelen nodig zijn t.o.v. de woning met gaslevering en een EPC van 1,0 (variant 1). Uit de kostengegevens zal blijken (Hoofdstuk 4) dat in de varianten 3 tot en met 5 toch iets meer wordt geïnvesteerd in energiebesparende maatregelen dan in variant 1. De warmtevraag is daarom ook iets



lager. De warmtevraag van variant 2 is lager dan variant 1. In beide varianten zijn de woningen aangesloten op een gasnet en gebeurt verwarming via een individuele HR-ketel. In variant 2 worden echter meer energiebesparende maatregelen getroffen en de woningen scoren ook een lagere EPC dan in variant 1. De warmtevraag is daarom lager.

In Tabel 2.2 is aangegeven dat bij een woning aangesloten op een warmteditributienet voor een EPC van 0,74 (variant 6) nauwelijks extra energiebesparende maatregelen nodig zijn t.o.v. de woning met gaslevering en een EPC van 0,85 (variant 2). Uit de kostengegevens zal blijken (Hoofdstuk 4) dat in variant 6 toch iets meer wordt geïnvesteerd in energiebesparende maatregelen dan in variant 2. De warmtevraag is daarom ook iets lager.

Tabel 2.4 *Warmtevraag voor een rijwoning per woning per jaar in [GJ]*

	variant 1	variant 3,4 en 5	variant 2	variant 6
Ruimteverwarming	16,6	13,9	10,2	9,2
Warm tapwater	14,3	13,3	14,3	13,3
Totaal	30,9	27,2	24,5	22,5

De varianten 3 tot en met 7 met warmtelevering hebben een hogere elektriciteitsvraag dan de varianten met gaslevering doordat gekookt wordt op elektriciteit.

Tabel 2.5 *Elektriciteitsvraag per woning per jaar in [GJ]*

	variant 1 en 2	variant 3 t/m 6
Rijwoning	10,2	10,5

De varianten met een zonneboiler hebben dezelfde warmtevraag als de varianten zonder zonneboiler. Hoewel een zonneboiler zorgt voor een lagere warmtevraag voor warm tapwater, zullen die woningen met minder isolatie kunnen volstaan om toch aan de EPC-eis te voldoen en een hogere warmtevraag voor ruimteverwarming hebben. De pomp van een zonneboiler zorgt wel voor een extra elektriciteitsverbruik van ca. 0,2 GJ per woning per jaar.

De varianten met 4 m<sup>2</sup> PV hebben een elektriciteitsvraag die ca. 1,2 GJ per woning per jaar lager is door de opbrengst van de PV-panelen.

## 3. MILIEUGEVOLGEN

### 3.1 Uitgangspunten

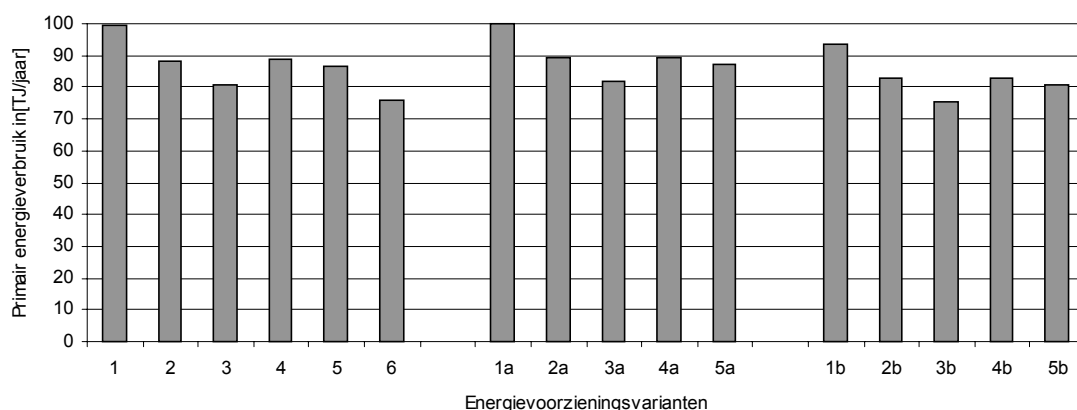
Het primair energieverbruik, het verbruik van fossiele brandstoffen van een variant wordt bepaald door het rendement waarmee brandstoffen worden omgezet in warmte dan wel elektriciteit. Het omzettingsrendement van de in de varianten gebruikte technieken (HR-ketel, WKK-installatie, en warmtepomp) staan als uitgangspunten in het OEI-model (zie bijlage 1).

Het omzettingsrendement is hoger naarmate het temperatuurniveau van het centrale verwarmingssysteem (CV-systeem) lager is. Voor HR-ketels geldt dat de rookgassen condenseren tegen de retourtemperatuur van het CV-systeem en hoe lager die temperatuur is hoe beter dat gaat. Het rendement van warmtepompen is nog sterker afhankelijk van de temperatuur van het CV-systeem. Een warmtepomp gebruikt warmte uit een warmtebron (bijvoorbeeld warmte uit de bodem), en geeft de warmte af bij een hogere temperatuur. Naar gelang de benodigde temperatuurverhoging kleiner is, is het rendement van de warmtepomp hoger. Door een lage temperatuur CV-systeem te gebruiken kan de warmtepomp zijn warmte afgeven bij een lagere temperatuur. Bij warmtedistributie met collectieve warmteopwekking in de wijk is een lagere temperatuur van het warmtedistributienet belangrijk om de warmteverliezen te beperken. Bij de varianten 1 t/m 3 (HR-ketels en WKK-gasmotor) is uitgegaan van een centrale verwarmingssysteem met een ontwerpaanvoertemperatuur van 70 en een ontwerpretourtemperatuur van 40°C. Bij de beide warmtepompvarianten is een 55/30 CV-systeem aangenomen.

