

Energievisie Geerpark, Heusden

Eindrapport

Hanneke Manders
Inge Wijgerse
Pieter Klep

Rapportnummer: 03HM80283000

BuildDesk Benelux B.V., Delft

Delft, 7 april 2009

COLOFON

BuildDesk Benelux B.V., Delft
Postbus 2960, 2601 CZ Delft
Oude Delft 49, Delft
Telefoon: 015 - 2150215
Telefax: 015 - 2150216
E-mail: info@builddesk.nl
Internet: www.builddesk.nl

Projectnummer: 80283000
Projecttitel: Energievisie Geerpark Heusden
Opdrachtgevers: Provincie Noord-Brabant, Gemeente Heusden, Woonveste

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, elektronisch op geluidsband of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van BuildDesk Benelux BV.

Samenvatting

In de wijk Geerpark in de gemeente Heusden komen ongeveer 700 nieuwbouwwoningen in zowel het duurdere als het goedkopere segment. De gemeente Heusden, Provincie Noord-Brabant en Woonveste willen Geerpark ontwikkelen als een duurzame en energiezuinige locatie. Geerpark is door de provincie benoemd als proeftuin 'Nieuwbouw', die zich kenmerkt als concreet, zichtbaar, samen en innovatief. Gezamenlijk hebben de drie bovengenoemde partijen (hierna te noemen de opdrachtgevers) de visie en ambities voor Geerpark vastgesteld. Zo ook de ambities op het gebied van duurzaamheid. Geerpark moet ontwikkeld worden tot een duurzame en energiezuinige locatie. Om deze ambities te bereiken is een EPC tussen 0 en 0,4 vastgesteld. Wij hebben onderzoek gedaan naar de effecten en kosten van verschillende energieconcepten voor Geerpark.

Scenario's

Om na te gaan welke energiesystemen in Geerpark toepasbaar zijn, is een integrale afweging gemaakt. Dit houdt in dat allerlei systemen zijn bekeken aan de hand van verschillende criteria. Hierbij speelde niet alleen de energieprestatie een rol, maar bijvoorbeeld ook de innovativiteit en de invloed op de ruimte. Naar aanleiding van deze afweging zijn vijf scenario's uitgewerkt, waarbij in alle woningen douchewarmteterugwinning en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning wordt toegepast:

- a) Passiefhuizen met luchtwarmtepomp, zonnecollector
- b) Ondiepe geothermie met warmtepompboiler
- c) Collectieve warmtekoudeopslag per cluster, met warmtepompboilers, zonnecollectoren, extra isolatie in de woningen.
- d) Collectieve warmtekoudeopslag per cluster voor de rijwoningen en appartementen
Individuele verticale bodemwarmtewisselaars voor de overige woningen
In de woningen verder zonnecollectoren en extra isolatie
- e) Restwarmte van een biogas Warmtekrachtkoppelingcentrale
In de woningen verder zonnecollectoren en extra isolatie

Daarnaast hebben we gekeken naar de mogelijkheden van toepassing van PV bij het passiefhuisconcept, zodat een energienota-neutrale woning ontstaat.

Toelichting op duurzame energiesystemen/concepten

Verticale BodemWarmteWisselaar (VBWW)

Bij verticale bodemwarmtewisselaars vindt warmte-uitwisseling plaats met de bodem via een gesloten systeem. In de woning brengt een warmtepomp het warmte water uit het systeem op hogere temperatuur.

Warmte-koude-opslag (WKO)

In de winter wordt uit een bron warm grondwater omhoog gepompt en – na gebruik van de warmte door middel van een warmtepomp - afgekoeld teruggepompt in een andere bron. In de zomer wordt de pomprichting omgekeerd en wordt het koude water opgepompt voor ruimtekoeling en opgewarmd weer teruggepompt..

Ondiepe Geothermie

Dit is een soortgelijk systeem als WKO, maar er wordt dieper geboord en heter water opgepompt, wat direct gebruikt kan worden voor lage temperatuurverwarming. Daarnaast is nog wel apparatuur nodig voor warm tapwater. Bi diepe geothermie is geen aanvullende apparatuur nodig, maar vanwege de hogere boorkosten ten opzichte van ondiepe geothermie is dat systeem pas haalbaar bij enkele duizenden woningen.

Warmteterugwinning (WTW)

Bij warmteterugwinning wordt gebruik gemaakt van de warmte van af te voeren ventilatielucht of douchewater om verse ventilatielucht respectievelijk koud douchewater voor te verwarmen.

Zonnecollector

Een zonnecollector is een apparaat dat zonlicht omzet in warmte. Deze warmte kan vervolgens gebruikt worden voor het verwarmen van tapwater en/of ruimtes.

Passiefhuis

Extreem goed geïsoleerde woningen die nauwelijks nog warmtevraag hebben voor ruimteverwarming. Deze woningen maken optimaal gebruik van passieve zonne-energie waarmee de warmtevraag grotendeels ingevuld wordt en waarmee oververhitting van de woning wordt vermeden.

Consequenties

In de onderstaande tabel zijn de effecten in financiële zin en met betrekking tot de energieprestaties van de scenario's weergegeven. De effecten zijn beschreven ten opzichte van een referentiesituatie met als uitgangspunt een EPC van 0,8 (huidige eis) en EPC 0,6 (eis per 2011). Hoewel deze EPC's ruim hoger liggen dan de ambities van Geerpark is de referentie nodig om een beeld te kunnen geven van de investeringen die gemoed gaan met de gestelde ambities.

In de tabel zijn de scores zo ingevuld dat + positief is voor het systeem en – negatief.

Dit betekent voor de parameters:

Eerste investering / woonlasten: -- (heel duur) tot ++ (zeer goedkoop)

Bijdrage CO₂ reductie / innovativiteit : -- (weinig) tot ++ (veel)

Invloed op landschap / benodigde ruimte: -- (veel) tot ++ (weinig)

0 is neutraal en betekent in principe geen verschil t.o.v. een conventioneel systeem.

	Eerste investering	Woonlasten	NCW	Bijdrage reductie CO2 uitstoot	Innovativiteit	Gemiddelde EPC	Climate Ready	Invloed op het landschap	Benodigde ruimte
Scenario a: Passiefhuis met LWP	-	++	+	++	++	0,2	Ja	0	0
Scenario a+: Passiefhuis met LWP incl. PV	--	++	+	++	++	0,0	Ja	0	0
Scenario b: Ondiepe geothermie icm warmtepompboiler	+	+	++	++	++	0,3	Ja	0	0
Scenario c: WKO coll. + coll. WP	+	0	++	++	-	0,4	Ja	0	0
Scenario d: WKO combinatie	+	+	+	++	-	0,4	Ja	-	-
Scenario e: Biogas WKK	++	0	-	++	++	0,3	Nee	-	--

Om energienootaneutraal te bereiken is variant a+ het meest geschikt, waarbij PV panelen gebruikt worden voor elektriciteitopwekking. Het systeem is hierbij volledig in de handen van de bewoner. Dit is ook het systeem waarbij de bewoners op de langere termijn de laagste lasten hebben, waarbij een redelijk innovatief systeem gebruikt wordt en koeling mogelijk is.

Qua meerinvestering en NCW (netto contante waarde) is variant c, collectieve WKO per cluster het meest interessant. Aandachtspunt hierbij is dat er waarschijnlijk een energie-exploitant bij betrokken is die ook financieel voordeel wil behalen. De kosten zullen hierdoor voor de bewoners omhoog gaan.

De scenario's hebben consequenties op verschillende vlakken. Op het ene vlak is het ene scenario het voordeligste en op het andere vlak het andere scenario. Dit betekent dat een afweging gemaakt moet worden tussen relatieve voor- en nadelen. Welk voor of nadeel als meest belangrijk wordt ervaren kunnen wij niet beoordelen, dit hangt af van de wensen en belangen van de gemeente, provincie en Woonveste.

Financiering en organisatie

Een EPC van minder dan 0,4 vraagt een meerinvestering. Deze meerinvesteringen worden in de exploitatiefase duidelijk terugverdiend, gezien de positieve NCW's. Echter, de meerinvestering moet wel in het begin gedaan worden.

De meerinvestering kan door de verschillende betrokken partijen gedaan worden. Dit kan op verschillende manieren gebeuren, bijvoorbeeld:

1. De gemeente: door middel van subsidies of verlaging van de grondprijs.
2. Een energie-exploitant: deze doet de meerinvestering en verreken dit over de jaren in het vastrecht en energietarieven. Vastrecht en energietarieven zijn daarbij variabelen en tevens communicerende vaten.
3. De projectontwikkelaar: een projectontwikkelaar kan ervoor kiezen om als energieleverancier op te treden. Een andere optie is dat de projectontwikkelaar wil investeren in duurzaamheid voor imago of kennisontwikkeling.
4. De bewoner: de projectontwikkelaar kan de prijs van de woning verhogen.

Een verdeling van de meerkosten is natuurlijk ook mogelijk. Op welke manier deze meerinvestering het beste gefinancierd kan worden (welke gedeelte in de grondprijs, in de vastgoedprijs etc. verwerkt gaat worden) moet in gezamenlijk overleg met de verschillende partijen bepaald worden. Tot slot wordt aanbevolen onderzoek te doen naar subsidiemogelijkheden.

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
2	Uitgangspunten	3
3	Energiemaatregelen	5
3.1	Overzicht mogelijk uit te werken maatregelen.....	5
3.2	Afweging van de systemen.....	8
3.2.1	Verlagen van de warmtevraag.....	8
3.2.2	Warmte	8
3.2.3	Tapwater	11
3.2.4	WKK.....	12
3.2.5	Elektriciteit.....	12
3.3	Conclusie	13
4	Berekeningen	14
4.1	Investering, NCW en woonlasten	15
4.2	Energienul	19
4.3	Energienotaneutraal.....	20
4.4	Conclusies berekeningen	22
4.5	De vraagkant	22
5	Gevoelheidsanalyse en consequenties	24
6	Stedenbouwkundige en architectonische randvoorwaarden en maatregelen	27
6.1	Energiebesparende maatregelen	27
6.2	Passieve zonne-energie	28
6.3	Actieve zonne-energie	31
6.4	Warmte-koudeopslag en warmtepomp.....	34
6.5	Overige systemen.....	36
6.6	Energie in de openbare ruimte.....	37
7	Financiering & organisatie	38
7.1	Financiering.....	38
7.2	Duurzaamheid en sociale huurwoningen.....	39
8	Conclusies & aanbevelingen.....	41
8.1	Conclusies	41
8.1.1	Financiële consequenties	41
8.2	Aanbevelingen	41
8.2.1	Gasaansluiting	41
8.3	Ontwerp.....	42
	Bijlagen	43
	Bijlage 1: Verklarende woorden- en afkortingenlijst.....	44
	Bijlage 2: Gebruikte referentiegebouwen SenterNovem.....	48
	Bijlage 3: Tabel uitgangspunten.....	63
	Bijlage 4: WKO, Aspecten van systeemkeuze.....	65
	Bijlage 5: Cijfermatige verdeling van de investeringen.....	72
	Bijlage 6: Woonlasten per woning en per scenario.....	74
	Bijlage 7: NCW berekening	81

1 Inleiding

De gemeente Heusden, Provincie Noord-Brabant en Woonveste willen voor de wijk Geerpark onderzoeken wat de effecten en kosten zijn van verschillende energieconcepten. Dit onderzoek moet een afgewogen keuze tussen de verschillende energieconcepten mogelijk maken.

De ontwikkeling van Geerpark is een gezamenlijk proces van de gemeente Heusden, de Provincie Noord-Brabant en woningcorporatie Woonveste. Geerpark is door de provincie benoemd als proeftuin 'Nieuwbouw', die zich kenmerkt als concreet, zichtbaar, samen en innovatief. Gezamenlijk hebben de drie bovengenoemde partijen (hierna te noemen de opdrachtgevers) de visie en ambities voor Geerpark vastgesteld. Zo ook de ambities op het gebied van duurzaamheid. Geerpark moet ontwikkeld worden tot een duurzame en energiezuinige locatie. Om deze ambities te bereiken is een EPC tussen 0 en 0,4 vastgesteld. In Geerpark komen ongeveer 700 nieuwbouwwoningen in zowel het duurdere als het goedkopere segment, verdeeld over 10 clusters.



Figuur 1.1: de locatie Geerpark, verdeeld in 10 clusters

De hier benoemde en de overige uitgangspunten bespreken we in hoofdstuk 2. Met de ambities van de opdrachtgevers als criteria zullen we verschillende duurzame energiemaatregelen afwegen. Dit wordt beschreven in hoofdstuk 3.

Uit deze afweging volgen 5 varianten die we verder zullen onderzoeken. Dit onderzoek resulteert in een overzicht van onder andere de extra investeringskosten, Netto Contante Waarde (NCW) na 30 jaar en energieprestatie van de wijk. Hoofdstuk 4 gaat in op deze resultaten. Ook beschrijven we de consequenties van een aantal van de varianten. Deze consequenties zijn terug te vinden in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 zal vervolgens in gaan op de stedenbouwkundige en architectonische randvoorwaarden. Tot slot beschrijven we in hoofdstuk 7 de financiering en organisatie rondom duurzame energiesystemen. Uit de resultaten volgen een aantal conclusies en aanbevelingen voor de wijk Geerpark. Deze staan weergegeven in hoofdstuk 8.

In de bijlagen vindt u onder andere een verklarende woordenlijst, de referentiewoningen en een tabel met uitgangspunten. Daarnaast gaan we in bijlage 3 nader in op de belangrijkste verschillen tussen individuele en collectieve warmte-koude-opslag (WKO) systemen. Ook worden de berekeningen die uitgevoerd zijn nader verklaard.

2 Uitgangspunten

Om de berekeningen zo specifiek mogelijk te maken voor de locatie is voor het aantal en het type woningen gebruik gemaakt van de woningen zoals in Geerpark gepland zijn. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de woningdifferentiatie zoals door de gemeente gepland.

Type woning	Aantal
Eengezinswoningen	305
Appartementen	120
2-onder-1 kap	144
Vrijstaand	100

Tabel 2.1: geplande woningen in Geerpark

Bovenstaande leidt tot de volgende energie- en vermogensvragen:

Woningen		
Koelvermogen	3395	kW/jaar
Verwarmingsvermogen	6175	kW/jaar
Koelvraag	1300	MWh/jaar
Warmtevraag – ruimteverwarming	2500	MWh/jaar
Warmtevraag – tapwater	2775	MWh/jaar
Elektriciteitsvraag	2550	MWh/jaar

Tabel 2.2: energie- en vermogensvraag

De ambities voor Geerpark liggen hoog: een EPC van tussen 0 en 0,4 is gewenst, energieneutrale woningen is een reële optie. In dit onderzoek nemen we daarom deze EPC-waarde als uitgangspunt en bekijken we wat de mogelijkheden zijn om hieraan te voldoen. Met deze ambitie loopt Geerpark ver voor op het bouwbesluit.

Energieprestatie-maten

De energie-efficiëntie van gebouwen wordt uitgedrukt in de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC). De EPC wordt berekend op basis van de gebouweigenschappen, de gebouwgebonden installaties en een gestandaardiseerd gebruikersgedrag. Hoe lager de EPC des te beter de energie-efficiëntie. Sinds 2007 is de EPC vastgesteld op 0,8. In 2011 zal deze eis op 0,6 komen te liggen en vanaf 2015 op 0,4. Dit betekent dat gebouwen steeds energie-efficiënter zullen zijn in het gebruik.

De Energie Prestatie op Locatie (EPL) is net als de EPC een maat voor de energetische kwaliteit, maar dan voor een hele bouwlocatie inclusief de energievoorziening die voor en/of in deze locatie is aangelegd. De EPL kent een schaal van 0 tot 10, waarbij 10 staat voor een ideaalsituatie waarbij geen fossiele brandstoffen worden gebruikt.

Gasloze wijk

Het streven is te komen tot een energienul concept voor de woningen in Geerpark. Dit houdt in dat er geen fossiele brandstoffen gebruikt worden. Daarom wordt er bij de energieconcepten gekeken naar mogelijkheden die geen gas als brandstof gebruiken. Dit houdt in dat de warmtevoorziening in de woningen met elektriciteit verzorgd zal worden. De opdrachtgever heeft aangegeven dat er zo mogelijk voorkomen dient te worden dat de woningen hierdoor een zwaardere elektriciteitsaansluiting nodig hebben, waar de bewoners meer voor zullen moeten betalen.

Met de benodigde capaciteit van de systemen zal hier rekening mee gehouden worden. Waar geen rekening mee gehouden kan worden is het gebruik van luxe apparatuur in de woningen die door gelijktijdigheid van gebruik met het energiesysteem alsnog een verzwaarde aansluiting nodig zullen maken. Een regeling in de woning die deze gelijktijdigheid kan voorkomen zal nodig zijn.

De netbeheerder van de regio kan aangeven wel een gasinfrastructuur aan te willen leggen in de wijk. Wij willen de gemeente er graag op attent maken dat de gemeente zelf hier beslisrecht over heeft. Dus dat de gemeente de netbeheerder erop kan wijzen dat dit niet de bedoeling is.

Referentie

Bij een onderzoek naar verschillende energieconcepten is, om vergelijking mogelijk te maken, een referentiemodel nodig. SenterNovem beschikt over dergelijke referentiemodellen en deze vormen dan ook de basis van dit onderzoek. In bijlage 2 zijn de gegevens van deze referentiewoningen weergegeven.

Als referentie geldt het scenario met een woning met een conventioneel systeem, HR ketel en airco waarmee een EPC van 0,8 wordt behaald. In het referentiescenario gaan we uit van de toepassing van een airco om een juiste vergelijking te maken met de varianten, omdat koeling een belangrijke rol speelt in de klimaatbestendigheid ("Climate Ready") van de woningen. Hierbij dient vermeld te worden dat hierdoor de initiële investering van de referentie hoger ligt dan in werkelijkheid omdat een airco niet een standaard installatie is.

Als extra vergelijking is er een referentie EPC 0,6 opgenomen. Hier wordt uitgegaan van woningen met extra isolatie tov de referentie EPC 0,8 en een douchewarmte-terugwinningssysteem.

Voor Geerpark zijn hoge ambities gesteld. De hier beschreven referentie is dan ook niet een optie voor realisatie, slechts om vergelijking mogelijk te maken, en om een beeld te geven van de kosten ten opzichte van de huidige standaard.

3 Energiemaatregelen

In dit hoofdstuk worden de verschillende energiemaatregelen die genomen kunnen worden besproken en een afweging gemaakt welke interessant zijn voor Geerpark. Het doel van de energiemaatregelen is het komen tot een energienul danwel energienotanul woning, waarbij innovativiteit en climate ready belangrijke factoren zijn.

Energienul woning

Een energienul woning is een woning waar over het jaar gezien de hoeveelheid verbruikte fossiele energie 0 is. Dit betekent dat er zowel warmte duurzaam opgewekt wordt als alle elektriciteit die verbruikt wordt in de woningen.

Energienotanul

Een energienotaneutraal woning is een woning waar de bewoner netto niets betaalt voor zijn energiegebruik. Dit kan door terug te leveren aan het net of door volledig eigenaar te zijn van de systemen.

Om tot een energienul danwel energienotanul woning te komen dient er onderscheid gemaakt te worden tussen energiemaatregelen met betrekking tot warmte en met betrekking tot elektriciteit. Daarnaast zijn er systemen die zowel warmte als elektriciteit kunnen leveren, de zogeheten warmtekrachtkoppeling systemen (WKK).

3.1 Overzicht mogelijk uit te werken maatregelen

Voor Geerpark is een duurzaam en eventueel innovatief systeem gewenst, waarbij een integrale aanpak van belang is. Ook een integrale afweging tussen de maatregelen is dus noodzakelijk. Om te kijken wat de mogelijkheden zijn voor Geerpark is een tabel uitgewerkt waarin de maatregelen zijn beschreven en waarin zij getoetst zijn aan bepaalde criteria, gebaseerd op deze integrale afweging. We kijken dus niet alleen naar de kosten en de energiebesparing, maar bijvoorbeeld ook naar de benodigde ruimte op gebiedsniveau of op gebouwniveau.

De volgende criteria hebben we bekeken:

- De eerste investering die gedaan moet worden om het systeem aan te schaffen.
- Woonlasten; de woonlasten bestaan uit de onderhoudskosten plus de energiekosten en indien van toepassing het vastrecht.
- Bijdrage reductie CO₂ uitstoot; hoeveel CO₂ reductie is met het systeem te behalen t.o.v. het gebruik van conventionele brandstoffen.
- De mate van innovativiteit; innovativiteit is een belangrijke ambitie van Geerpark, als proeftuin. We bepalen de mate van innovativiteit aan de hand van bekendheid en aanwezigheid van het systeem in Nederland.
- Climate Ready; in hoeverre kan het systeem mee in de klimaatverandering? Als de temperaturen gaan stijgen, wat voor gevolgen heeft dat voor de werking van het systeem? Is het mogelijk met het systeem te koelen?
- Invloed op het landschap; hoe groot is de invloed van de maatregelen op het landschap, zowel qua zichtbaarheid als m.b.t. benodigde aanpassingen in het landschap.

- Benodigde ruimte; hoeveel ruimte is er nodig om het energiesysteem te plaatsen en voor bijvoorbeeld leidingen?

In de tabel zijn de scores zo ingevuld dat + positief is voor het systeem en – negatief.

Dit betekent voor de parameters:

Eerste investering / woonlasten: -- (heel duur) tot ++ (zeer goedkoop)

Bijdrage CO₂ reductie / innovativiteit : -- (weinig) tot ++ (veel)

Invloed op landschap / benodigde ruimte: -- (veel) tot ++ (weinig)

0 is neutraal en betekent in principe geen verschil tov een conventioneel systeem.

Mogelijkheden op wijkschaal

	Eerste investering	Woonlasten	Bijdrage reductie CO ₂ uitstoot	Innovativiteit	"Climate Ready"	Invloed op het landschap	Benodigde ruimte
Warmte							
WKO + collectieve warmtepomp	-	0	++	-	Ja	0	0
Diepe geothermie	--	+	++	+	Nee	0	0
Ondiepe geothermie icm warmtepompboiler	--	-	++	++	Ja	0	0
Restwarmte glastuinbouw	-	--	+	-	Nee	0	0
Restwarmte industrie icm warmtepompboiler	--	+	+	++	Ja	0	0
<i>Warmte voor regeneratie</i>							
Oppervlaktewater	-	--	+	++	Nee	0	-
Energie uit asfalt	-	--	+	++	Nee	0	-
WKK							
Biomassa WKK Houtverbranding	--	0	+	0	Nee	-	--
Biomassa WKK Houtvergassing	--	-	++	++	Nee	-	--
Biogas WKK	--	0	++	++	Nee	-	--
Elektriciteit							
Windmolens groot	-	+	++	-	NVT	--	0
Windmolens klein	--	--	+	+	NVT	-	-
PV collectief	--	-	++	++	NVT	0	--

Als er gekozen wordt voor een systeem met warmte en koude opslag zal er hoogstwaarschijnlijk regeneratie van de bodem nodig zijn. Hier kunnen opties zoals energie uit oppervlaktewater en energie uit asfalt voor gebruikt worden.

Mogelijkheden op gebouwschaal

	Eerste investering	Woonlasten	Bijdrage reductie CO2 uitstoot	Innovativiteit	"Climate Ready"	Benodigde ruimte
Verlagen van warmtevraag						
Passiefhuis	--	++	++	++	Nee	+
Warmte						
WKO + individuele warmtepomp	-	++	++	-	Ja	-
Verticale Bodemwisselaar + individuele WP	--	+	++	-	Ja	-
Luchtwarmtepomp	0	+	+	+	Ja	--
Pelletkachel	+	+	+	-	Nee	-
Tapwater						
Zonnecollector	+	+	+	-	Nee	+
Douche-WTW	0	0	+	-	Nee	-
WKK						
Micro-WKK	--	+	+	+	Nee	--
Elektriciteit						
PV per woning	--	+	++	+	NVT	0
Gebouwgebonden windturbine	-	0	+	++	NVT	-

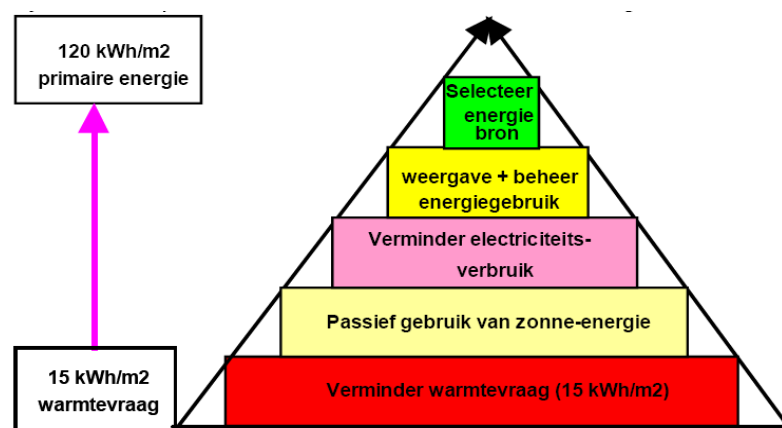
Als we kijken op gebouwschaal is het belangrijk onderscheid te maken tussen maatregelen die bijvoorbeeld de warmtevraag kunnen verlagen en maatregelen die energie kunnen leveren. Om de warmtevraag te verlagen kan een woning beter geïsoleerd worden dan het bouwbesluit verlangt. Een concept waarbij uitgegaan wordt van verlaging van de warmtevraag is het passiefhuis.

3.2 Afweging van de systemen

3.2.1 Verlagen van de warmtevraag

De term passiefhuis staat voor een specifieke bouwstandaard voor woningen met een comfortabel binnenklimaat, gedurende zowel het zomer- als het winterseizoen, met een beperkt verwarmingssysteem en zonder de toepassing van actieve koeling. Een passiefhuis heeft een hoge mate van thermische isolatie met een thermisch onderbroken constructie, goede kierdichting en maakt gebruik van passieve zonne-energie. Een goed binnenklimaat is verzekerd door gebalanceerde ventilatie met hoge mate van warmte terugwinning. Hernieuwbare energiebronnen kunnen aangewend worden om in de resterende energievraag te voorzien, zo is een energieneutrale woning te realiseren. Voorwaarden om een woning een passiefwoning te noemen zijn:

- De totale energievraag voor ruimteverwarming en -koeling bedraagt maximaal 15 kWh/m² gebruiksoppervlak.
- De totale primaire energiebehoefte voor alle apparaten, warm tapwater, ruimteverwarming en ruimtekooling bedraagt maximaal 120 kWh/m² gebruiksoppervlak.



Kyoto piramide – stappenplan Trias Energetica voor Passiefhuis

Figuur 3.1: stappenplan voor passiefhuis

Passiefwoningen is een innovatief concept dat de Trias Energetica als uitgangspunt heeft.

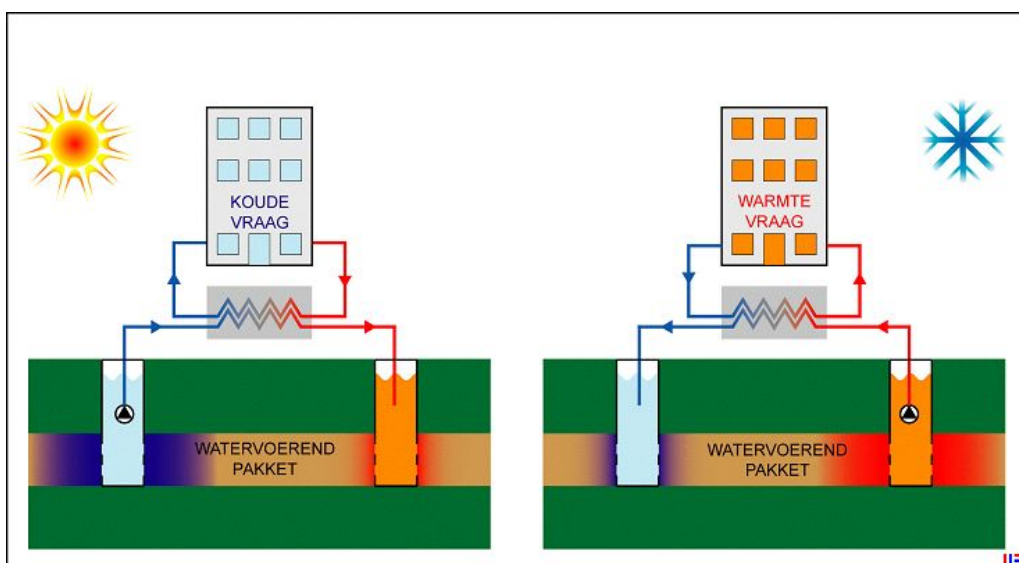
3.2.2 Warmte

Zowel op wijkniveau als per woning is de bodem een duurzame bron van warmte. Hier kan op verschillende manieren gebruik van gemaakt worden:

- Warmte koude opslag met warmtepomp, individueel of collectief;
- Een verticale bodem warmtewisselaar met warmtepomp;
- Diepe geothermie;
- Ondiepe geothermie icm warmtepompboiler.

Bij een **warmte koude opslag (WKO)** systeem worden er twee putten in de bodem geboord. Het onderzoek van Essent heeft uitgewezen dat op de locatie van Geerpark er zowel op 40 als op 80 meter diep geschikte aquifers zijn. Het omhoog gehaalde wat heeft een temperatuur van zo'n 18 graden, wat vervolgens door een warmtepomp naar de benodigde temperatuur gebracht wordt. Een systeem met een warmtepomp kan zowel verwarmen in de winter als koelen in de zomer. Voor de warmtepomp is elektriciteit nodig. Bij een woning met isolatie volgens bouwbesluit is er een dusdanig grote warmtepomp nodig dat er een verzwaarde elektriciteitsaansluiting nodig is. Als er beter geïsoleerd wordt is er een kleinere warmtepomp nodig die ook op een normale aansluiting kan draaien.

De warmtepomp kan een collectieve pomp zijn, die de gehele wijk voorziet van warmte en/of koude, of een individuele warmtepomp, die in elke woning geplaatst wordt. In beide gevallen is er een warmtenet nodig. Dit is alleen interessant als de woningen niet te ver van elkaar verwijderd liggen, omdat de leidinglengtes dan beperkt blijven. De kosten voor leidingen zijn hoog, bij te grote leidinglengtes is de aanleg van een warmtenet dan ook niet rendabel. WKO is een veel beproefde manier van duurzame warmte en koude opwekking die zowel bij woningen als bij voorzieningen al veel is toegepast. Inmiddels is WKO niet meer te beschouwen als een echt innovatieve oplossing voor een duurzame wijkvoorziening, maar het is zeker wel een maatregel die de moeite waard is om te bekijken.



Figuur 3.2: Werking van een WKO systeem (bron: IF Technology)

Het is ook mogelijk per woning een bron te boren en gebruik te maken van een **verticale bodem warmte wisselaar**, waarbij er ook gebruik gemaakt wordt van een warmtepomp. In principe werkt dit systeem hetzelfde als een WKO systeem met individuele warmtepomp, alleen is de bron anders. Dit is vaak de meest interessante optie als de woningen ver van elkaar verwijderd liggen, omdat er geen warmtenet aangelegd hoeft te worden. Ook dit systeem is niet meer te beschouwen als innovatief systeem, maar is wel interessant omdat er ook gekoeld kan worden in de zomer.

Om volledig gebruik te maken van de warmte van de aarde kunnen er ook veel diepere putten geboord worden (tot 2 km), waarbij het water zo warm is (70-80 graden) dat een warmtepomp niet meer nodig is. Dit noemen we **diepe geothermie**. Het boren tot op deze diepte is een zeer duur en gecombineerd met een warmtenet wordt dit pas rendabel als er meer dan 4000 woningen aangesloten kunnen worden.

Het gebruik van lage temperatuur verwarming heeft het mogelijk gemaakt om minder diep te boren (1 km), waarbij we spreken van **ondiepe geothermie**. Het water wordt op 45 graden uit de grond gepompt en is direct te gebruiken voor de verwarming van woningen. Om het tapwater op hogere temperatuur te brengen is het handig om een warmtepompboiler te gebruiken. Als er vervolgens een extra boilervat in de woning geplaatst wordt om het afgekoelde water op te vangen, is (beperkte) koeling in de woning mogelijk. Ondiepe geothermie is zeer innovatief en zeker interessant voor Geerpark. Er is nog wel een bodemonderzoek vereist naar 1 km diepte om te kijken of de bodem van de locatie hiervoor geschikt is.

Voor de warmtevoorziening kan er ook gekeken worden naar de mogelijkheden in het gebruik van **restwarmte**, voor Geerpark liggen mogelijkheden in:

- glastuinbouw op 1 km afstand
- industrie op 3 km afstand

Bij het gebruik van restwarmte is zekerheid over de levering van voldoende warmte door de tuinbouw danwel industrie van belang. Dit is een afbreukrisico. Het nadeel van het gebruik van restwarmte is dat er geen mogelijkheid is tot koeling, hoewel ook hier het mogelijk is om gebruik te maken van een warmtepompboiler met een extra boilervat om beperkte koeling mogelijk te maken. We verwachten dat de glastuinbouw niet voldoende warmte kan leveren om de gehele wijk te voorzien. De investering voor het aansluiten van een warmtenet bij de industrie en een warmteleiding van 3 km is te hoog om deze optie rendabel te maken voor het aantal woningen in Geerpark.