Een lage temperatuur CV-systeem in woningen betekent wel dat grotere radiatoren nodig zijn dan bij een conventioneel 90/70 CV-systeem of dat moet worden gekozen voor vloer of wandverwarming.

### 3.2 Primair energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissies

Met het OEI-model is voor de verschillende varianten berekend wat het primair energieverbruik van de wijk zou zijn. Figuur 3.1 en Tabel 3.1 geven een overzicht. Een lagere EPC-waarde (0,85 i.p.v. 1,0) levert een energiebesparing op van ca. 11% (vergelijk variant 1 en 2). Het laagste energieverbruik is te zien bij variant 3 met collectieve WKK. Uitgaande van een woning met dezelfde warmtevraag bedraagt de energiebesparing ca. 14% (vergelijk variant 6 met variant 2). In de EPN is al rekening gehouden met deze energiebesparing van warmtelevering en bij gelijke EPC zijn in een woning minder energiebesparende maatregelen nodig. Bij gelijke EPC bespaart warmtelevering vanuit een collectieve WKK-installatie ca. 8% (vergelijk variant 3 met variant 2). Door zowel verlaging van de EPC van 1,0 naar 0,85 en warmtelevering vanuit een collectieve WKK-installatie kan ca. 18% energiebesparing worden bereikt (vergelijk variant 3 met variant 1).



Figuur 3.1 *Het primair energieverbruik voor de verschillende energievoorzieningsvarianten*

Naast het primair energiegebruik zijn met het OEI-model ook de emissies (CO<sub>2</sub> en verzuring) en de EPL berekend (zie Tabel 3.1). De CO<sub>2</sub>-emissie geeft hetzelfde beeld als het primair energieverbruik, beide worden bepaald door de mate van gebruik van fossiele brandstoffen.

Tabel 3.1 *Het primair energieverbruik en de emissies*

Variant	Primair energieverbruik [TJ/jr]	CO <sub>2</sub> -emissie [kton/jr]	EPL	Verzurende emissies (zuurequivalenten) [ton/jr]
1	99,2	6,1	6,0	7,3
2	88,4	5,5	6,5	6,9
3	81,0	4,3	6,4	6,8
4	88,6	5,9	6,7	9,0
5	86,4	5,4	6,5	6,8
6	76,2	4,1	6,7	6,6
1a	100,1	6,2	6,0	7,4
2a	89,3	5,6	6,5	7,0
3a	81,9	4,3	6,4	6,9
4a	89,4	6,0	6,7	9,1
5a	87,1	5,5	6,4	6,9
1b	93,6	5,7	6,2	6,7
2b	82,7	5,1	6,7	6,2
3b	75,3	3,9	6,6	6,2
4b	82,9	5,5	6,9	8,4
5b	80,9	5,0	6,7	6,2

### 3.3 EPL

De EPL is een getal tussen 0 en 10, dat aangeeft hoe hoog het gebruik is van fossiele brandstoffen. Bij een EPL van 10 is er geen gebruik meer van fossiele brandstoffen. De EPL bedraagt 6 bij de aanleg van een gas en elektriciteitsnet, verwarming met individuele ketels en een EPC van 1,0. Dit komt overeen met variant 1 in deze studie.

Hoe hoger de EPL, des te lager het gebruik aan fossiele brandstoffen. Het OEI-model heeft voor variant 2 een EPL van 6,5 berekend. De varianten 4 en 5 met een collectieve warmtepomp scoren even hoog of iets hoger. Ook variant 3 komt ongeveer even hoog uit. De varianten met PV scoren een EPL die 0,2 punten hoger is.

De EPL geeft een iets ander beeld dan het primair energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-emissie. Dit heeft te maken met de manier waarop de EPL wordt berekend (zie bijlage2). De EPL kan het beste gezien worden als een 'maatschappelijke' waardering van het energieverbruik van een variant, die rekening houdt met (verwachte) veranderingen in de toekomst en afweging van belangen op nationaal niveau.

### 3.4 Verzuring

Het OEI-model berekent de verzurende emissies in kilogrammen NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>. Tabel 3.1 vermeldt de som van beide, die is verkregen door zowel de NO<sub>x</sub> als de SO<sub>2</sub> emissie om te rekenen in zogenaamde 'zuurequivalenten'. Bij die omrekening naar zuurequivalenten wordt rekening gehouden met de bijdrage van de emissie aan de verzuring van het milieu. De emissie van 1 kilogram NO<sub>x</sub> is gelijk aan 1 kg zuurequivalenten, en de emissie van 1 kg SO<sub>2</sub> is gelijk aan 1,4 kg zuurequivalenten.

Variant 4 (collectieve elektrische warmtepomp) scoort wat betreft verzuring duidelijk slechter dan de andere varianten. Dit komt doordat in die variant relatief veel elektriciteit wordt gebruikt en in de elektriciteitsopwekking ook kolen worden gestookt waarbij SO<sub>2</sub> vrijkomt. In variant 3 wordt met de collectieve WKK naast warmte ook elektriciteit geproduceerd. Dit gebeurt met gas, en bij de productie komt geen SO<sub>2</sub> vrij. Die elektriciteit verdringt elektriciteitsproductie met hoge SO<sub>2</sub>. Variant 3 kent dus lage verzurende emissies. Ook alle varianten met PV leveren schone elektriciteit en daardoor lagere verzurende emissies.

## 4. KOSTEN

### 4.1 Investeringskosten

Het OEI-model berekent de investeringskosten van de verschillende varianten en maakt daarbij onderscheid tussen:

- investeringen in de woning,
- investeringen in distributienetten (gas-, warmte- of elektriciteitsnet),
- investeringen in decentrale productie (WKK of collectieve warmtepomp).

De investeringen in de woning hebben betrekking op:

- apparatuur (o.a. HR-combiketel of warmtedistributie-unit),
- energiebesparende maatregelen,
- leidingen en radiatoren.

Tabel 4.1 geeft de investeringen per woning afgerond op honderden gulden. Daarbij zijn twee opmerkingen van belang:

1. Het OEI-model rekent tot de investeringen in energiebesparende maatregelen alle meerinvesteringen in de gebouwschil ten opzichte van een EPC=1,4. ECN heeft de investeringscijfers van variant 1 als referentie genomen. De investering in energiebesparende maatregelen geven daarmee een indicatie van de meerinvestering t.o.v. EPC=1,0.
2. Het OEI-model neemt de gehele investering van het CV-systeem in een woning mee. De investeringen zijn afhankelijk van het woningtype en ontwerp (aanvoer en retour) temperaturen van het CV-systeem. Er is reeds aangenomen dat in alle varianten gekozen gaat worden voor een lage temperatuur systeem. De investeringen hiervoor kunnen in de vergelijking buiten beschouwing blijven. Alleen bij de varianten 4 en 5 met een warmtepomp is een nog lagere temperatuur nodig. De extra investering t.o.v. een 60/40 systeem zijn wel in tabel 4.1 vermeld.

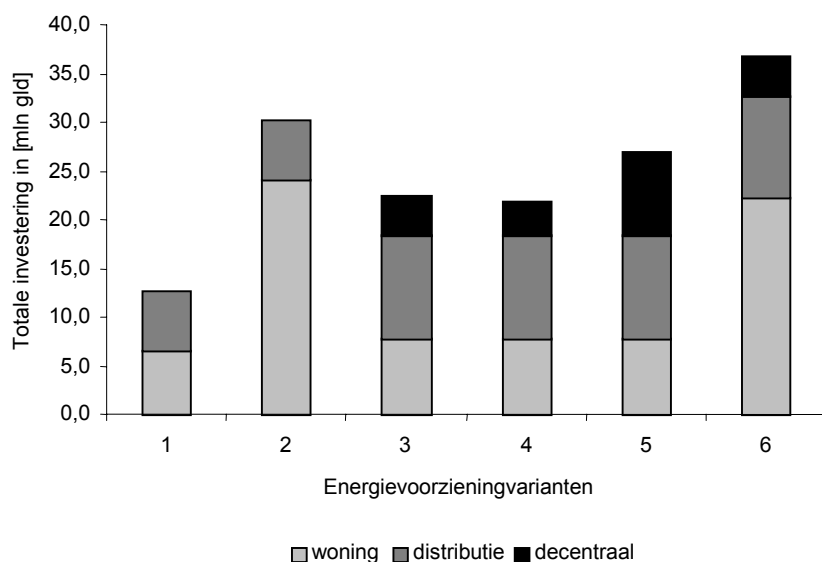
Tabel 4.1 *Investeringskosten in de woning*

Variant	Apparatuur	Energiebesparende maatregelen	Radiatoren en leidingen	Totaal
1	3700	0	0	3700
2	3700	9700	0	13400
3	3100	900	0	4000
4	3100	900	300	4300
5	3100	900	300	4300
6	3100	9200	0	12300

De investeringskosten van de varianten 2 en 6 in energiebesparende maatregelen in de woning zijn flink hoger dan bij variant 1, door de scherpere EPC. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat de meerkosten van EPC-verlaging door gebouwmaatregelen een dalende tendens vertonen. Het perspectief van steeds lagere EPC-eisen heeft de bouwmarkt en de daaraan toeleverende industrie ertoe gebracht actief te zoeken naar kosteneffectieve maatregelen om de EPC te verlagen.

De in het OEI-model aangegeven meerinvestering van ruim 9000 gulden is fors hoger dan inschattingen van ECN in recente andere studies, die uitkomen op ca. 3500 gulden per woning. Novem neemt bij de inschatting van de meerinvestering van EPC-verlaging meestal BTW en toeslagen voor risico en winst mee.

Naast de investeringen in de woning zijn er voor de wijk ook investeringen nodig in de aanleg van distributienetten voor warmte, of gas en elektriciteit en collectieve installaties voor de decentrale productie van warmte. Figuur 4.1 geeft een beeld van de investeringskosten voor de hele nieuwbouwlocatie bij de verschillende varianten. De varianten 3,4 en 5 met warmtelevering laten lagere investeringen zien dan variant 2 (met gaslevering). In deze warmteleveringsvarianten zijn weliswaar hogere investeringen in het warmtenet nodig, maar veel minder investeringen in energiebesparende maatregelen in de woning om de EPC van 0,85 te halen.



Figuur 4.1 *Investerings van de verschillende varianten*

Door de totale investeringskosten te delen door het aantal woningequivalenten krijgen we de gemiddelde investering per woning (zie Tabel 4.2, afgerond op honderden gulden).

Tabel 4.2 *Totale investeringskosten in guldens per woning*

Variant	Woningen	Distributie	Decentraal	Totaal
1	3700	3400	0	7100
2	13400	3400	0	16800
3	4300	5900	2200	12400
4	4300	5900	1900	12100
5	4300	5900	4700	14900
6	12300	5900	2200	20400

Een zonneboiler kost ca. 3000 gulden per stuk. De investering in de PV bedraagt ca. 1500 gulden per m<sup>2</sup>, met 4 m<sup>2</sup> dus een investering van 6000 gulden per woning. Door de toepassing van een zonneboiler of PV hoeven echter minder energiebesparende maatregelen worden genomen om toch aan de EPC-eis te voldoen. De meerinvesteringen zullen per saldo dus lager zijn.