Bij toepassing van warmte-koude opslag is het noodzakelijk dat de bronnen in evenwicht blijven. De praktijk wijst uit dat wij vaak meer warmte gebruiken dan koude, waardoor de bronnen uit evenwicht kunnen raken. Het is dan nodig om gebruik te maken van een regeneratiebron. **Bronnen van regeneratie zijn asfalt en water.** Beide manieren van regenereren worden al toegepast maar zijn nog redelijk innovatief. Omdat regeneratie geen invloed heeft op de EPC nemen we dit niet verder mee als maatregel.

Mogelijkheden voor opwekken van warmte **in de woning** zelf kan door middel van het gebruik van een luchtwarmtepomp, of een pelletkachel.

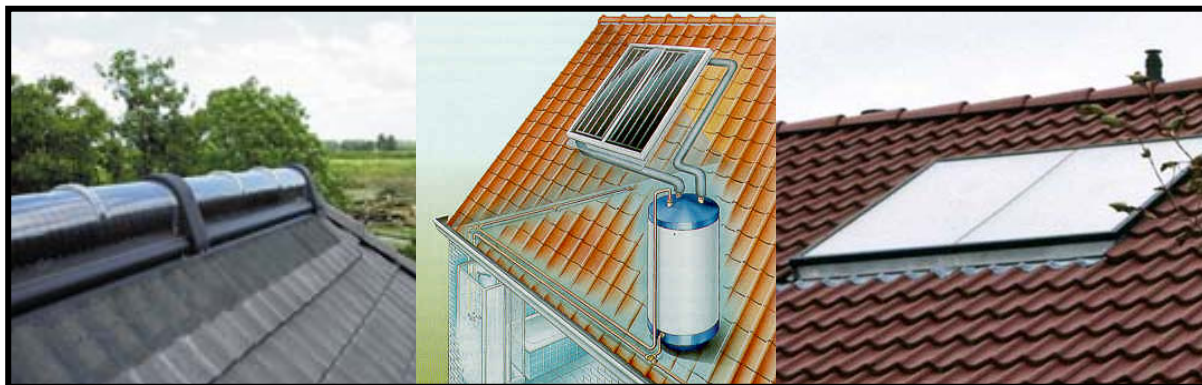
Door het gebruik van de buitenlucht als bron, heeft een **luchtwarmtepomp** een lager rendement dan een warmtepomp die water als warmtebron gebruikt. De mogelijkheden voor koeling zijn hierdoor ook beperkt. Als een woning zeer goed geïsoleerd is, zoals bij een passiefhuis, is een luchtwarmtepomp een zeer interessante optie. Dit omdat er geen boringen nodig zijn voor de bron en het daarmee veel kosten bespaart.

Een **pelletkachel** is een relatief goedkoop en eenvoudig systeem. Het is echter weinig innovatief en heeft bovendien geen mogelijkheden voor koeling. Een pelletkachel is afhankelijk van de aanwezigheid of aanlevering van hout, en is daarmee meer arbeidsintensief. Voor Geerpark lijkt de pelletkachel niet een heel geschikte optie.

3.2.3 Tapwater

Naast de systemen waarmee warmte opgewekt kan worden zijn er ook nog systemen die het tapwater kunnen verwarmen, zoals de zonnecollector en de douche-warmteterugwinning (douche-WTW).

Een **zonnecollector** is een systeem dat zich inmiddels bewezen heeft en rendabel is. Zonnecollectoren zijn vooral bedoeld voor de verwarming van tapwater en de invloed op de CO₂ besparing is afhankelijk van het systeem, dat het tapwater verwarmt. Ook het soort woning heeft invloed hierop. Bij een rijwoning is de tapwatervraag groter dan de warmtevraag en is de invloed van besparen op tapwater groter dan van vrijstaande woningen waar de warmtevraag veel groter is. Omdat de invloed op de EPC niet per definitie hoog is, zullen we de zonneboiler niet als uitgangspunt nemen voor de scenario's. Wel is het mogelijk dat zij uiteindelijk worden toegepast om te zorgen dat de EPC op het gewenste niveau komt.



Figuur 3.3: Voorbeelden van toepassingsmogelijkheden zonneboilers

Ook voor de **douche-WTW** geldt dat het een systeem is dat in verhouding tot andere maatregelen een beperkte bijdrage levert aan de beperking van de CO₂ uitstoot. Een douche-WTW gebruikt de warmte die van het douchewater komt om het tapwater mee te verwarmen. De investering voor een douche-WTW is beperkt. Net als de zonneboiler zal de douche-WTW niet dienen als uitgangspunt, maar zullen wij deze wel in de varianten gebruiken om de EPC verder te verlagen.

3.2.4 WKK

Als we spreken over een duurzame warmtekrachtkoppeling is dit met biomassa of biogas als brandstof. Er zijn 3 opties die interessant zouden kunnen zijn:

- Houtverbranding
- Houtvergassing
- Biogas

Voor **houtverbranding** en **–vergassing** dient er voldoende toegang tot hout te zijn. In het kader van de duurzaamheid heeft is het belangrijk dat dit hout uit de omgeving komt. De aanwezigheid van de Loonse en Drunense Duinen is voor dit systeem gunstig. De realisatie van dit systeem vergt een hoge investering voor deze hoeveelheid woningen. Omdat het verder ook geen directe vorm van koeling kan leveren zullen deze opties verder niet beschouwd worden. Een andere optie is het plaatsen van een biogasinstallatie bij een tuinder. Uit onderzoek van Essent is gebleken dat er geen initiatieven bekend zijn van de tuinders, maar wel blijkt er een initiatief te zijn van een afvalverwerker. Omliggende tuinders kunnen elektriciteit en warmte hiervan afnemen. De verwachting is dat er voldoende warmte opgewekt wordt om ook Geerpark aan te kunnen sluiten op een warmtenet. Hoewel dit geen koeling kan leveren zal dit systeem verder beschouwd worden omdat dit zeer rendabel kan zijn.

Op woningniveau is toepassing van een **micro-WKK** mogelijk. Een micro-WKK installatie kan op haalt de energie uit gas of biogas. Al is het een efficiënt gebruik van gas, fossiele brandstoffen hebben niet de voorkeur. Als er inderdaad een grotere biogasinstallatie geplaatst gaat worden is dit rendabeler en zal er geen toevoer mogelijk zijn van biogas naar Geerpark.

3.2.5 Elektriciteit

Om elektriciteit op een duurzame manier op te wekken zijn er twee bronnen beschikbaar:

- Energie uit wind, door middel van kleine of grote turbines.
- Energie uit de zon, door middel van fotovoltaïsche cellen, collectief en / of per woning.

Grote windturbines hebben bewezen een zeer rendabele manier te zijn om elektriciteit op te wekken. Het plaatsen van grote windturbines brengt een lang traject met zich mee, maar is de meest rendabele manier voor het duurzaam opwekken van elektriciteit. Essent heeft in hun energiescan aangegeven dat het mogelijk zou moeten zijn om 5 windturbines te plaatsen van 2- 3 MW. Deze turbines hebben een hoogte van ongeveer 100m. Voor de plaatsing van grote windturbines gelden een aantal voorwaarden met betrekking tot de afstand tot woningen, bedrijven en infrastructurele constructies. Voor een turbine met een hoogte van 100m gelden de volgende voorwaarden:

- 400 meter van woningen;
- 100 meter van bedrijven;
- 50 meter van infrastructurele constructies;
- 400 meter tussen de turbines.

Wij raden aan grote windmolens zeker in overweging te nemen.

Naast de bekende grote windturbines komen er steeds meer **kleine stedelijke windturbines** op de markt. Stedelijke windmolens zijn over het algemeen kleinere varianten van de bekende grote turbines. Zij zijn er in twee varianten: de turbines op een paal en de gebouwgebonden turbines. De turbines op een paal hebben zichzelf nog niet echt bewezen en zijn vrij duur per opgewekte kWh. Bovendien zijn zij vooral geschikt voor het buitengebied. In de energiescan laten we deze variant buiten beschouwing.

Meer interessant is de ontwikkeling op het gebied van gebouwgebonden windturbines. Er zijn kleine windturbines op de markt die op het dak van een woning geplaatst kunnen worden. Hoewel de gebouwgebonden windturbines nog niet geheel rendabel zijn, zijn de resultaten veelbelovend en het is een innovatieve optie.



Figuur 3.3: gebouwgebonden windturbine

Bij energie uit de zon worden fotovoltaïsche cellen gebuikt (PV). Het is mogelijk de **PV cellen** te integreren in het dak van een woning, waardoor zij geen ruimte innemen. Wel is er voldoende dakruimte nodig en bij voorkeur dakoppervlakte op het zuiden gericht. Ter indicatie: om de elektriciteit voor één eengezinswoning op te wekken is er al 40m² PV nodig. Als er niet voldoende dakruimte is of er voor gekozen wordt geen PV op de daken van de woningen te plaatsen is een andere optie het opstellen van **collectieve PV**. Dit kan bijvoorbeeld op het dak van een gemeentelijke voorziening of op een overdekte parkeerplaats.

3.3 Conclusie

Naar aanleiding van bovenstaande afweging en in overleg met de opdrachtgevers is er besloten de volgende scenario's uit te werken:

- a. Passiefhuisconcept met luchtwarmtepompen.
- b. Ondiepe geothermie in combinatie met warmtepompboilers.
- c. WKO met collectieve warmtepomp
Hier kunnen voorzieningen ook in meegenomen worden
- d. WKO combinatie
Een collectieve warmtepomp voor de rijwoningen en appartementen, gecombineerd met VBWW voor de twee-onder-één-kap woningen en de vrijstaande woningen.
- e. Restwarmte van een biogasWKK van Essent

Energie-nul woningen

Er zijn verschillende manieren waarop een woning energienul gemaakt kan worden. De projectgroep die zich bezig houdt met Geerpark is reeds bekend met het energienul-concept van Seinen Projectontwikkeling. Dit concept gaat uit van houtskeletbouw, 30cm glaswol isolatie (steenwol stoot radongas uit wat vervuilde binnenlucht veroorzaakt), een warmtepomp, zonneboiler en zonnepanelen. In deze energievisie willen we de mogelijkheden openhouden. Daarom geven we per bovenbeschreven variant aan hoeveel windturbines, groot danwel klein, of oppervlakte PV nodig is om tot energienul te komen. Zo zijn de mogelijkheden inzichtelijk en vergelijkbaar.

4 Berekeningen

Een van de uitgangspunten is het bereiken van een EPC van minder dan 0,4. Per scenario is gekeken hoe dit het beste bereikt kan worden. Hierbij dient genoteerd te worden dat de EPC en EPL die hier aangegeven worden slechts indicatief zijn, gebaseerd op een verlaging van CO₂ uitstoot ten opzichte van de referentiewoningen.

a) Passiefhuizen met luchtwarmtepomp

Bij een passiefhuis draait het om het terugdringen van de energievraag. De maximale warmte en koudevraag is 15 kWh/m². Dit is het uitgangspunt voor de berekeningen. Om de tapwatervraag te minimaliseren is er douche-WTW en een zonneboiler in het systeem opgenomen. Omdat de warmte en koudevraag zo laag is, is een luchtwarmtepomp het meest geschikte systeem om de warmte danwel koude te leveren. Gemiddelde EPC: 0,23
EPL: 8,5

b) Ondiepe geothermie icm warmtepompboiler

De grootste investering in dit systeem is het slaan van de putten tot 1 km diepte en het aanleggen van het warmtenet. Het water dat rondgepompt wordt in de wijk heeft al de goede temperatuur om direct te gebruiken voor laagtemperatuurverwarming (LTV). Het water dat retour komt uit de verwarming kan gebruikt worden door de warmtepompboiler om tapwater op te warmen. De koude die vrijkomt bij dit proces kan opgeslagen worden in een extra boilervat en gebruikt worden om de woning te koelen wanneer nodig, dus gratis koeling voor de bewoner. Het is in deze niet interessant om een zonneboiler te installeren om te besparen op warm tapwater, want dit zou minder koeling opleveren. Het gehele systeem geeft een hoge eerste investering, maar woonlasten voor de bewoner zijn laag.

Gemiddelde EPC: 0,33

EPL: 8,1

c) WKO met collectieve warmtepomp¹

De ligging van de woningen binnen de clusters is zeer positief voor een collectieve WKO per cluster, omdat er niet heel grote afstanden afgelegd hoeven te worden. Om de EPC te verlagen naar 0,4 is het installeren van een douche-WTW, een zonneboiler en extra isolatie nodig. Een gemiddelde score van 0,4 kan bereikt worden met een verdubbeling van de isolatiewaarde t.o.v. de referentiewoningen. Dit is ongeveer 25 cm isolatie in totaal, met een Rc-waarde van 6,6.

Gemiddelde EPC: 0,38

EPL: 8,0

¹ Oorspronkelijk is gezegd dat wij in deze berekening ook de voorzieningen mee zouden rekenen. Deze voorzieningen staan op ongeveer 700m van Geerpark. Er zijn een aantal redenen waarom we dit uiteindelijk niet hebben berekend. Ten eerste gaan we uit van collectieve WKO per cluster, omdat de leidinglengtes anders te groot worden. Dit maakt dat de combinatie met voorzieningen niet meer interessant is. Daarnaast zouden de scenario's door het meenemen van de voorzieningen niet meer vergelijkbaar zijn.

d) WKO combinatie

Ook hier wordt gebruik gemaakt van een collectieve warmtepomp per cluster, maar alleen de rijwoningen en appartementen worden hierop aangesloten. Dit geeft het voordeel van een kleiner warmtenet. Voor de vrijstaande woningen en de twee-onder-één-kap woningen worden verticale bodemwisselaars met een individuele warmtepomp gebruikt. Ook hier is de installatie van douche-WTW, een zonneboiler en verdubbeling van de isolatiewaarde van de woningen nodig om tot een EPC van 0,4 te komen. Door de verdubbeling van de isolatiewaarde is een verzwaarde elektriciteitsaansluiting niet nodig bij de individuele warmtepompen.

Gemiddelde EPC: 0,38

EPL: 8,0

e) Restwarmte van een Biogas-WKK

Bij dit systeem is het uitgangspunt dat de volledige warmtevraag, zowel voor ruimteverwarming als tapwater door de restwarmte geleverd worden. De koeling wordt geleverd door een airco per woning. Voor de kosten zijn we uitgegaan van een stadsverwarmingssysteem. Om de afname van het warmtenet zo laag mogelijk te houden is ook hier rekening gehouden met de installatie van een douche-WTW, zonneboiler en verdubbeling van de isolatiewaarde.

Gemiddelde EPC: 0,29

EPL: 8,2

	Gemiddelde EPC	EPL	CO2 besparing (kg/jaar)
Scenario a) Passiefhuizen	0,2	8,5	1.429.080
Scenario b) Ondiepe geothermie	0,3	8,1	1.164.242
Scenario c) WKO collectief	0,4	8	1.033.003
Scenario d) WKO combinatie	0,4	8	1.050.329
Scenario e) Biogas WKK	0,3	8,2	1.256.607

Tabel 4.1: energieprestatie van de verschillende scenario's

4.1 Investering, NCW en woonlasten

De scenario's zijn naast CO₂ besparing en energie prestatie doorgerekend op de investering, energiekosten en de Netto Contante Waarde. De Netto Contante Waarde (NCW) is simpel gezegd de huidige waarde van een bedrag waarover je pas na een bepaalde periode de beschikking hebt. De NCW geeft een realistischer beeld van het kostenoverzicht van de verschillende systeemvarianten. De NCW is een belangrijk criterium waarop de investeerder/ energie-exploitant zijn beslissingen neemt. Bij een positieve NCW maakt een investeerder winst over de totale kosten van het systeem (inclusief onderhoud en beheer) ten opzichte van de referentiesituatie.

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de totale investering per systeem voor Geerpark, de meerinvestering tov de referentie en de NCW.

Bij de investering van de referentiesystemen is een airco opgenomen. Hierdoor zal de meerinvestering lager liggen dan de verwachting.