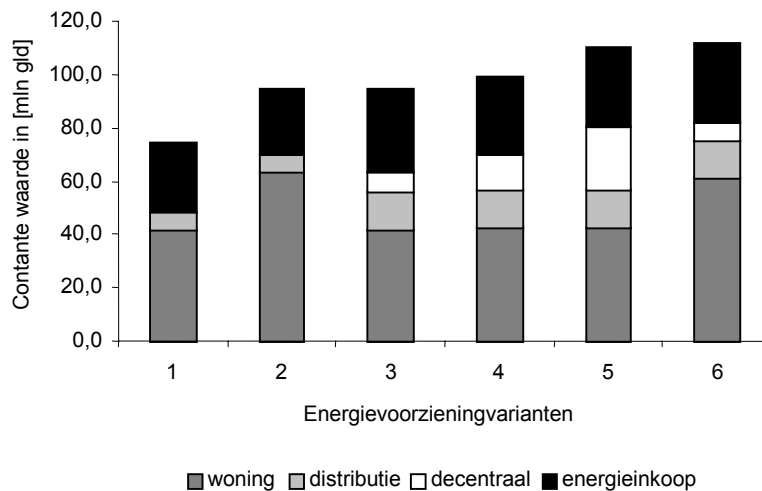
## 4.2 Maatschappelijke kosten

De kosten van een energievoorziening bedragen meer dan alleen de investeringen, ook de exploitatiekosten voor onderhoud, beheer en inkoop van energie horen daarbij. Het OEI-model berekent over een periode van 30 jaar en met een rente van 5% de contante waarde van de kosten in de woning, de distributienetten, de decentrale productie en de inkoop van energiedragers. Deze contante waarden zijn voor de verschillende varianten weergegeven in figuur 4.2.

NB: De contante waarden komen rechtstreeks uit het OEI-model en de daarin meegenomen investeringen zijn hoger (ca. 23 miljoen) dan gepresenteerd in figuur 4.1. Het OEI-model rekent immers de meerinvesteringen van energiebesparende maatregelen t.o.v. een EPC=1,4 en de totale kosten van radiatoren, etc (zie Paragraaf 4.1).

De totale contante waarde is een maat voor de totale kosten van een energievoorziening ongeacht wie die kosten gaat betalen, ook wel de ‘maatschappelijke kosten’ genoemd. Uit figuur 4.2 blijkt dat de maatschappelijke kosten van variant 2 en variant 3 ongeveer gelijk zijn. De warmtepompvarianten zijn relatief duurder.

De investeringen en dus ook de kapitaalslasten zijn in variant 3 lager dan in variant 2, maar de kosten voor inkoop van energie zijn hoger. De WKK-installatie heeft meer gas nodig dan alle ketels gezamenlijk, maar de WKK-installatie produceert daarmee zowel warmte als elektriciteit. De geldstromen door export van binnen de wijk geproduceerde elektriciteit in variant 3 door de WKK, zijn niet meegenomen. De contante waarde over 30 jaar van deze elektriciteitsopbrengst in variant 3 bedraagt ca. 7 miljoen gulden. Dit bedrag zou eigenlijk mogen worden afgetrokken van de contante waarde van de energie-inkoop van variant 3. De maatschappelijke kosten van variant 3 zijn dan lager dan die van variant 2.



Figuur 4.2 Contante waarde van de verschillende energievoorzieningvarianten

### 4.3 Kosten voor bewoners (NMDA)

Het OEI-model geeft de contante waarde van de verkoop van energiedragers. Daarin is ook het vastrecht en de aansluitbijdragen meegenomen. Dit zijn kosten die de bewoners betalen. Daarnaast maken bewoners kosten voor investering, onderhoud en vervanging van apparatuur en energiebesparende maatregelen in de woning.

De totale kosten van bewoners bestaan uit:

- variabele m<sup>3</sup>/kWh/GJ kosten,
- vastrecht,
- aansluitbijdrage,
- energiebesparende maatregelen (meerkosten t.o.v. EPC=1,0),
- apparatuur in de woning (HR-ketel, warmtedistributie-unit),
- radiatoren en leidingen (meerkosten t.o.v. 60/40 CV-systeem).

De contante waarde van de verkoop van energiedragers voor de hele wijk uit het OEI-model is omgerekend naar de jaarlijkse kosten per woning. Dit zijn de kosten die in Tabel 4.3 zijn vermeld onder ‘Energierkening’.

In Tabel 4.3 staan tevens de kapitaalslasten van de investeringen in de woning uit Tabel 4.1 en het bijbehorende onderhoud. Alle kosten in Tabel 4.3 zijn afgerond op honderden gulden.

Bewoners die zijn aangesloten op een warmtenet (varianten 3, 4 en 5) hebben wel een hogere energierekening, maar lagere kapitaalslasten en onderhoudskosten dan variant 2. Dit komt doordat in woningen die zijn aangesloten op warmtelevering minder energiebesparende maatregelen nodig zijn om aan de EPC-eis te voldoen.

Tabel 4.3 *Totale jaarlijkse kosten voor bewoners*

Variant	Energier rekening	Kapitaalslasten	Onderhoud	Totaal
1	1300	400	100	1800
2	1200	1000	300	2500
3	1800	400	100	2300
4	1800	400	100	2300
5	1800	400	100	2300
6	1700	1000	200	2900

#### 4.4 Zonneboiler en PV

Tabel 4.4 geeft de contante waarde van de meerkosten in de woning (kapitaalslasten en onderhoud) van een zonneboiler van PV. Dit is het verschil in netto contante waarde voor de woningkosten uit het OEI-model tussen bijvoorbeeld variant 1 en variant 1a. Deze meerkosten zijn omgerekend naar jaarlasten.

De meerkosten zijn voor alle varianten met een EPC van 0,85 negatief. Door de toepassing van een zonneboiler hoeven minder energiebesparende maatregelen worden genomen om toch aan de EPC-eis te voldoen. De daarmee uitgespaarde kosten zijn hoger dan de investering en het onderhoud voor de zonneboiler.

De toepassing van een zonneboiler is volgens de berekeningen van het OEI-model met name voor variant 2 een goedkopere manier om aan de EPC van 0,85 te komen, dan via andere maatregelen.

Het OEI-model geeft voor PV toepassing aan dat de contante waarde van de meerkosten in de woning 9325 gulden per woning bedraagt, omgerekend ca. 600 gulden per jaar. De meerkosten zijn positief. Door de toepassing van PV hoeven minder energiebesparende maatregelen worden genomen om toch aan de EPC-eis te voldoen. De daarmee uitgespaarde kosten zijn echter lager dan de investering in PV.

Tabel 4.4 *Kosten toepassing zonneboiler en PV*

Variant	Meerkosten zonneboiler contante waarde [f/woning]	Meerkosten zonneboiler [f/woning.jaar]	Meerkosten PV contante waarde [f/woning]	Meerkosten PV [f/woning.jaar]
1a	153	+10	9325	+600
2a	-7232	-470	9325	+600
3a	-640	-42	9325	+600
4a	-640	-42	9325	+600
5a	-640	-42	9325	+600



## 4.5 Werkelijke kosten

In plaats van het NMDA-principe kunnen ook de werkelijke kosten als uitgangspunt worden genomen. We grijpen daarvoor terug op de maatschappelijke kosten uit figuur 4.2. De met het OEI-model berekende contante waarde voor de totale kosten in de woning, de distributienetten, de decentrale productie en voor de inkoop van energiedragers kan worden omgerekend naar gemiddelde jaarlijkse lasten per woning (zie Tabel 4.4). Uit de tabel blijkt dat de kosten voor variant 1 duidelijk lager zijn, dat de kosten voor variant 2 en 3 ongeveer gelijk zijn en dat de kosten voor variant 4, 5 en 6 duidelijk hoger zijn.

Tabel 4.5 *Werkelijke kosten in guldens per woning per jaar*

Variant	Werkelijke kosten
1	1900
2	2600
3	2600
4	2700
5	3100
6	3200

## 4.6 Het NMDA-principe

De verkoop van energiedragers in het OEI-model gaat uit van de tarieven uit 1998. De tarieven voor warmtelevering zijn gebaseerd op het NMDA (Niet-Meer-Dan-Anders) principe. Dit betekent dat een bewoner die is aangesloten op een warmtenet voor zijn energievoorziening niet meer kwijt mag zijn aan kosten voor Gigajoules warmte dan in een vergelijkbare situatie met gas aan kubieke meters gas. Met name over de zo bepaalde GJ-prijs is veel discussie. Tabel 4.3 laat ook weer zien dat de bewoner qua energierekening met warmtelevering duurder uit is. Energiebedrijven baseren zich bij de bepaling van de GJ-prijs met het NMDA-principe op gemiddelde gebruiksrendementen voor ketels die lager zijn dan het gehanteerde ketelrendement in berekeningen zoals met het OEI-model.

Het NMDA-principe zorgt er ook voor dat de aansluitbijdrage voor warmte niet meer mag zijn dan de aansluitbijdrage voor gas plus de investering in een ketel, en het vastrecht voor warmte niet meer is dan het vastrecht voor gas en de onderhoudskosten van een ketel. Met de intrede van de EPN en de steeds verdergaande verlaging van de EPC-eis ontstaat discussie over het meenemen van de 'vermeden EPN-kosten' in de bepaling van de aansluitbijdrage voor warmte. In het OEI-model is dat niet gebeurd! Wanneer in de berekeningen met het OEI-model de vermeden EPN-kosten zouden zijn meegenomen, dan zouden de kosten voor bewoners qua energierekening voor variant 3,4 en 5 hoger zijn dan nu berekend.

## 4.7 Gevoeligheid voor kosten EPC-verlaging

In Paragraaf 4.1 is aangegeven dat de scherpere EPC (0,85 i.p.v. 1,0) bij de conventionele energievoorzieningvariant met gaslevering (variant 2) meer dan 9000 gulden extra kost. Hierbij is reeds opgemerkt dat de meerkosten van EPC-verbetering door bouwmaatregelen een dalende tendens vertonen. Het perspectief van steeds lagere EPC-eisen heeft de bouwmarkt en de daaraan toeleverende industrie ertoe gebracht actief te zoeken naar kosten-effectieve maatregelen om de EPC te verlagen. De ontwikkelingen gaan snel, en dat maakt het lastig een goede inschatting te maken van de meerinvestering voor verlaging van de EPC van 1,0 naar 0,85. De in het OEI-model aangegeven meerinvestering van ruim 9000 gulden is fors hoger dan inschattingen van ECN in recente andere studies, die uitkomen op ca. 3500 gulden per woning. Novem neemt bij de inschatting van de meerinvestering van EPC-verlaging meestal BTW en toeslagen voor risico en winst mee.

## 4.8 Ontwikkelingen energiemarkt

In de energiesector is op dit moment een proces van liberalisering gaande. Een belangrijk kenmerk van een liberale markt is de keuzevrijheid van de afnemers. Deze zorgt ervoor dat er concurrentie tussen aanbieders ontstaat, waardoor deze worden gedwongen op een zo efficiënt mogelijke wijze producten aan te bieden waar de afnemers om vragen. Op de situatie in de elektriciteitsmarkt wordt hier niet nader ingegaan omdat de keuze zich toespitst op gaslevering versus warmtelevering.