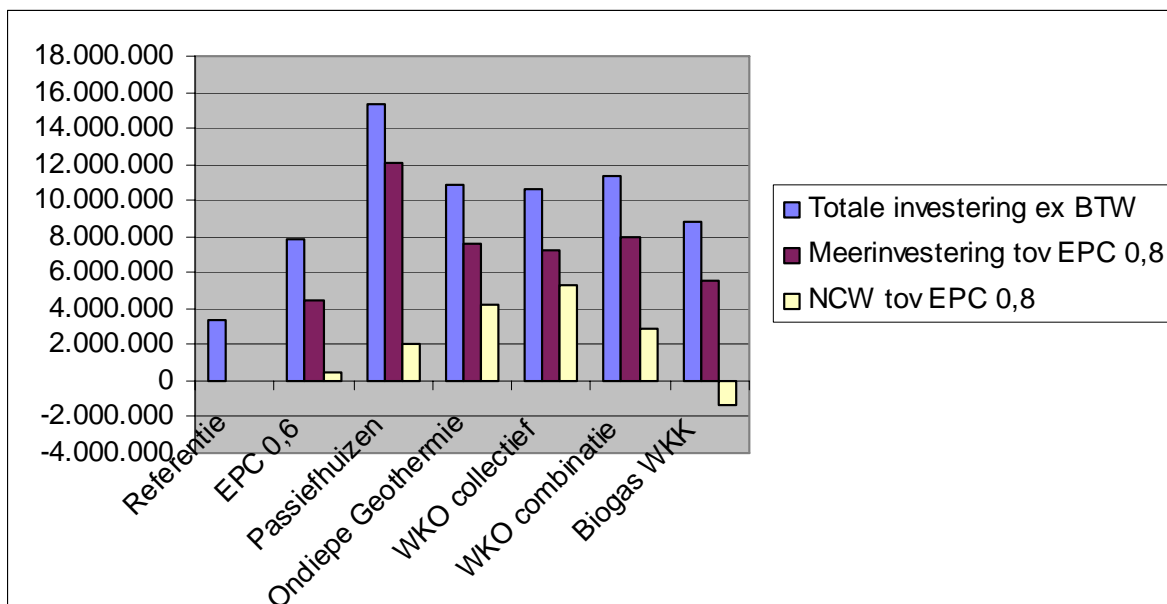
	Totale investering (€)	Meerinvestering tov EPC 0,8 (€)	Meerinvestering tov EPC 0,6 (€)
Referentie EPC 0,8	3.342.900	-	-
Referentie EPC 0,6	7.806.608	4.463.708	-
Scenario a) Passiefhuizen	15.387.000	12.044.100	7.580.392
Scenario b) Ondiepe Geothermie	10.888.016	7.545.116	3.081.408
Scenario c) WKO collectief	10.615.376	7.272.476	2.808.767
Scenario d) WKO combinatie	11.334.658	7.991.758	3.528.050
Scenario e) Biogas WKK	8.842.158	5.499.258	1.035.550

Tabel 4.2: Resultaten voor de investering

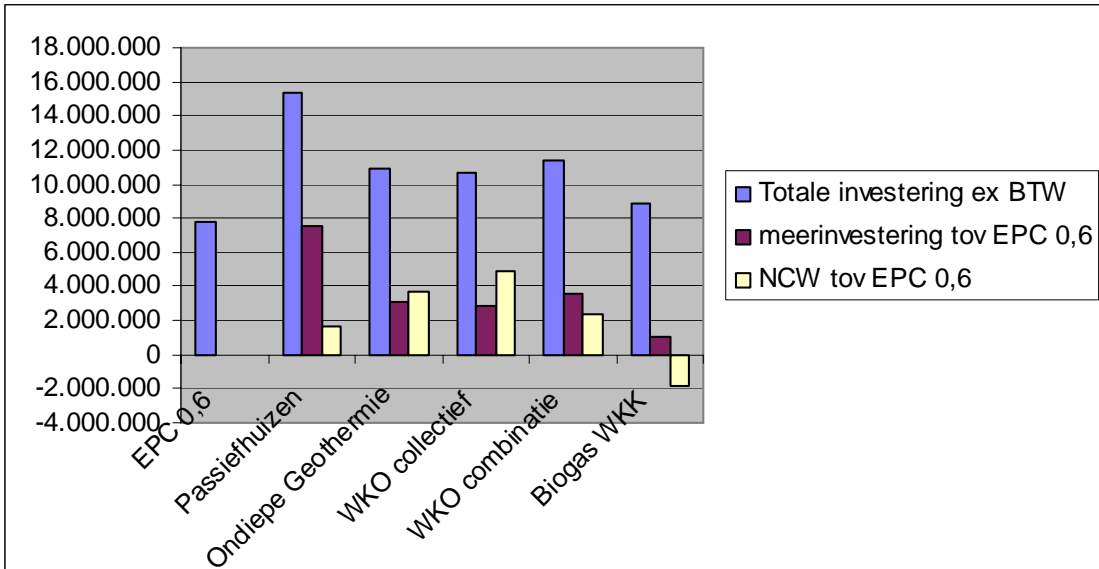
	NCW tov EPC 0,8(€)	NCW tov EPC 0,6(€)
Referentie EPC 0,8	-	-
Referentie EPC 0,6	487.277	-
Scenario a) Passiefhuizen	2.085.850	1.598.574
Scenario b) Ondiepe Geothermie	4.189.109	3.701.832
Scenario c) WKO collectief	5.359.277	4.872.000
Scenario d) WKO combinatie	2.909.800	2.422.524
Scenario e) Biogas WKK	-1.369.354	-1.856.631

Tabel 4.3: NCW

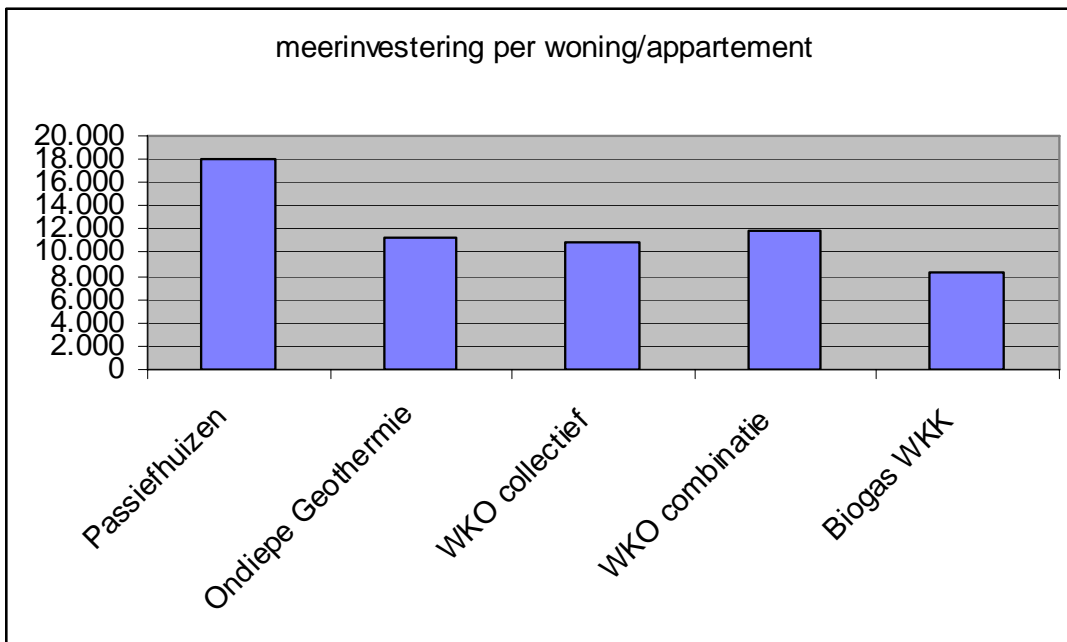
In onderstaande grafieken worden bovenbeschreven resultaten grafisch weergegeven.



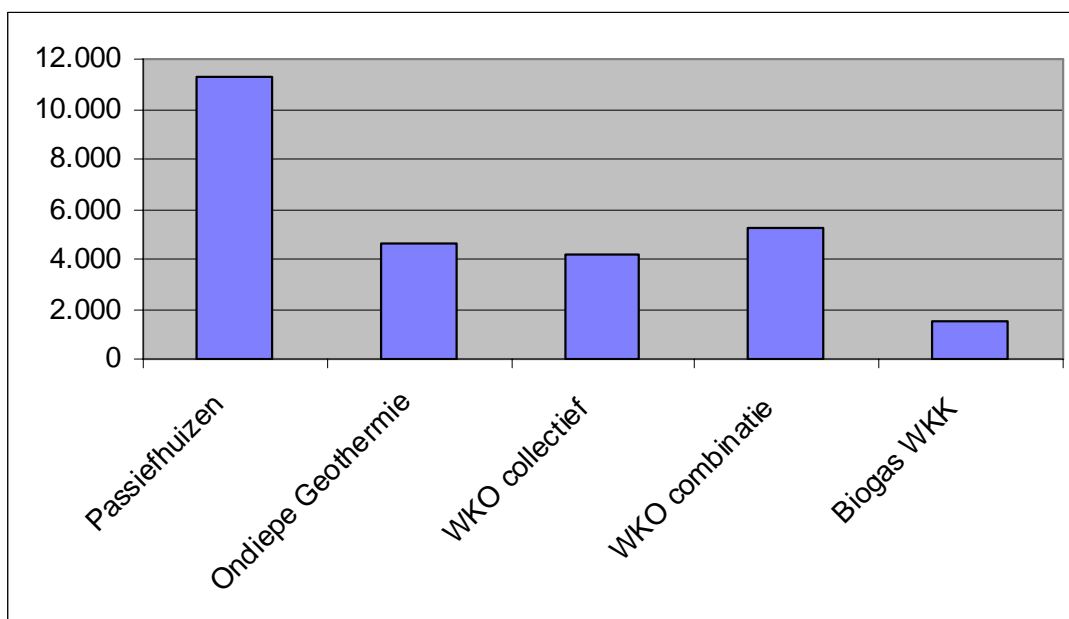
Grafiek 4.1: Netto Contante Waarde en meerinvestering tov EPC 0,8 voor heel Geerpark



Grafiek 4.2: Netto Contante Waarde en meerinvestering tov EPC 0,6 voor heel Geerpark



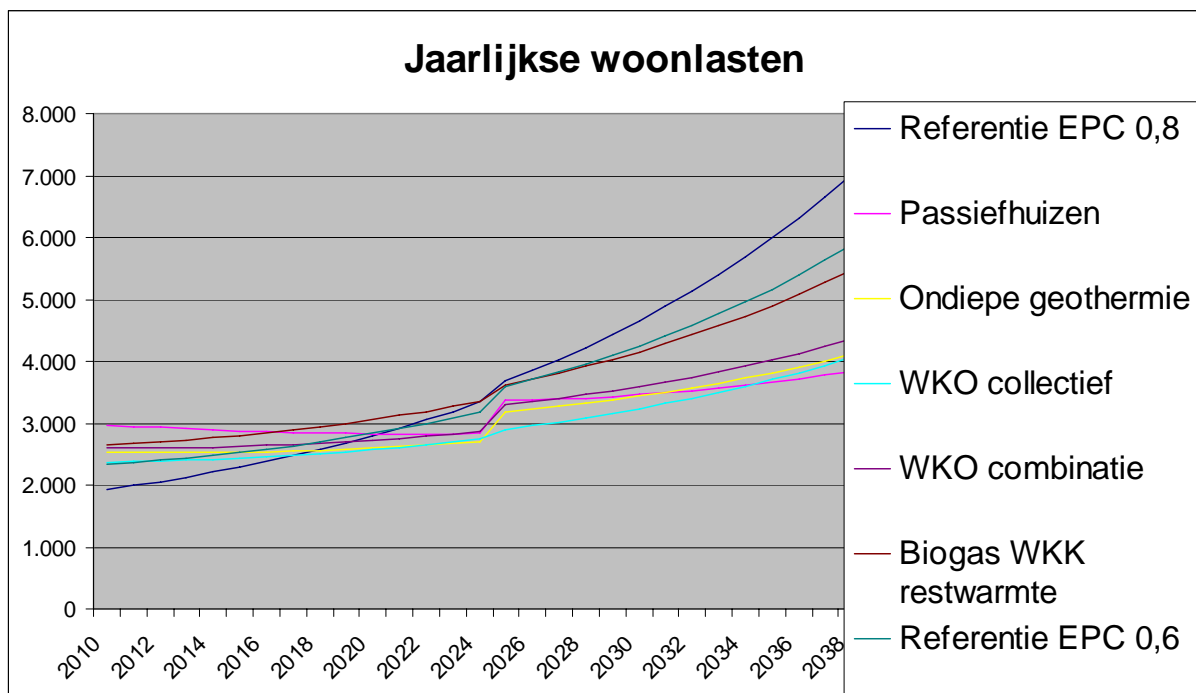
Grafiek 4.3: Meerinvestering per woning tov EPC 0,8



Grafiek 4.4: Meerinvestering per woning tov EPC 0,6

	2010	2019	2029	2039
Referentie EPC 0,8	1.930	2.682	4.434	7.410
Referentie EPC 0,6	2.333	2.764	4.097	6.157
Passiefhuizen	2.973	2.831	3.432	3.913
Ondiepe geothermie	2.528	2.578	3.379	4.232
WKO collectief	2.365	2.535	3.156	4.203
WKO combinatie	2.591	2.700	3.522	4.492
Biogas WKK restwarmte	2.643	2.999	4.033	5.687

Tabel 4.4: Jaarlijkse woonlasten gemiddeld per woning



Grafiek 4.5: Jaarlijkse woonlasten gemiddeld per woning

De jaarlijkse woonlasten zijn berekend uit de afschrijving van de systemen, de rente, het onderhoud en de energielasten. Deze verdeling is te vinden in bijlage 6.

4.2 Energieneul

De bovenstaande scenario's zijn gebaseerd op het voorzien van de warmtevraag. Naast de warmtevraag is er ook elektriciteitsvraag. De totale elektriciteitsvraag hangt van het systeem af. In de volgende tabel is in de eerste regel de totale elektriciteitsvraag voor Geerpark gegeven per systeem. In de volgende regels hebben we aangegeven hoeveel windturbines of m² PV er nodig is om deze elektriciteit op te wekken. Als de volledige elektriciteit door PV of wind opgewekt wordt kan er gesproken worden van een energieneul woning.

	Passiefhuizen	Ondiepe Geothermie	WKO Collectief	WKO Combinatie	Biogas WKK
Totale elektriciteit (kWh)	2.599.775	3.252.227	3.499.664	3.460.300	2.991.635
Windturbines 3 MW	3,7	4,6	5,0	4,9	4,3
Kleine windmolens	1040	1301	1400	1384	1197
PV totaal (m2)	25.998	32.522	34.997	34.603	29.916
PV per woning/appartement (m2)	39	49	52	52	45

Om tot een energienul concept te komen in de gehele wijk raden wij aan tenminste 3 windturbines van 3 MW te plaatsen. De kosten voor een 3 MW turbine ligt op ongeveer 3 mln. euro. Dit geeft de volgende extra investering voor elektriciteitsopwekking per scenario:

	Passiefhuizen	Ondiepe Geothermie	WKO collectief	WKO combinatie	Biogas WKK
PV totaal	4.998	11.522	13.997	13.603	8.916
PV per woning/ appartement (m2)	7	17	21	20	13
Investering PV	€ 3.498.422	€ 8.065.587	€ 9.797.647	€ 9.522.103	€ 6.241.446
Investering PV + 3 x 3 MW wind	€ 12.498.422	€ 17.065.587	€ 18.797.647	€ 18.522.103	€ 15.241.446
Kleine windmolens	200	461	560	544	357
Investering kleine wind	€ 1.119.495	€ 2.580.988	€ 3.135.247	€ 3.047.073	€ 1.997.263
Investering klein + Groot wind	€ 10.119.495	€ 11.580.988	€ 12.135.247	€ 12.047.073	€ 10.997.263

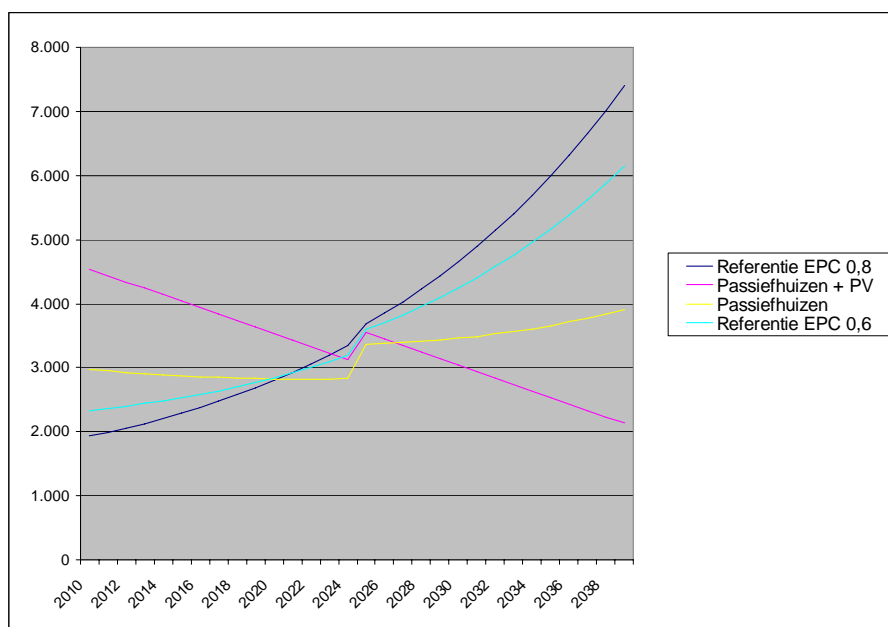
4.3 Energienotanu

Om de energienota voor de gebruikers naar nul te brengen is een lastige opgave wanneer er een collectief systeem bij betrokken is. Hierbij speelt er mee wie het collectieve systeem zal exploiteren en wat de kosten daarvoor zullen zijn. Het passiefhuis scenario is de meest kansrijk voor een energienotaneutraal concept, omdat de warmte niet collectief geleverd wordt en de elektriciteitsvraag het laagste is. Een manier om energieneutraliteit te bereiken is de volledige elektriciteitsvraag volledig op te wekken met PV panelen die op de daken van de woningen komen te liggen, zodat de bewoners eigenaar zijn van de elektriciteitsopwekking.