Op de gasmarkt zal in de nabije toekomst sprake zijn van concurrentie. De liberalisering van de gasmarkt gaat waarschijnlijk eerder in dan aanvankelijk was voorzien (van 2007 naar 2003). Gaslevering en gasdistributie worden apart van elkaar beheerd. Hoewel formeel het monopolie op gasdistributie zal zijn opgeheven zal er in de praktijk slechts één exploitant van het gasnet zijn (NUON in Amsterdam). Deze exploitant van het gasnet zal ook gas moeten distribueren van andere gasleveranciers tegen een tarief dat op de feitelijke distributiekosten is gebaseerd. Dit tarief moet tussen de exploitant van het gasnet en de gasleverancier worden overeengekomen. Een onenigheid over de tarieven kan worden voorgelegd aan de Nederlandse Mededingingsautoriteit (NMa). In de levering van het gas ontstaat dus wel concurrentie, en zijn per afnemer inkoopvoordelen te behalen. In ieder geval vanaf 2007 en waarschijnlijk al vanaf 2004 zijn bewoners vrij te kiezen bij welke leverancier zij gas willen kopen voor de verwarming van hun woning. Er ontstaat dan een situatie die vergelijkbaar is met de telefonie. Voor woningen kunnen inkoopvoordelen behaald worden door het vormen van inkoopcombinaties.

Warmtelevering is reeds geliberaliseerd, en iedere aanbieder zou warmte kunnen leveren aan woningen. Bij het controleren van de juistheid van de tarieven en leveringsvoorwaarden heeft de Mededingingsautoriteit geen wettelijke taak zoals bij gas. Wel is het mogelijk tarieven en voorwaarden te laten toetsen op mogelijk misbruik van een monopoliepositie. Als uitgangspunt voor het vaststellen van warmteleveringstarieven wordt tot nu toe het Niet-Meer-Dan-Anders (NMDA-) principe gehanteerd. Dit principe zorgt er voor, mits goed toegepast, dat afnemers van warmte met dezelfde kosten worden geconfronteerd als bewoners van woningen met individuele verwarming door CV-ketels. Via het NMDA-principe werken gasprijsverlagingen voor kleinverbruikers door in de warmtetarieven. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat er thans een discussie wordt gevoerd over de juiste toepassing van het NMDA-principe in zuinige nieuwbouwwoningen. Doorberekening in warmtetarieven van lagere gasprijzen door de werking van concurrentie op de gasmarkt kan niet als een vanzelfsprekendheid worden gezien. Bij warmtelevering zijn bewoners gebonden aan een lokaal warmtenet en afhankelijk van één leverancier.

## 4.9 Ontwikkelingen overheidsbeleid

Belangrijk zijn de actuele ontwikkelingen rond de Regulerende Energie Belasting (REB), de heffing die we allemaal op onze energierekening betalen. In het Energierapport 1999 van het Ministerie van Economische Zaken staat een voorstel voor verdere verhoging van de REB in 2001. Ook is er het voorstel de heffingsvrije voet (de eerste 800 m<sup>3</sup> of 800 kWh waarover geen heffing hoeft te worden betaald) af te schaffen en in plaats daarvan bij iedereen de waarde van de heffingsvrije voet als vast bedrag van de energierekening af te trekken.

Belangrijk is dat de REB over warmte door de energieleverancier niet hoeft te worden afgedragen aan de fiscus, dit wordt de 'afdrachtkorting' genoemd. De door een energieleverancier gende REB gelden over gas en elektriciteit worden wel aan de fiscus afgedragen. In de berekeningen met het OEI-model is nog uitgegaan van de energietarieven in 1998 (een REB van 3,93 gld/GJ en een heffingsvrije voet van 20 GJ).

Als in 2001 de REB op warmte wordt verhoogd naar ruim 10 gulden per GJ (exclusief BTW) en de heffingsvrije voet vervalt, levert de REB uitgaande voor een rijwoning met 27 GJ warmtevraag een bedrag op van 270 gulden per woning per jaar. De afdrachtkorting voor REB op warmte is eigenlijk een subsidie van de rijksoverheid op warmteleveringsprojecten.

## 5. CONCLUSIES

De energievoorziening van de nieuwbouwwijk Bongerd/Zijkanaal I wordt bepaald door keuzes op vier niveau's:

1. de vereiste EPC van de woningen: al dan niet lager dan de wettelijke norm,
2. de energie-infrastructuur voor warmtevoorziening: de keuze tussen een gas of warmtenet,
3. de collectieve installatie bij de keuze voor een warmtenet: een WKK-installatie of een warmtepomp,
4. duurzame energie toepassingen zoals een zonneboiler of PV.

De belangrijkste beoordelingscriteria zijn de milieuwinst en de kosten voor bewoners (zie Tabel 5.1).

### *1 De EPC: lager dan de wettelijke norm?*

In het Stedenbouwkundig Programma van Eisen voor de Bongerd/Zijkanaal I is reeds aangegeven dat wordt gestreefd naar een EPC van 0,85.

- Een verlaging van de EPC van 1,0 ( de wettelijke eis) naar 0,85 kan zowel met een gas als met een warmtenet worden bereikt. Bij de keuze voor een gasnet moeten wel meer energiebesparende maatregelen worden genomen om tot een EPC van 0,85 te komen. In de EPN wordt al rekening gehouden met de energiebesparing van een collectieve warmtevoorziening. De meerinvestering die de verlaging van de EPC met zich meebrengt is daarom bij een gasnet groter dan bij een warmtenet.
- Verlaging van de EPC van 1,0 naar 0,85 leidt tot een energiebesparing van ca. 11%. (Zie Hoofdstuk 3, vergelijk variant 2 met variant 1).
- Verlaging van de EPC leidt tot verhoging van de kosten voor bewoners met minimaal 300 gulden per jaar. De kapitaalslasten van de extra investering in energiebesparende maatregelen zijn groter dan de besparing op de energierekening.

### *2 Energie-infrastructuur: een gas of warmtenet?*

- De keuze voor een warmtenet met een collectieve installatie leidt in principe tot energiebesparing. Echter doordat in de EPN al rekening wordt gehouden met deze energiebesparing zijn bij een gelijke EPC minder energiebesparende maatregelen in de woning nodig. Bij gelijke EPC vindt warmtelevering plaats aan een minder energiezuinige woning dan in het geval van gaslevering. Per saldo is het afhankelijk van de efficiency van de collectieve installatie of een warmtenet bij gelijke EPC energie bespaart t.o.v. aansluiting op gas.
- De tarieven voor warmtelevering worden via het NMDA-principe (niet meer dan anders) bepaald aan de hand van een vergelijkbare situatie met gaslevering. Er is veel discussie over de precieze invulling van het NMDA-principe. Bewoners hebben met warmtelevering een hogere energierekening en lagere kapitaalslasten en onderhoudskosten.
- Doorberekening in warmtetarieven van lagere gasprijzen door de werking van concurrentie op de gasmarkt kan niet als een vanzelfsprekendheid worden gezien. Bij warmtelevering zijn bewoners gebonden aan een lokaal warmtenet en afhankelijk van één leverancier.

### *3 Collectieve warmteopwekking: WKK of warmtepomp?*

- Warmtelevering vanuit een collectieve WKK-installatie leidt tot het laagste primaire energieverbruik en de minste CO<sub>2</sub>- en verzurende emissies. Uitgaande van een woning met dezelfde warmtevraag bedraagt de energiebesparing ca. 14% (Zie Hoofdstuk 3 vergelijk variant 6 met variant 2).

- In de EPN is al rekening gehouden met deze energiebesparing van warmtelevering en bij gelijke EPC zijn in een woning minder energiebesparende maatregelen nodig. Bij gelijke EPC bespaart warmtelevering vanuit een collectieve WKK-installatie ca. 8% (Zie Hoofdstuk 3 vergelijk variant 3 met variant 2).
- Door zowel verlaging van de EPC van 1,0 naar 0,85 en warmtelevering vanuit een collectieve WKK-installatie kan ca. 18% energiebesparing worden bereikt (Zie Hoofdstuk 3 vergelijk variant 3 met variant 1).

#### 4 Duurzame energie

- Toepassing van een zonneboiler leidt niet automatisch tot extra energiebesparing. Door de zonneboiler hoeven minder andere energiebesparende maatregelen in de woning worden getroffen om een EPC van 0,85 te realiseren. Alleen bij een EPC van 0,85, een gasnet en warmteopwekking via individuele gasgestookte ketels leidt toepassing van een zonneboiler tot kostenbesparing.
- Toepassing van PV leidt bij gelijke EPC wel tot extra energiebesparing, maar ook tot verhoging van de kosten voor bewoners met ca. 600 gulden per jaar. Bij gelijke EPC wordt met 4m<sup>2</sup> PV per woning ca. 6% energiebesparing bereikt (Zie Hoofdstuk 3 vergelijk variant 2b met variant 2).

Tabel 5.1 *Beoordeling energievoorzieningvarianten*

Energie-infrastructuur		gasnet		warmtenet	
		individuele HR-ketels	individuele HR-ketels	collectieve WKK	collectieve warmtepomp
EPC		1,0	0,85	0,85	0,85
Meerinvestering	[f/woning]	0	3500 à 9000	900	900
verlaging EPC (t.o.v. 1,0)					
Woonlasten bewoner	[f/jr]	1800	2100 à 2500	2300	2300
bestaande uit:					
• Energierekening		1300	1200	1800	1800
• Kapitaalslasten en onderhoud		500	900 à 1300	500	500
Primair energieverbruik*	[TJ/jr]	99	88	81	86 à 89
CO <sub>2</sub> -emissie*	[kton/jr]	6,1	5,5	4,3	5,4 à 5,9
Verzuring*	[ton zuureq./jr]	7,3	6,9	6,8	6,8 à 9,0

\*Het primair energieverbruik en CO<sub>2</sub> en verzurende emissies heeft betrekking op de hele wijk

## 6. AANBEVELINGEN

Binnen het Stadsdeel Amsterdam Noord moet nog bestuurlijke besluitvorming plaats vinden over de milieu-ambitie t.a.v. de energievoorziening op de nieuwbouwlocatie Bongerd/Zijkanaal I. Die ambitie kan op verschillende manieren worden vastgelegd: door een verlaging van de EPC-eis, maar ook door tot de aanleg van een warmtenet te besluiten, etc.

Het is goed om te realiseren dat voor de energievoorziening van een nieuwbouwwijk op verschillende niveau's keuzes moeten worden gemaakt:

1. EPC,
2. energie-infrastructuur voor warmtevoorziening,
3. collectieve warmteopwekking,
4. duurzame energie.

Het verdient aanbeveling om over alle niveaus en in de aangegeven volgorde bestuurlijke besluiten te formuleren. Door op ieder niveau steeds voor het meest milieuvriendelijke alternatief te kiezen, kan de milieuambitie verder worden verhoogd.

### *Niveau 1*

Of de energiebesparing door een verlaging van de EPC van 1,0 naar 0,85 opweegt tegen de hogere woonlasten van bewoners is een politieke keuze. Met de EPC kan worden aangegeven dat er een milieuambitie is, ongeacht de keuze van infrastructuur en installaties. Met een lagere EPC dan wettelijk vereist worden extra energiebesparende maatregelen afgedwongen, hetzij in de woning of in de infrastructuur. Marktpartijen kunnen de ambitie zelf invullen.

### *Niveau 2*

Een warmtenet kan tot extra energiebesparing leiden. Wanneer voor een warmtenet wordt gekozen, moet er wel een (markt)partij zijn die bereid is het warmtenet aan te leggen en te exploiteren. Daarbij is het belangrijk de nadelen voor bewoners in het oog te houden en zo mogelijk te beperken: een hogere energierekening, elektrisch koken en geen vrije keuze voor de leverancier van warmte in een liberale markt. Over de aansluitbijdrage voor warmte kan onderhandeld worden met de leverancier. Of de nadelen van een warmtenet opwegen tegen de milieuwinst is een politieke keuze.