De warmte wordt opgewekt door middel van luchtwarmtepompen, die elektriciteit verbruiken. Door deze elektriciteit volledig duurzaam op te wekken is de EPC terug te brengen naar 0. In de EPL zijn ook openbare voorzieningen meegenomen, maar dit is zo'n klein aandeel dat de EPL op 10 uitkomt.

Om de volledige elektriciteitsvraag op te wekken met PV houdt een totaal oppervlakte PV in van 26.000 m², of 39 m² per woning of appartement. Dat geeft het volgende overzicht in vergelijking tot de referenties.

	Passiefhuizen	Passiefhuizen + PV
Besparing energievergoeding	€ 443.821	€ 880.584
Besparing onderhoudskosten	€ 13.380-	€ 13.380-
Jaarlijks exploitatievoordeel	€ 430.441	€ 867.204
Meerinvestering tov EPC 0,8	€ 12.044.100	€ 30.242.522
Meerinvestering tov EPC 0,6	€ 7.580.392	€ 25.778.813
Besparing CO2 uitstoot (kg)	1.429.080	2.595.678
Netto Contante Waarde (30 jr) Tov EPC 0,8	€ 2.085.850	€ 2.181.417
Netto Contante Waarde (30 jr) Tov EPC 0,6	€ 1.598.574	€ 1.694.141
EPC woningen	0,2	0,0
EPL	8,5	10,0



Grafiek 4.6: woonlasten passiefhuizen en passiefhuizen PV

In de grafiek is goed te zien wat het voor de bewoners betekent als de woning energienotaneutraal is. De lasten zitten nu alleen nog in de afbetaling van de meerinvestering t.o.v. de referentie.



Figuur 4.1: Voorbeeld van 50m² PV per woning

Maar omdat deze grote hoeveelheid PV veel dakoppervlakte en investering vraagt, is het raadzaam om grote windturbines te plaatsen. Echter, als de bewoners voor de elektriciteit van de windturbines de standaard elektriciteitsprijs zouden betalen zal energienotaneutraliteit niet bereikt kunnen worden. Om energienotaneutraliteit te bereiken zullen de bewoners van Geerpark de eigenaren van de windturbines moeten zijn, of op zijn minst participanten.

4.4 Conclusies berekeningen

Uit de NCW berekening volgt dat collectieve WKO financieel gezien de voorkeur heeft voor Geerpark. Voor het energienotanal concept daarentegen heeft de variant met de passiefhuizen de voorkeur.

Ondiepe geothermie geeft ook veelbelovende resultaten, maar heeft ten opzichte van de andere systemen twee nadelen:

- Er gaat gefaseerd gebouwd worden, maar de investering voor het systeem zal al bijna geheel gemaakt moeten worden, zodat de eerste fase hier al gebruik van kan maken
- De bodem moet eerst onderzocht worden op 1 km diepte, wat het risico met zich meebrengt dat het helemaal niet mogelijk blijkt.

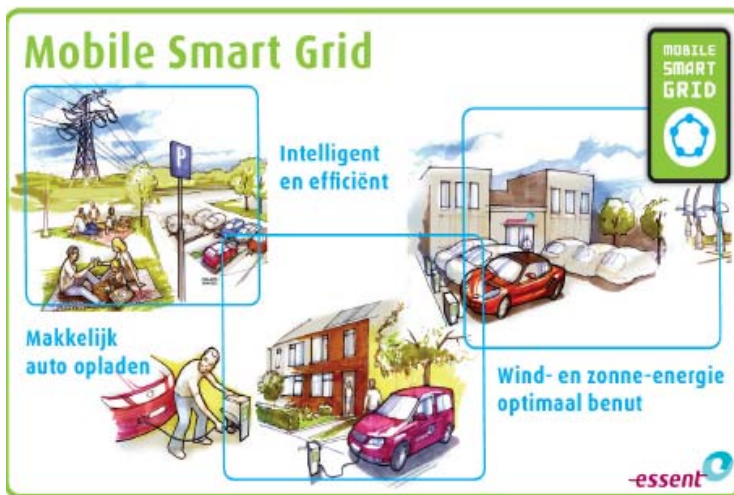
Passiefhuizen en WKO collectief zullen in de gevoeligheidsanalyse in het volgende hoofdstuk verder besproken worden.

4.5 De vraagkant

Tot nu toe is vooral gesproken over de aanbod kant van energie. Maar om energie te besparen, de eerste stap van de Trias Energetica, is het belangrijk ook naar de vraagkant te kijken. De warmte vraag kunnen we voor een belangrijk deel terug dringen door goed te isoleren. De elektriciteitsvraag terugdringen is echter minder eenvoudig. Bewoners kunnen hier zelf een rol in spelen maar zij zijn lastiger te beïnvloeden. Sinds kort is er meer aandacht voor dit vraagstuk rondom elektriciteit en langzamerhand komen hiervoor ook producten op de markt. Een voorbeeld is de Q-box. Een slim kastje dat kan zien wanneer de duurzame elektriciteit wordt geleverd en aan

de hand van gebruiksgegevens bepaald waar de elektriciteit dan het handigst ingezet kan worden.

Een andere ontwikkeling is het Mobile Smart Grid, een systeem voor grootschalige koppeling van elektrische auto's aan het net. Het is een slim systeem dat, net als de Q-box, bepaalt wat het beste moment is om de auto op te laden.



Figuur 4.2: De auto wordt aan het Mobile Smart Grid gekoppeld; Het Mobile Smart Grid leest de mobiliteitswensen; Het Mobile Smart Grid berekent of er lokaal capaciteits problemen kunnen ontstaan; Op basis hiervan bepaalt MSG een laadschema voor elke aangekoppelde auto.

5 Gevoeligheidsanalyse en consequenties

Op de gekozen varianten is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd en zijn een aantal consequenties bekeken. Het gaat hierbij om de volgende parameters:

- prijs-kwaliteit;
- invloed op planning;
- keuzevrijheid energieafnemer;
- comfort voor gebruikers;
- mogelijkheden voor uitbreiding.

Hieronder staan de parameters nader beschreven:

- Prijs/kwaliteit verhouding.
Bij de prijs kwaliteit verhouding kijken we naar de prijs in verhouding tot het EPC-verschil.
- Invloed op de planning van de locatie.
Wat is de invloed van het systeem op de planning van de locatie.
- Keuzevrijheid voor energieafnemer, aansluitkosten.
Hebben bewoners de mogelijkheid zelf hun energieafnemer te kiezen? De aansluitkosten zijn hoger wanneer er minder aansluitingen zijn.
- Comfort voor gebruikers.
Is het systeem gebruiksvriendelijk, regelbaar en betrouwbaar?
- Mogelijkheden voor uitbreiding van het energiesysteem.
Het gaat hierbij om uitbreiding van het energiesysteem zowel als gevolg van een groter aantal woningen op de locatie, als van uitbreiding van woningen zelf.

Voor de volgende varianten zijn de gevoeligheden en consequenties nader geanalyseerd:

1. WKO collectief
2. Passiefhuizen (met PV)

- Prijs / kwaliteit

	Passiefhuizen	Passiefhuizen met PV	WKO collectief
Meerinvestering per woning	€ 18.003	€ 45.206	€ 10.871
EPC	0,23	0	0,38
Investering per 0,1 EPC verlaging	€ 3.000	€ 5.650	€ 2.700

Tabel 5.1: Prijs / kwaliteit verhouding

Duidelijk is dat in alle varianten grote besparingen op energie mogelijk zijn ten opzichte van een EPC van 0,8. Voor passiefhuizen is deze besparing het hoogste. Maar zoals te verwachten valt naar aanleiding van de meerinvestering per woning, is ook de prijs/kwaliteit verhouding van WKO collectief het meest gunstig.

- **Invloed op de planning van de locatie**
 Voor een grondwaterbron zoals nodig voor collectieve WKO is een vergunning Grondwaterwet noodzakelijk². Het aanvragen van deze vergunning kost 6 tot 8 maanden.
 Zonnecollectoren en PV panelen kunnen aangelegd worden zodra het dak van de woningen of appartementengebouwen gereed is. De installaties behorende bij de systemen kan de installateur gezamenlijk met de overige installaties plaatsen en hebben daardoor nauwelijks invloed op de planning van de locatie.
 Plaatsing van een douche-WTW heeft eveneens weinig planning nodig. Het aanbrengen van extra isolatie of het bouwen van een passiefhuis kost niet meer tijd ten opzichte van de referentie woning, omdat de handeling het zelfde blijft, het materiaal is alleen dikker. Wel moet met het aanbrengen van extra isolatie beter op de detailaansluitingen worden gelet.

- **Keuzevrijheid voor energieafnemers, aansluitkosten**
 Bij gebruik van een collectief systeem kunnen bewoners niet hun eigen energieleverancier kiezen. Bij een passiefhuis kunnen de bewoners als er voor wordt gekozen om niet de volledige elektriciteit met PV op te wekken, hun eigen stroomleverancier kiezen.

- **Comfort voor gebruikers**
Collectieve Warmtepomp
 Bij collectieve WKO is door het gezamenlijk gebruik verrekening van de energieafname minder eenvoudig. Er zal bij de verschillende afnemers aparte bemetering geïnstalleerd moeten worden. De bron benodigd voor WKO wordt bijna altijd uitbesteed, voor de warmtepomp kan gekozen worden voor uitbesteding, maar het kan ook in eigen beheer worden gehouden. Wanneer gekozen wordt voor uitbesteding van de warmtepomp, dan is deze niet in eigen beheer, en ligt de verantwoordelijkheid voor beheer en onderhoud bij de energie-exploitant. Wanneer geen sprake is van uitbesteding zijn de bewoners zelf verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de warmtepomp. Warmtepompen zijn in principe gebruiksvriendelijke systemen, maar communicatie over de werking en het gebruik van LTV is belangrijk om verkeerd gebruik te voorkomen.

² De vergunning voor het infiltreren van water wordt slechts verleend indien er geen gevaar is voor verontreiniging van het grondwater. Met het infiltreren van water wordt bedoeld het ter aanvulling in de bodem brengen van water met het oog op het onttrekken van grondwater. Indien grondwater wordt onttrokken of water wordt geïnfilteerd, is het onder andere verplicht:

- de inrichting waarin dat gebeurt op te geven;
- een registratie bij te houden van de gemeten hoeveelheden (grond)water die worden onttrokken of geïnfilteerd;
- bij infiltratie van water is het ook verplicht de kwaliteit van het water te meten, te registreren en daarvan opgave te doen.

Aan de vergunning kunnen voorschriften worden verbonden ter bescherming van bij het grondwaterbeheer betrokken belangen. Deze voorschriften kunnen mede betrekking hebben op de melding van beëindiging of vermindering van het onttrekken of infiltreren.

Luchtwarmtepomp

Een luchtwarmtepomp heeft weinig onderhoud nodig. In principe is het een gebruiksvriendelijk systeem, maar ook hiervoor geldt dat communicatie over de werking naar bewoners noodzakelijk is voor het optimaal functioneren en dus het wooncomfort.

Verwarmingssysteem

Bij beide varianten wordt uitgegaan van Laag Temperatuur Verwarming (LTV). Dit maakt vloerverwarming mogelijk. Vloerverwarming heeft ten opzichte van radiatoren het voordeel dat dit minder onderhoudsintensief is (bij radiatoren vormen zich altijd stofnesten), het is hypoallergeen en er is geen tocht. Koeling is goed mogelijk met een warmtepomp.

Zonnecollector / PV

De zonnecollector en PV-panelen zijn gebruiksvriendelijke systemen. Eenmaal op het dak geplaatst vergen zij weinig aandacht en onderhoud. Zonnecollectoren en PV zijn al veel toegepast en zijn betrouwbare systemen gebleken. Belangrijk nadeel van de systemen is, de naam zegt het al, de afhankelijkheid van de zon.

Hoewel een collector ook energie levert wanneer de zon nauwelijks schijnt, is het effect hiervan beduidend minder dan op een zonnige zomerdag. Logischerwijs is de invloed van de zon en daarmee de levering van de verwarming van het tapwater door middel van de zonnecollector dan ook niet door de bewoners te beïnvloeden. Bij beide varianten wordt uitgegaan van bijverwarming voor tapwater door de combiwarmtepomp of luchtwarmtepomp.

Douche-WTW

Douche-WTW heeft weinig effect op het comfort van bewoners, behalve dat minder gas verbruikt zal worden. Douche-WTW vergt weinig onderhoud, verstoppingen zouden niet voor mogen komen en indien er toch problemen zijn, is doorspoelen met schoonmaakmiddel voldoende.

- **Mogelijkheden voor uitbreiding**

Bij dimensionering van het systeem met warmtepomp is uitgegaan van de energievraag op dat moment. Uitbreiding is alleen mogelijk door een grotere en duurdere warmtepomp. Omdat er een bron en warmtepomp per cluster geïnstalleerd wordt is uitbreiding niet te verwachten.

Zonnecollectoren en PV-panelen zijn eenvoudig uit te breiden. Wel is dit afhankelijk van het beschikbare dakoppervlak en eventuele eisen die de gemeente stelt aan het straatbeeld. Omdat de zonnecollectoren alleen gebruikt worden voor tapwaterverwarming is de kans dat uitbreiding nodig is niet heel groot. Uitbreiding van het aantal PV-panelen kan met de verwachting dat het elektriciteitsverbruik alleen nog maar groter zal worden, zeker nodig zijn.

Een luchtwarmtepomp kan niet uitgebreid worden, wel kan het elektrisch element van de warmtepomp meer ingeschakeld worden als de warmtevraag zou verhogen.

6 Stedenbouwkundige en architectonische randvoorwaarden en maatregelen

Er zijn verschillende stedenbouwkundige en architectonische randvoorwaarden of maatregelen waar de ontwerper bij het maken van het stedenbouwkundig plan en de woningontwerpen rekening mee kan houden. Deze maatregelen hebben een gunstig effect op de energieprestatie en veelal ook op het comfort van de woningen. Het kan zijn dat voorgestelde maatregelen niet passen binnen het ontwerp. Er moeten dan ook keuzes gemaakt worden tussen de stedenbouwkundig en / of architectonisch gewenste maatregelen en maatregelen die vanuit het oogpunt van energie en duurzaamheid gewenst zijn. De maatregelen zijn onderverdeeld in:

- energiebesparende maatregelen;
- randvoorwaarden voor gebruik van passieve zonne-energie;
- randvoorwaarden voor gebruik van actieve zonne-energie;
- randvoorwaarden voor gebruik van warmte-koudeopslag en warmtepompen;
- randvoorwaarden voor gebruik van andere systemen.

6.1 Energiebesparende maatregelen

- **Gebouwmassa**
Een gebouw met meer massa kan meer warmte of koude opslaan. Dit betekent dat de constructie langzaam opwarmt/ afkoelt. Het slaat warmte danwel koude op en geeft het vervolgens af aan zijn omgeving, hierdoor worden extremen in de binnentemperatuur afgezwakt. Meer gebouwmassa heeft vooral een gunstig effect op het energiegebruik en het comfort in de zomer. Als sprake is van een lichte constructie, bijvoorbeeld bij houtskeletbouw, dan is het mogelijk extra massa te realiseren in de vloeren.
- **Beperken leidinglengtes**
Het beperken van leidinglengtes in de woning voorkomt onnodig verlies van warmte. Warm water dat na het sluiten van de kraan in een lange leiding tussen de ketel en het tappunt blijft staan koelt af. Vervolgens wordt het water bij een volgende tapping slecht benut omdat het te koud is geworden. De wachttijd op warm water is met beperkte leidinglengtes dus korter, en daarmee bespaar je ook op het waterverbruik.
- **Compact bouwen**
Compact bouwen is het kiezen van een zodanige bouwvorm dat de verhouding tussen het (verwarmde) gebruiksoppervlak (vloeroppervlak) en het verliesoppervlak (gevels en daken) zo gunstig mogelijk is, waardoor transmissieverliezen klein zijn (dit is dus iets anders dan *klein* bouwen!). Het effect van compact bouwen is groter dan van zongericht verkavelen. De meest compacte vorm is een bol, alleen is dit natuurlijk minder praktisch. Een vierkant is compacter dan een rechthoekig balk, een gestapelde woning compacter dan een éénlaagse bungalow.



Figuur 6.1: De verhouding vloeroppervlak vs. geveeloppervlak (bron: Centrum Duurzaam Bouwen, België)

Voor de volgende typen woningen zijn de volgende verhoudingen tussen het vloer- en geveeloppervlak gunstig als zij kleiner of gelijk zijn aan:

- 2,25 voor vrijstaande woningen.
- 2,00 voor halfvrijstaande woningen.
- 1,50 voor rijwoningen.
- 1,25 voor gestapelde woningen.

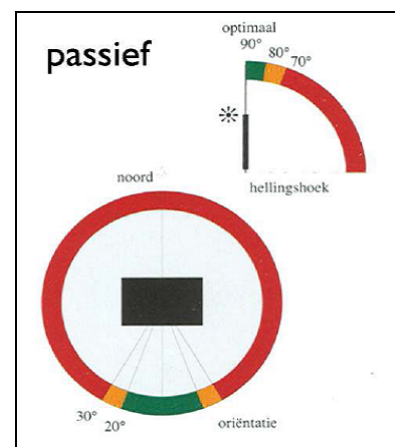
Behalve dat compact bouwen energie bespaart, is het ook goedkoper omdat minder buitenmuren nodig zijn voor eenzelfde inhoud, de bouwdetails minder ingewikkeld zijn, minder afwerking van hoeken e.d. nodig is, minder materiaal nodig is en het aantal werkuren minder is. Overigens kan compact bouwen wel afbreuk doen aan de architectonische expressie van een woning. Ook kan in sommige situaties een uitbouw als een erker juist een gunstig effect hebben als gevolg van de zoninstraling.

Afhankelijk van de functie van het gebouw kan het compact bouwen problemen opleveren met de daglichttoetreding (immers: een vierkant blok is energetisch gunstig, maar in het midden van het gebouw kan dan, afhankelijk van de grootte van het gebouw, weinig daglicht toetreden). Hier zijn echter oplossingen voor mogelijk die ook energietechnisch en comforttechnisch gunstig kunnen zijn, zoals een vide met daklicht.

6.2 Passieve zonne-energie

Zowel het stedenbouwkundig ontwerp als het woningontwerp kunnen helpen bij het verlagen van de EPC en bij de realisatie van energiebesparing. Dit kan door het gebruik van passieve zonne-energie: door middel van zonlichtinstraling wordt de warmtevraag bij ruimteverwarming en de elektriciteitsvraag voor verlichting (daglicht) verlaagd.

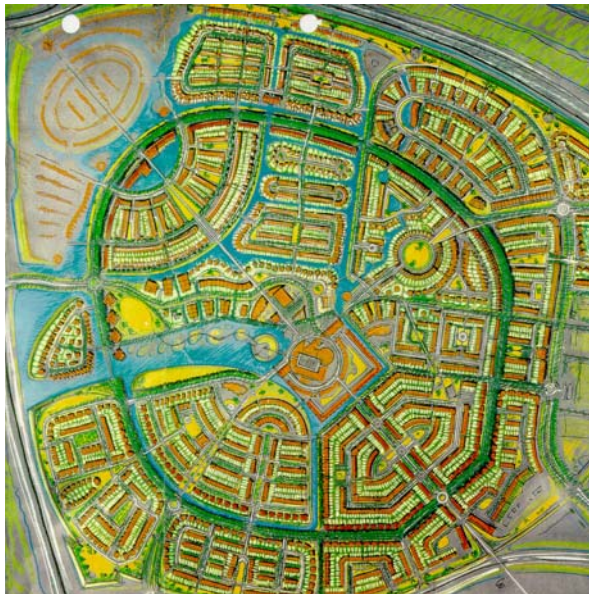
- Zongerichte verkaveling
In het stedenbouwkundig ontwerp kan men zorgen voor een zongerichte verkaveling. Een zongerichte verkaveling heeft niet alleen invloed op het gebruik van passieve zonne-energie, maar maakt ook actieve zonne-energie beter mogelijk. Voor



Figuur 6.2: zonoriëntatie

passieve zonne-energie is een oriëntatie op het zuiden, met een maximale afwijking van 20°, het meest gewenst.

Hierdoor is het mogelijk variatie te creëren in de positie van de woningen. Voor vrijstaande woningen is de oriëntatie minder belangrijk omdat hier alle zijden van de woning te gebruiken zijn voor gebruik van passieve zonne-energie. Vrijstaande woningen zijn dan ook goed te gebruiken om variatie in het plan aan te brengen, en voor delen van de locatie waar zongerichte verkaveling vanwege de structuur moeilijk te realiseren is.

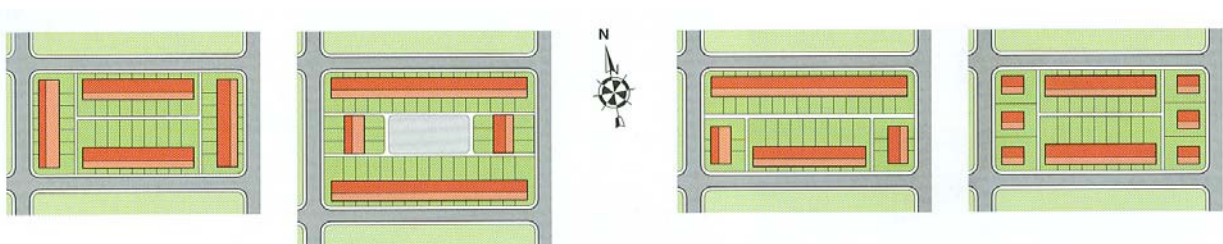


Figuur 6.3: voorbeeld van zongerichte verkaveling in een gevarieerd plan – Vathorst, Amersfoort



Figuur 6.4: voorbeeld van zongerichte verkaveling in een gevarieerd plan – Oikos, Enschede

Bij zongericht verkavelen is het van belang te zorgen dat gebouwen niet elkaars zonlicht afvangen. Dat wil zeggen, dat de gebouwen niet te dicht op elkaar kunnen staan.



56% zuidoriëntatie

85% zuidoriëntatie

80% zuidoriëntatie

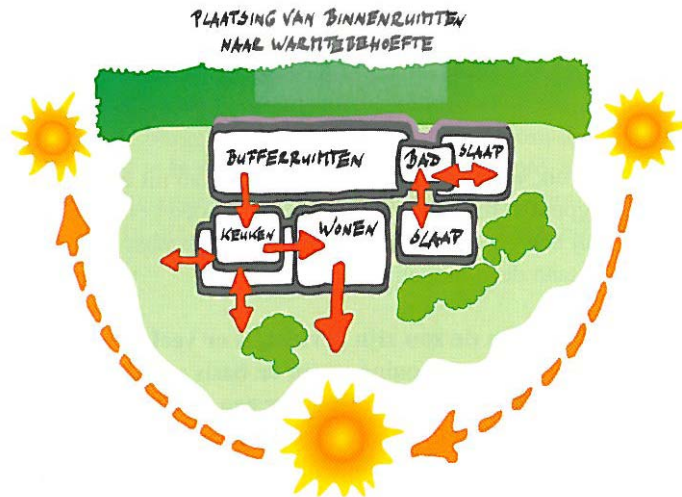
100% zuidoriëntatie

Figuur 6.5: zongerichte verkaveling

- Zonering

Zonering houdt in dat koude vertrekken zoveel mogelijk bij elkaar worden gegroepeerd aan één zijde van de woning en de warme vertrekken aan de andere zijde. Bij zonegerichtheid liggen uit energetische overwegingen verblijfruimten

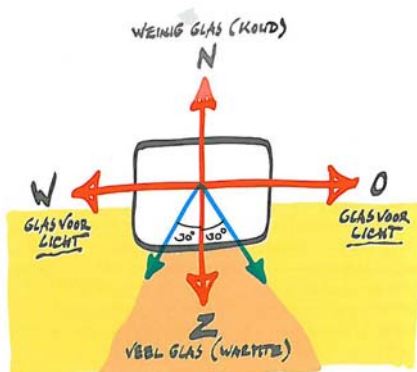
(woonkamer, slaapkamers) bij voorkeur aan de zonzijde van de woning, en utilitaire ruimten (keuken, badkamer en toilet) en verkeersruimten aan de andere zijde.



Figuur 6.6: Zonering van de functies in een woning

- Open / gesloten gevels

Voor gevels geldt dat het de voorkeur heeft de hoeveelheid ramen aan de noordzijde te beperken en aan de zuidzijde juist te vergroten, bijvoorbeeld doormiddel van een serre. Serres kunnen het energiegebruik van de woning verlagen, maar rendabel zijn ze niet. Ze verhogen wel het comfort, met name wanneer in de winter een deel van de benodigde (door de zon opgewarmde) ventilatielucht via de serre wordt aangevoerd. In de herfst en lente is de serre aangenaam verwarmd door de aanwezige zon. Een serre is alleen gunstig en comfortabel als het niet wordt gezien en gebruikt als verblijfsruimte (verlengstuk van de woonkamer) maar als een buitenruimte. Dit omdat de serre door het grote glasoppervlak voor een verblijfsruimte in de winter te koud zal zijn, en er bijgestookt moet worden, terwijl in de zomer een airco nodig is om het te koelen.



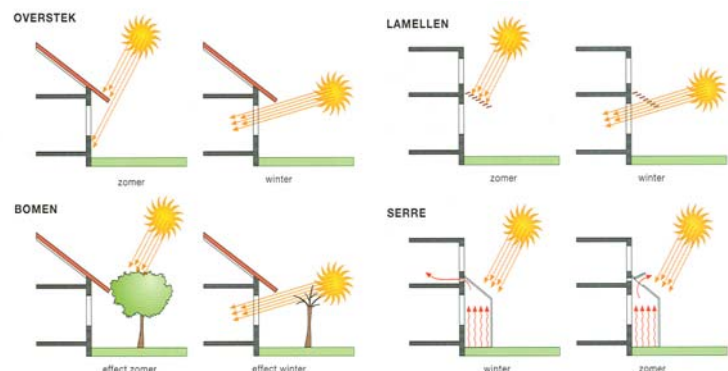
Figuur 6.7: oriëntatie van de woning



Figuur 6.8: voorbeeld van een gesloten gevel – Oikos, Enschede

- Maatregelen ter voorkoming van oververhitting in de zomer
Bij passieve zonne-energie is het niet alleen belangrijk om zinstraling *in* de woning te krijgen, het is net zo belangrijk om op de juiste momenten de zon *uit* de woning te weren. Een goede zonwering zorgt er voor dat in de winter de laagstaande zon de woning in kan schijnen en kan verwarmen. In de zomer houdt de zonwering de hoogstaande zon buiten de woning, die hierdoor koel blijft. Zonwering kan een aanzienlijk verschil maken in de EPC, zoals in onderstaande tabel valt te zien.

	tuingevel 24m ² glas straatgevel 38m ² glas	
	zonder zonwering	met zonwering
zuidoost	0,88	0,81
oost	0,91	0,82
noordoost	0,88	0,82
noord	0,85	0,81
noordwest	0,89	0,83
west	0,92	0,84
zuidwest	0,88	0,81
zuid	0,83	0,78
maximaal verschil oriëntatie zuid naar west	0,09	0,06



Tabel 6.1: verschil in EPC bij andere oriëntatie

Figuur 6.9: voorbeelden van zonwering

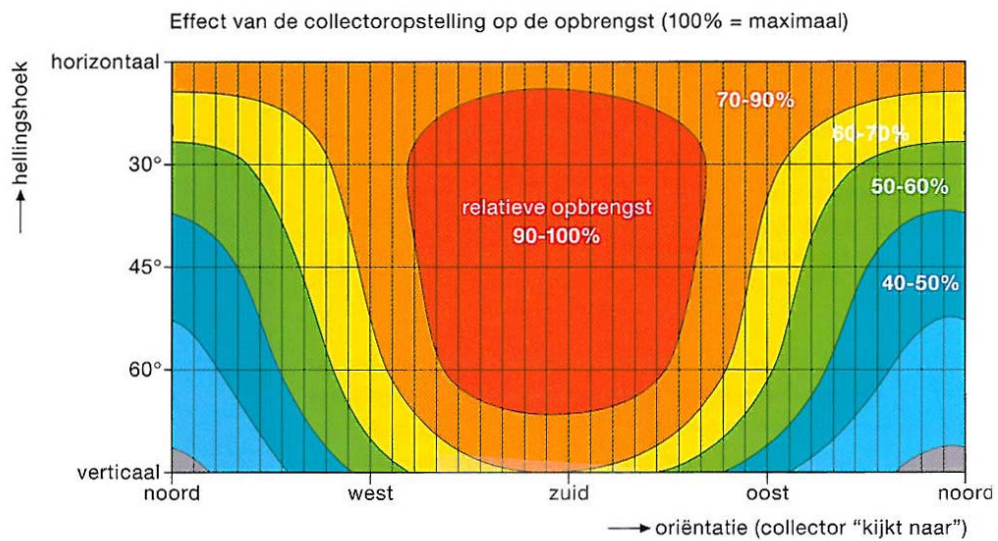
Zonwering is er in verschillen vormen. Zonwering kan in de architectuur van de woning worden meegenomen, bijvoorbeeld door middel van een overstek of door lamellen te plaatsen. Het is ook mogelijk voor natuurlijke zonwering te kiezen in de vorm van bomen. Bomen zijn in de winter kaal en laten de zon door. In de zomer zijn ze begroeid en houden de zon tegen. Belangrijk aandachtspunt, vooral bij het gebruik van bomen als zonwering, is het voorkomen van schaduw op PV-panelen en zonneboilers.

6.3 Actieve zonne-energie

- Dakoriëntatie
Zonnecollector
Een zonnecollector moet gericht zijn op het zuiden. Dit betekent dat de daken noord/zuid georiënteerd moeten zijn, waarbij zij maximaal 60° af kunnen wijken zonder dat een collector onrendabel wordt. Bij het ontwerpen van de woningen moet rekening gehouden worden met de richting van het dakvlak zodat optimaal gebruik gemaakt kan worden van de zonnecollector.



Figuur 6.10: architectonische mogelijkheden voor dakoriëntatie



Figuur 6.11: effect van de collectoropstelling op de opbrengst

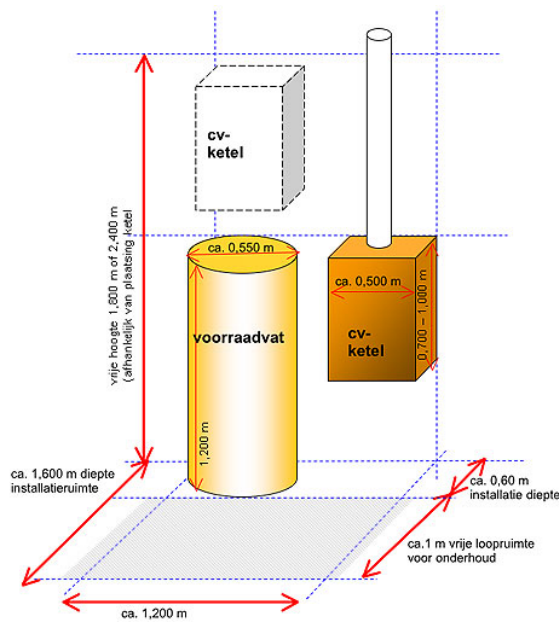
PV

Net als een zonnecollector moet ook PV op het zuiden gericht zijn. De mogelijke afwijking voor PV is 45° van het zuiden. Hiermee moet met de uitwerking van de daken rekening gehouden worden. Bij appartementen met platte daken zijn de panelen los, en dus in de optimale richting, te plaatsen.

- Ruimtebeslag

Zonneboiler

Naast consequenties voor de dakrichting heeft een zonneboiler ook gevolgen voor de installatietechnische ruimte in de woning. In de woning moet voldoende ruimte zijn voor een buffervat, en voor de installatie hiervan. Hieronder is weergegeven met welke afstanden rekening gehouden moet worden, het gaat om een oppervlak van ongeveer 2m² inclusief de ruimte voor de CV-ketel.



Figuur 6.12: benodigde ruimte van een boilervat

Het voorraadvat dient zo dicht mogelijk bij de collector te staan. Ook plaatsing nabij de CV-ketel, is in verband met warmteverlies, gewenst.

Als de zonnecollector gebruikt wordt in combinatie met warmtepompen is een CV-ketel niet nodig. De collector en de warmtepomp kunnen dan bovendien gebruik maken van het zelfde boilervat.