### *Niveau 3*

Wanneer voor een warmtenet wordt gekozen verdient het aanbeveling nu voor een WKK-installatie te kiezen. De milieuwinst is op dit moment groter dan bij een warmtepomp en in Nederland is meer ervaring met WKK dan met warmtepompen.

### *Niveau 4*

Wanneer voor EPC-verlaging en een gasnet is gekozen, kan toepassing van een zonneboiler een kosteneffectieve optie zijn. Daarbij is wel zuidoriëntatie van hellende daken vereist. Het ambitieniveau kan verder worden verhoogd door toepassing van PV. Toepassing van PV leidt wel tot verdere verhoging van de woonlasten voor bewoners. Er is een inspanning nodig voor het verkrijgen van subsidie. De milieuwinst is relatief klein in verhouding tot de energiebesparing van WKK. PV is wel een zichtbaar element in een wijk en geeft de wijk een duurzame uitstraling. Ook toepassing van PV vereist op het zuiden georiënteerde daken. Op platte daken zijn zonnepanelen altijd mogelijk.

## BIJLAGE 1 CONVERSIETECHNOLOGIE

In het OEI-model wordt voor HR-ketels een ketelrendement van 100% gehanteerd. Dit kan niet worden veranderd.

Voor de WKK-installatie wordt uitgegaan van een elektrisch rendement van 35% en een thermisch rendement van 50%. Een WKK-installatie is per kW thermisch vermogen duurder dan een ketel. Om de kosten te beperken wordt van een WKK-installatie nooit het totale benodigde vermogen voor de verwarming van woningen genomen. Het maximale verwarmingsvermogen is alleen in extreme omstandigheden (koude winterdagen) nodig. Met een beperkt deel van het benodigde vermogen kan toch een groot deel van de warmtevraag worden voorzien en een groot deel van de maximale energiebesparing worden bereikt. Naast de WKK-installatie wordt een hulpketel gezet die wordt gebruikt op koude winterdagen. Het thermisch vermogen van de WKK-installatie als fractie van het totale ontwerpvermogen van het systeem (de aansluitfractie) bedraagt 30%. Daarmee dekt de WKK 70% van de warmtevraag. De resterende 30% van de warmtevraag wordt voorzien door de hulpketel.

Het rendement van de elektrische warmtepomp bedraagt 350%. Met een aansluitfractie van 30% dekt deze 80% van de warmtevraag.

Zowel de WKK als de elektrische warmtepomp hebben een gasgestookte hulpketel met een rendement van 90%. Bij de gasgestookte warmtepomp zijn de warmtepomp en de hulpketel geïntegreerd. Het totale jaarrendement van deze combinatie is op 130% gesteld.

## BIJLAGE 2 DE METHODIEK VAN DE EPL

De EPL geeft een iets ander beeld dan het primair energiegebruik en de CO<sub>2</sub>-emissie. Opvallend is dat variant 3 geen hogere EPL scoort dan de andere varianten terwijl wel een lager primair energieverbruik en CO<sub>2</sub>-emissie zijn berekend. Beide zouden immers een indicatie moeten geven van het gebruik van fossiel brandstoffen. Dit heeft te maken met het gekozen referentiesysteem voor elektriciteitsproductie. Voor de productie van elektriciteit worden fossiele brandstoffen gebruikt en het rendement van de elektriciteitsproductie bepaalt hoeveel fossiele brandstoffen nodig zijn.

In de EPL methodiek wordt het gebruik van fossiele brandstoffen door elektriciteitsvraag voor verlichting, apparatuur en koken berekend door de elektriciteitsvraag te delen door het gemiddelde rendement van alle elektriciteitscentrales in Nederland (42%). Het gebruik van fossiele brandstoffen door elektriciteitsvraag voor warmtepompen en de uitgespaarde fossiele brandstoffen door de elektriciteitsproductie van collectieve WKK-installatie wordt berekend door de elektriciteitsvraag c.q. productie te delen door het rendement van nieuwe modernere elektriciteitscentrales met een hoog rendement (54%).

Het met het OEI-model berekende primaire energiegebruik uit Tabel 3.1 is bepaald door de alle elektriciteitsvraag en productie te delen door het gemiddelde rendement van elektriciteitscentrales.

Het rendement van nieuwe elektriciteitscentrales is hoger dan het gemiddelde rendement van alle elektriciteitscentrales. Als elektriciteitsvraag wordt gedeeld door het rendement van nieuwe centrales i.p.v. gemiddeld dan geeft dat een lager verbruik aan fossiele brandstoffen. Zo komt variant 4 met de collectieve elektrische warmtepomp aan een hogere EPL-score dan op grond van de met het OEI-model berekende primaire energiegebruik kan worden verwacht. Die EPL-score drukt daarmee uit dat (collectieve) elektrische warmtepompen gedurende hun levensduur profiteren van de autonome verbetering van het gemiddelde rendement van centrales in Nederland.

Als elektriciteitsproductie wordt gedeeld door het rendement van nieuwe elektriciteitscentrales dan wordt daarmee minder fossiele brandstoffen uitgespaard. Zo komt variant 3 aan een lagere EPL-score dan op grond van de met het OEI-model berekende primaire energiegebruik verwacht. De filosofie achter de EPL-methodiek is dat met de investering in een WKK-installatie een nieuwe decentrale elektriciteitsproductie-eenheid wordt neergezet, die vergeleken moet worden met een nieuwe elektriciteitscentrale.

Ook de besparing door toepassing van PV wordt met deze methodiek in de EPL-score bena-deeld.