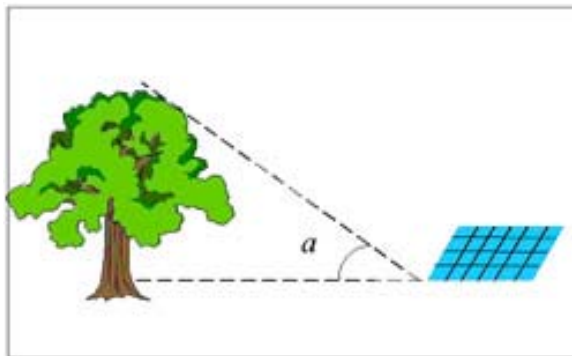
PV

Omvormers nemen over het algemeen weinig ruimte inbeslag. Omvormers op woning niveau hebben een grootte van ongeveer 45 x 30 cm tot 50 x 50 cm.

- Indirect ruimtebeslag
 Indirect hebben beide installaties ook een ruimtebeslag. Er moet namelijk voorkomen worden dat er schaduw valt op de panelen. In de ruimtelijke inrichting van het gebied moet hier dus rekening mee gehouden worden. Schaduw kan worden veroorzaakt door bomen, schoorstenen, dakkapellen, lantaarnpalen, hogere gebouwen in de omgeving of doordat de gebouwen te dicht bij elkaar staan. Het negatieve effect van schaduw op PV panelen is groter dan op zonneboilers omdat deze laatste ook gebruik maakt van de aanwezige warme lucht.



Figuur 4.13: voorbeeld van een omvormer

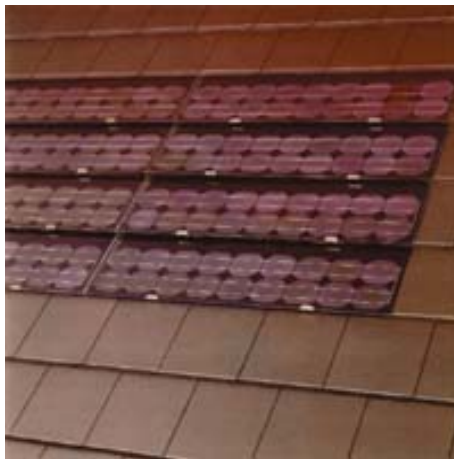


Figuur 6.14: belemmeringshoek PV

In het algemeen kan voor PV een belemmeringshoek van maximaal 12 graden aangehouden worden als vuistregel, gerekend vanaf de onderzijde van het PV-paneel tot de bovenzijde van het belemmerende object. Bij woningen van twee verdiepingen ligt de onderzijde van het paneel op 6m. De minimale afstand van een volwassen boom van 18m tot de woning is dan 56m.

- Visuele beleving

Zowel voor PV panelen als zonnecollectoren speelt bij plaatsing ook een esthetische kant mee. Tegenwoordig zijn echter verschillende varianten van de systemen op de markt die uitstekend geïntegreerd zijn of kunnen worden.



Figuur 6.15: geïntegreerde PV panelen



Figuur 6.16: geïntegreerde zonnecollector

NB. Voor het gebruik van de zonnecollectoren en PV-panelen hoeven de woningen zelf niet op het zuiden georiënteerd te zijn, zoals hierboven beschreven kan deze oriëntatie ook bereikt worden door de richting van het dakvlak. Om daarentegen gebruik te kunnen maken van passieve zonne-energie, wat een positieve invloed heeft op de EPC, moeten de woningen wèl noord-zuid georiënteerd zijn.

6.4 Warmte-koudeopslag en warmtepomp

- Leidinglengtes

Zoals uit de beschrijving van de systemen is gebleken, is voor sommige type woningen een collectief systeem mogelijk terwijl voor andere typen woningen een individueel systeem de voorkeur heeft. Deze voorkeur heeft alles te maken met de leidinglengtes van het systeem en daarmee samenhangend de kosten en het warmteverlies. De leidingen voor het warmtetransport zijn duur. Te lange leidingen betekent een te duur en niet rendabel systeem. Voor vrijstaande woningen is een collectief systeem daarom over het algemeen geen optie. In dit kader is het ook

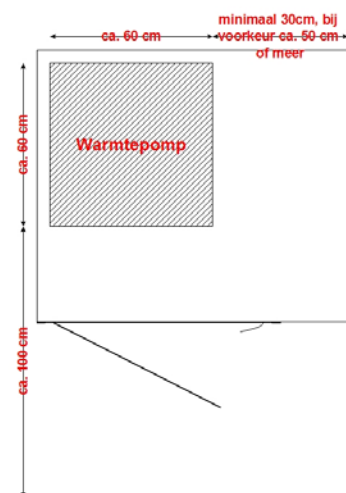
belangrijk dat bij een collectief systeem de (regeneratie)bron en de technische ruimte zo dichtmogelijk bij elkaar liggen.

De structuur waarmee de kortste leidinglengte is te bereiken is een lijnstructuur waarbij de leiding tussen twee rijen woningen ligt en er per woning een aftakking is. In het geval van Geerpark zijn de rijwoningen in een vierkant gebouwd, met daaromheen een cirkel met vrijstaande en 2-onder-1-kap woningen. Uit een uitgevoerde quickscan is gebleken dat met deze structuur een collectief systeem nog steeds rendabel is. De leidingen kunnen tussen de rijwoningen en vrijstaande woningen in geplaatst worden. De benodigde leidinglengte is hiermee in verhouding niet heel veel korter dan bij toepassing van alleen de rijwoningen.

Over het algemeen worden de leidingen in de straten gelegd. Afhankelijk van het preciese plan kunnen de leidingen wellicht korter zijn als ze tussen de tuinen van twee rijen woningen (die met de tuin tegen elkaar aan liggen) komen te liggen. Omdat de leidingen altijd bereikbaar moeten zijn voor bijvoorbeeld onderhoud, zou dit betekenen dat tussen de tuinen een vrije ruimte moet komen. Als deze ruimte wordt ingericht als een wadi dan heeft het bovendien op het gebied van water een gunstig effect. Nadelig is echter dat het risico bestaat dat bewoners de ruimte bij hun tuin betrekking. Bij de inrichting van de ruimte moet hier aandacht voor zijn. Een leiding benodigd voor WKO is niet groter dan een normale waterleiding, en heeft een ondergronds ruimtegebruik van 1m^3 per strekkende meter.

■ Ruimtebeslag

Afhankelijk van het systeem is een warmtepomp voor individueel of voor collectief gebruik. In het figuur is het ruimtebeslag van een individuele combiwarmtepomp aangegeven. Aan één zijde van de warmtepomp moet minimaal 30 cm, maar bij voorkeur 50 cm of meer, beschikbaar zijn voor onderhoudswerkzaamheden. Voor deze werkzaamheden is ook minimaal 1m aan werkruimte voor de warmtepomp noodzakelijk.



Figuur 4.17: ruimtebeslag (combi-) warmtepomp

Wanneer sprake is van collectieve WKO, is een energiegebouw nodig voor de plaatsing van de collectieve tussenscheidingsapparaten en evt. pieklastketels. Afhankelijk van de fasering, planning, ruimtelijke mogelijkheden, capaciteit van een bronnenpaar, etc. moeten één of meerdere energiegebouwen op de locatie geplaatst worden. Bovengenoemde factoren bepalen daarom ook het ruimtebeslag van een energiegebouw.

Over het algemeen kan er vanuit worden gegaan dat het energiegebouw gelijk is aan de grootte van een elektriciteitshuisje. Bij collectieve systemen is het mogelijk het energiegebouw onder te brengen in de technische ruimte van

appartementencomplexen. Wel is het dan belangrijk dat de architect bij het ontwerpen van het gebouw hier rekening mee houdt.

Voor de fasering is het wel van belang dat de te gebruiken bron op tenminste 30% van zijn maximale vermogen moet kunnen draaien om goed te kunnen werken. Dit houdt dus in dat dan tenminste 1/3 van de woningen van een locatie gebouwd en in gebruik moet zijn. Ook is het mogelijk gebruik te maken van een tijdelijke oplossing zoals olietetels of een WKK. Als pieklasketels ingezet worden, moet bij de locatiekeuze aandacht besteedt worden aan de mogelijke invloed van de afvoer van rookgas op de luchtkwaliteit.

Bij alle varianten met warmtepompen is ruimte nodig voor putbehuizing, maar dit ruimtebeslag is niet groot. Putbehuizing kan ondergronds en bovengronds plaats vinden.



Figuur 6.18: ondergrondse putbehuizing



Figuur 6.18: half ondergrondse putbehuizing

6.5 Overige systemen

- Ruimtebeslag

Douche-warmteterugwinning

De douche-WTW werkt het best bij een douche op de bovenverdieping, hoewel er ook mogelijkheden zijn voor douche-WTW op de begane grond.

De ruimte waarin de douche-WTW wordt opgesteld moet voldoende groot zijn zodat onderhoudswerkzaamheden en inspectie goed zijn uit te voeren. De toegang moet zonder veel ingrepen gerealiseerd kunnen worden. De douche-WTW hoeft niet direct onder de douche geplaatst te worden. Hierdoor is het bijvoorbeeld mogelijk een dubbelwandige douche-WTW in de meterkast te plaatsen. Bij toepassing van enkelwandige douche-WTW in de meterkast is een koof nodig. Het kan noodzakelijk zijn de meterkast iets groter te maken dan gebruikelijk.

Isolatie

Isolatie kan in die zin invloed hebben op de ruimte dat de aansluitingen kunnen veranderen. Hiermee dient rekening gehouden te worden.

6.6 Energie in de openbare ruimte

In een duurzame wijk als Geerpark is het ook belangrijk na te denken over het energieverbruik op wijkniveau. In verhouding tot het totale energieverbruik van de woningen gaat het hier om een beperkte hoeveelheid energie. Op de EPL heeft energiebesparing op dit gebied dan ook weinig invloed. Wel past het toepassen van duurzame energiesystemen bij het beeld dat men wil creëren van de wijk.

Voor de openbare verlichting is LED-straatverlichting te gebruiken. Deze zeer energiezuinige verlichtingsvorm is nu al meer dan 50% zuiniger ten opzichte van conventionele straatverlichting. Daarbij is LED-verlichting een flexibele manier van verlichting. Er valt zelfs te denken aan een vorm van straatverlichting die te vergelijken is met bewegingssensoren in gebouwen, waarbij overbodige verlichting wordt voorkomen wanneer er geen verkeer is in straten en op wegen. LED-lampen (en de bijbehorende armaturen) zijn een stuk duurder dan gewone verlichting. Daar tegenover staat dat ze veel langer mee gaan, minder onderhoud vergen en energiezuiniger zijn. Hierdoor is LED-verlichting uiteindelijk goedkoper dan de standaard verlichting. Om in de nog benodigde elektriciteit te voorzien kunnen in de openbare ruimte PV panelen toegepast worden voor bijvoorbeeld lantarenpalen, verkeerslichten, parkeerautomaten etc.



7 Financiëring & organisatie

7.1 Financiëring

De duurzame energiesystemen voor woningen kunnen op verschillende wijze gefinancierd worden. In grote lijnen zijn er 2 typen financieringen:

1. De gebruiker is eigenaar van het systeem.
2. De externe partij investeert in en is eigenaar van de systemen (outsourcing). De gebruiker neemt energie af bij de externe partij.

De regel is dat degene die investeert de (meeste) winst zal opstrijken door de toepassing van het duurzame energiesysteem.

Zoals eerder vermeld, om te komen tot energienotaneutraal is het meest haalbaar als de bewoner eigenaar is van de systemen.

Aspecten financieringstype 1:

1. De gebruiker profiteert volledig van de lagere energiekosten.
2. De gebruiker investeert extra geld in het energiesysteem, bijvoorbeeld door een hogere V.O.N. prijs van de woning.
3. Voor de woningbouw geldt dat de bewoner/gebruiker een groenhypothek (lagere rente) voor de duurzame installatie kan krijgen³.
4. De gebruiker verzorgt zelf het beheer en onderhoud van de installatie en is dus volledig verantwoordelijk voor de prestaties en daarmee het rendement van het duurzame energiesysteem.

Aspecten financieringstype 2:

1. De gebruiker neemt energie af volgens het Niet Meer Dan Anders principe en heeft daardoor in het meest ongunstigste geval geen kostenvoordeel ten opzichte van een conventioneel systeem. Het voordeel voor de bewoner valt te behalen doordat de warmte en koude die hij afneemt in prijs minder zal stijgen dan de gasprijs.
2. De externe partij investeert in het energiesysteem.
3. De externe partij kan een fiscaal voordeel behalen door middel van de Energie InvesteringsAftrek (EIA). Of de bewoners profiteren van dit voordeel is afhankelijk van de externe partij.
4. De externe partij is verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de installatie en daarmee het rendement van het systeem.

³ Een groen hypothek houdt in dat een woningeigenaar geld kan lenen voor een periode van tien jaar tegen een rente die ongeveer een procent onder de marktrente ligt. Een groene hypothek is alleen te verkrijgen als er een groenverklaring is afgegeven voor de bouw of renovatie van de woning. Er is een maximum van 34.034 euro verbonden aan het hypothekbedrag. In de meeste gevallen wordt een groene hypothek daarom gecombineerd met een gewone hypothek. De groenverklaring kan al door de projectontwikkelaar zijn aangevraagd, als dit niet zo is dan kan de woningeigenaar dit zelf doen. De aanvraag voor een groen hypothek moet ingedient zijn voordat de bouw vanaf de begane grond is gestart. Daarnaast mogen de grondkosten en de bouwkosten van het huis samen niet meer dan EUR 272.688 bedragen.

De externe partij kan ook de woningcorporatie zijn. Door bewoners in plaats van kale huur ook de energielasten in rekening te brengen kan de woningcorporatie de meerinvestering door berekenen aan de bewoners.

Tussen deze twee typen van financiering zijn vele mengvormen mogelijk, zoals:

1. De gebruiker huurt/least de systemen van een externe partij.
2. De collectieve bronnen zijn eigendom van een externe partij en worden door deze partij geëxploiteerd. De individuele warmtepompen zijn eigendom van de individuele gebruikers.
3. Een vereniging van eigenaren investeert in de installaties, maar laat de exploitatie, beheer en onderhoud aan een externe partij over.
4. etc.

Een ander belangrijk financieel aspect is de afschrijftermijn voor een huis. Een conventionele woning heeft tegenwoordig een economische afschrijftermijn van 30 jaar. Echter een duurzame woning heeft een langere levensduur dan een conventionele woning. Hierdoor kan de afschrijftermijn verlengd worden en neemt de afschrijving per jaar af.

Op deze website van SenterNovem is een overzicht gegeven van de financiële hulpmiddelen waarmee de gemeente de realisatie van duurzaamheid te bevorderen: http://duurzaambouwen.senternovem.nl/infobladen/financiele_instrumenten_voor_gemeenten_stimulans_voor_duurzaamheid/nationale_pakketten_maatregelen/

7.2 Duurzaamheid en sociale huurwoningen

Voor een woningcorporatie is de investering van duurzaamheid in een sociale huurwoning een moeilijke kwestie. Voor huur en met name sociale huur gelden immers een aantal belemmeringen, gebaseerd op de huurtoeslaggrenzen, waardoor verrekening van de investeringen door huurverhoging beperkt wordt. Corporaties hebben veelal afspraken met gemeenten over de kernvoorraad. Dat zijn alle woningen in de gemeente onder een bepaalde huurprijs. De huurprijsgrens die daarbij gehanteerd wordt is veelal gelijk aan één van de aftoppingsgrenzen van de huurtoeslag. Zodra die wordt overschreden, valt een woning niet meer in de kernvoorraad. Vaak is het zo dat de gemaakte afspraken inhouden dat het aantal woningen in de kernvoorraad niet mag afnemen. Corporaties hebben daarin dus weinig ruimte.

Een andere belemmering is de huurtoeslag zelf. Deze regeling is wel onlangs versoepeld, zodat ook huurders boven de aftoppingsgrens (€499,51 of €535,33 voor respectievelijk 2 persoonshuishoudens en 3 en meerpersoonshuishoudens) huurtoeslag kunnen aanvragen. De toegekende huurtoeslag bestaat dan uit percentages van de huur onder de van toepassing zijnde aftoppingsgrens. Boven de aftoppingsgrens wordt de toeslag dus niet hoger. Boven de maximale huurgrens krijgen huurders helemaal geen toeslag toegekend. Hierdoor is er meer financiële ruimte gecreëerd voor de toepassing van duurzame voorzieningen in huurwoningen.

Opties om meer financiële ruimte te creëren:

1. Overeenkomst met de gemeente dat stichtingkosten gekoppeld worden aan woonlasten in plaats van huurlasten. Duurzame maatregelen hebben een positieve invloed op de woonlasten. Echter de investering zal verwerkt worden in de huurkosten. Door de bovengenoemde belemmeringen qua huurtoeslag kan dit dus slechts beperkt. Door echter uit te gaan van woonlasten in plaats van huurlasten, kan de investering ook door de woonlasten gedragen worden.
2. Oprichten eigen energiebedrijf (warmte, koude en/of elektriciteit), waardoor investering terugverdiend kan worden via de energiekosten.
3. Rekenen met een langere levensduur van de woningen of met een hogere restwaarde. Momenteel rekenen woningcorporaties over het algemeen met een levensduur van een woning van 25 à 30 jaar en een lage restwaarde. In werkelijkheid hebben woningen gemiddeld een langere levensduur. Duurzame voorzieningen verlengen bovendien juist de levensduur van een woning en geeft de woning meerwaarde door o.a. ook meer comfort te leveren (bijv. koeling). Vastgoedbeleggers gaan tegenwoordig zelfs uit van waardevermeerdering van woningen met de jaren.

8 Conclusies & aanbevelingen

8.1 Conclusies

Hieronder zijn een aantal aanbevelingen weergegeven. Deze aanbevelingen worden gedaan vanuit de berekeningen die zijn uitgevoerd en vanuit de gevoeligheidsanalyse. Wanneer een systeem de voorkeur heeft, wil dit nog niet zeggen dat de andere systemen niet goed zijn. Een projectontwikkelaar kan om nu nog onbekende redenen bepalen dat een van de andere beschreven energiesystemen beter geschikt is.

8.1.1 Financiële consequenties

Een EPC van minder dan 0,4 vraagt een meerinvestering. Deze meerinvesteringen worden in de exploitatiefase duidelijk terugverdiend, gezien de positieve NCW's. Echter, de meerinvestering moet wel in het begin gedaan worden.

De meerinvestering kan door de verschillende betrokken partijen gedaan worden. Dit kan op verschillende manieren gebeuren, bijvoorbeeld:

1. De gemeente: door middel van subsidies of verlaging van de grondprijs.
2. De energie-exploitant: deze doet de meerinvestering en verrekent dit over de jaren in het vastrecht en energieprijzen.
3. De projectontwikkelaar: een projectontwikkelaar kan ervoor kiezen om als energieleverancier op te treden. Een andere optie is dat de projectontwikkelaar wil investeren in duurzaamheid voor imago of kennisontwikkeling.
4. De bewoner: de projectontwikkelaar kan de prijs van de woning verhogen.

Een verdeling van de meerkosten is natuurlijk ook mogelijk. Op welke manier deze meerinvestering het beste gefinancierd kan worden (welke gedeelte in de grondprijs, in de vastgoedprijs etc. verwerkt gaat worden) moet in gezamenlijk overleg met de verschillende partijen bepaald worden.

8.2 Aanbevelingen

Om het energieneutraal concept te bereiken raden wij aan passiefhuizen te bouwen, daarin een luchtwarmtepomp te installeren en de elektriciteit met PV panelen op te wekken. Op deze manier is het systeem volledig in de handen van de bewoner. Dit is ook het systeem waarbij de bewoners de laagste lasten hebben, waarbij redelijk innovatief systeem gebruikt wordt en koeling mogelijk is.

Qua meerinvestering en NCW is een collectieve WKO met collectieve warmtepomp per cluster het meest interessant. Hierbij dient wel in de gaten gehouden te worden dat er waarschijnlijk een exploitant bij betrokken is en deze ook financieel voordeel wil behalen.

8.2.1 Gasaansluiting

Geerpark wordt bij voorbaat gasloos, om aan de energienul doelstelling te voldoen. Maar het risico bestaat dat de gasleverancier uit zichzelf gas aan gaat leggen. Omdat het aanleggen van gas, in tegenstelling tot elektriciteit, niet verplicht is, heeft de gemeente als eigenaar van de openbare ruimte hierover zeggenschap.

8.3 Ontwerp

- Geef de gebouwen meer massa waar het warmte en koude in op kan slaan.
- Beperk de leidinglengtes in de woning om onnodig verlies van warmte te beperken en bovendien water te besparen.
- Bouw compact: de verhouding tussen het (verwarmde) gebruiksoppervlak (vloeroppervlak) en het verliesoppervlak (gevels en daken) is zo gunstig mogelijk zodat het energieverlies zo klein mogelijk is.
- Probeer zongerichte te verkavelen, gebruik de maximale afwijking van 20° van het zuiden en de vrijstaande woningen om variatie in het plan te creëren.
- Groepeer koude vertrekken zoveel mogelijk bij elkaar aan de noordzijde van de woning en de warme vertrekken aan de zuidzijde.
- Voor gevels geldt dat het de voorkeur heeft de hoeveelheid ramen aan de noordzijde te beperken en aan de zuidzijde juist te vergroten, bijvoorbeeld doormiddel van een serre.
- Voorkoming oververhitting in de zomer door de plaatsing van zonwering, in welke vorm dan ook.
- Wees bewust van de mate van ontwerpvrijheid bij de keuze van het energiesysteem: een individueel systeem (LWP, zonnecollector) geeft meer ontwerpvrijheid dan een collectief systeem waarbij beperking van leidinglengtes van belang is.

Bijlagen

Bijlage 1: Verklarende woorden- en afkortingenlijst

Bijlage 2: Gebruikte referentiegebouwen SenterNovem

Bijlage 3: Tabel uitgangspunten

Bijlage 4: WKO: Aspecten van systeemkeuze

Bijlage 5: Cijfermatige verdeling van de investeringen

Bijlage 6: Woonlasten

Bijlage 7: NCW berekening

Bijlage 1: Verklarende woorden- en afkortingenlijst

BAK = Bijdrage Aansluitkosten

De bijdrage aansluitkosten is het bedrag dat de energie-exploitant aan de ontwikkelaar vraagt om de investering en opbrengsten van het systeem in balans te brengen.

BVO = Bruto Vloer Oppervlak

Het Bruto Vloer Oppervlak betreft de vloeroppervlakte van de ruimte (of van meerdere ruimten) van een vastgoedobject, gemeten (volgens NEN 2580) op vloerniveau langs de buitenomtrek van de (buitenste) opgaande scheidingsconstructie, die de desbetreffende ruimte(n) omhullen.

COP = Coëfficiënt Of Performance

Het COP geeft het rendement aan wanneer deze hoger is dan 100%.

EIA = Energie Investerings Aftrek

De EIA is bedoeld voor ondernemers die willen investeren in energiebesparende technieken en de toepassing van duurzame energie in hun onderneming. Door de EIA leveren dergelijke investeringen de ondernemer dubbel voordeel op. Niet alleen kan men besparen op de energiekosten, ook betaalt men minder inkomsten- of vennootschapsbelasting.

EOS = Energie Onderzoek Subsidie

Het programma Energie Onderzoek Subsidie (EOS) wil de kennis over energie-efficiency en duurzame energie in Nederland uitbreiden. Die kennis is het fundament voor een betaalbare, betrouwbare én schone energiehuishouding in de toekomst. Energie Onderzoek Subsidie beslaat het traject van idee tot aan marktintroductie. Het programma daagt Nederlandse kennisinstellingen en bedrijven uit zich te melden en hun bijdrage aan te leveren. (Bron: SenterNovem)

EPC = Energie Prestatie Coëfficiënt

De energie-efficiëntie van gebouwen wordt uitgedrukt in de Energie Prestatie Coëfficiënt (EPC). De EPC wordt berekend op basis van de gebouweigenschappen, de gebouwgebonden installaties en een gestandaardiseerd gebruikersgedrag. Hoe lager de EPC des te beter de energie-efficiëntie. Bij een EPC van 0 is een gebouw energieneutraal. Sinds 1 januari 2007 is de EPC vastgesteld op 0,8.

EPL = Energie Prestatie op Locatie

De Energie Prestatie op Locatie (EPL) is een instrument van de overheid om besparingen op fossiele brandstoffen te realiseren. Het instrument ondersteunt gemeenten in hun energiebeleid voor de gebouwde omgeving. De EPL is net als de EPC een maat voor de energetische kwaliteit, maar dan voor een hele bouwlocatie inclusief de energievoorziening die voor en/of in deze locatie is aangelegd. De EPL kent een schaal van 0 tot 10, waarbij 10 staat voor een ideaalsituatie waarbij geen fossiele brandstoffen worden gebruikt. Bij de aanleg van een aardgas- en elektriciteitsnet op een nieuwbouwlocatie waar de woningen voldoen aan een EPN van 1,0 én zijn voorzien van een CV-ketel is de EPL 6,0. Daarmee is de EPL ook een communicatie-instrument. Het helpt lokale partijen in het besluitvormingsproces bij de keuze van de optimale energie-infrastructuur.

HT = Hoge temperatuur

LT = Lage temperatuur

Beide termen worden gebruikt om de temperatuur van verwarming aan te geven.

LTV = Laag Temperatuur Verwarming

Van lage temperatuur verwarming (LTV) wordt gesproken als de aanvoerwatertemperatuur niet hoger is dan 55°C en de retourwatertemperatuur maximaal 45°C. Met name ten aanzien van thermisch comfort en luchtkwaliteit presteert LTV in het algemeen beter dan traditionele systemen. LT-warmte-afgifte leidt tot een verbetering van de woonkwaliteit, onder meer als gevolg van een homogener temperatuurverdeling, lagere (aangenamere) luchttemperaturen, minder mijten en minder tocht. Het toepassen van LTV leidt tot energiebesparing bij de afgifte. Deze besparing komt bovenop de energetische voordelen van LTV bij de opwekker en de verminderde leidingverliezen in het distributienet bij collectieve opties.

NCW = Netto Contante Waarde

De netto contante waarde is in feite de waarde die het systeem na de tijdsperiode zal opleveren en wordt als volgt bepaald. De Contante Waarde (CW) van een toekomstig bedrag aan geld over een tijdsperiode van n jaar en bij rentevoet p is het bedrag dat uitgezet tegen samengestelde interest bij de genoemde rentevoet na de periode van n jaren juist het gegeven bedrag oplevert.

Eenvoudig geformuleerd: de huidige waarde van een bedrag waarover je pas na een bepaalde periode de beschikking hebt. In de berekening wordt de interest op basis van een nader af te spreken percentage in mindering gebracht.

Dus gerekend over drie jaar met een bedrag van 1000 euro, dan is de contante waarde bij een interestvoet van 6% per jaar gelijk aan $1000 \text{ euro} / (1,06)^3$. De eindwaarde van het bedrag wordt dus bij herhaling gedeeld door 1,06. Contante waarden van te betalen bedragen worden op dezelfde wijze berekend. Op deze wijze kunnen de effecten van uitgaven en inkomsten die op verschillende tijdstippen plaatsvinden met elkaar vergeleken worden. Door de contante waarde van de kosten af te trekken van de contante waarde van de opbrengsten, ontstaat de zogenaamde netto contante waarde ($NCW = NCW_{\text{opbrengsten}} - NCW_{\text{kosten}}$). Bij woningbouwprojecten is het gebruikelijk dat er gerekend wordt met een tijdsperiode van 30 jaar.

PCM = Phase Changing Materials

Fase-overgangsmaterialen (Engels: Phase Changing Materials - PCMs) zijn materialen die per volume-eenheid veel warmte kunnen opslaan. Door toepassing van PCMs in plafonds, vloeren en/of wanden verkrijgen gebouwen meer thermische massa en worden schommelingen in de ruimtetemperatuur beperkt. Op hete dagen blijft het daardoor langer koel in kantoor, op koude dagen langer warm. De werking van PCMs is gebaseerd op het smelten stolgedrag van deze materialen binnen een specifiek temperatuurgebied. PCMs van een bepaald type was of zoutoplossing kunnen bijvoorbeeld als micro-capsules in een binnenwand van een kantoor worden verwerkt. Op zeer warme dagen zal het PCM in de capsules bij een zekere temperatuur beginnen te smelten. Tijdens het smeltproces blijft de temperatuur van het PCM echter constant (net als smeltend ijs). De aan de kamer toegevoerde warmte wordt dus niet omgezet in een voelbare temperatuurs-verhoging in de kamer. Door de warmte op een gegeven moment weer af te voeren (bijvoorbeeld door nachtventilatie) zal het PCM stollen, wederom bij gelijkblijvende voelbare temperatuur. Omdat de temperatuur van fase-overgang van PCMs te kiezen is en de warmteopslagcapaciteit van PCMs groter is dan van bijvoorbeeld beton, kunnen gebouwen relatief licht worden uitgevoerd, terwijl ze toch minder last hoeven te hebben van extreme

temperatuurschommelingen. Een andere toepassing betreft het gebruik van PCMs als koudebatterij in luchtbehandeling.

Door toepassing van PCMs worden piekbelastingen in de warmte- en koudevraag over de dag 'uitgesmeerd' en kunnen klimaatinstallaties voorkomen of kleiner uitgevoerd en beter benut worden (in bedrijf stellen voor of na pieklasturen). Ontwerpers dienen er wel rekening mee te houden dat PCMs niet weggewerkt mogen worden achter constructies: De warmte-uitwisseling met de omgeving dient intact te blijven.

SDE = Stimulering Duurzame Energieproductie

Investerders in projecten op het gebied van hernieuwbare elektriciteit, hernieuwbaar gas en warmte/kracht-koppeling (wkk) kunnen gebruik maken van de SDE. Daarmee ondersteunt het ministerie van Economische Zaken ondernemers die energie produceren op een manier die het milieu nauwelijks belast. Vanaf april 2008 is het mogelijk een subsidieaanvraag in te dienen voor de categorieën fotovoltaïsche zonnepanelen, wind op land en biomassa. (Bron: SenterNovem)

SLK (ook wel SLOK) = Subsidie Lokaal Klimaatbeleid

De SLK subsidie is de vervolg subsidie op de BANS regeling. Met de SLK regeling kunnen gemeenten subsidie krijgen voor het aannemen, inhuren of vrijstellen van personeel voor klimaatbeleid of –projecten.

TSA = Tegen Stroom Apparaat (of te wel een warmtewisselaar)

Een warmtewisselaar is een apparaat dat warmte van het ene medium (vloeistof, gas) overbrengt naar het andere. Een ideale warmtewisselaar koelt het eerste medium af tot de temperatuur waarmee de tweede begon en omgekeerd. Dit ideaal kan benaderd worden met het tegenstroomprincipe.

UKR = Unieke Kansen Regeling

De Unieke Kansen Regeling is een investeringssubsidie voor innovatief energiezuinig bouwen. De Unieke Kansen Regeling stimuleert projecten waarin Nederlandse marktpartijen en niet-marktpartijen samenwerken aan de transitie naar een duurzame energiehuishouding. De nadruk bij de Unieke Kansen Regeling ligt op versnelde marktintroductie van technieken die bijdragen aan deze energietransitie. Het programma Energie Onderzoek Subsidie (EOS) voert de Unieke Kansen Regeling uit. (Bron: SenterNovem)

VBWW = Verticale Bodem WarmteWisselaar

Bij een verticale bodemwarmtewisselaars vindt de warmte-uitwisseling met de bodem voornamelijk plaatsvindt door geleiding. Het VBWW systeem is een gesloten systeem van verticaal ingebrachte leidingen, waardoor een circulatiemedium wordt rondgepompt waarmee de thermische energie getransporteerd wordt.

VON = Vrij Op Naam

Bij de koop van een nieuwbouwwoning wordt er geen overdrachtsbelasting geheven over de koopsom, dit heet Vrij Op Naam. De bijkomende kosten bij het kopen van een nieuwbouwwoning Vrij Op Naam bedragen ongeveer 6% van de koopsom. Hierbij zijn ook de notariskosten, afsluitprovisie, taxatiekosten en bouwrente bij inbegrepen.

WKK = WarmteKrachtKoppeling

Warmtekrachtkoppelingen bestaan op verschillende manieren. Bij sommige WKK's (bijvoorbeeld bij een bio-WKK) wordt elektriciteit opgewekt en is warmte het restproduct. Bij andere WKK's (bijvoorbeeld bij de micro-WKK) is warmte het hoofdproduct en elektriciteit het restproduct. Bij een bio-WKK wordt biomassa gebruikt om een generator aan te drijven die elektriciteit opwekt. De restwarmte wordt gebruikt voor o.a. gebouwverwarming. De voornaamste toepassing van de micro-WKK is het verwarmen van woonhuizen waarbij de installatie de CV-ketel, boiler of geiser vervangt. Dit gebeurt doorgaans met behulp van een stirlingmotor of brandstofcel tot een capaciteit van 20 kiloWatt. Tegenwoordig is micro-WKK ook wel bekend onder de naam 'HrE-ketel.' Dit is de naam waarmee fabrikanten en energiebedrijven de particuliere markt in 2008 gaan benaderen

WKO = Warmte- en KoudeOpslag

De basis van WKO is de opslag van winterkoude voor koeling in de zomer en de opslag van zomerwarmte voor verwarming in de winter.

WTW = Warmte Terug Winning

Bij warmteterugwinning wordt gebruik gemaakt van de warmte van af te voeren ventilatielucht of douchewater om verse ventilatielucht voor te verwarmen.

Bijlage 2: Gebruikte referentiegebouwen SenterNovem

De in deze bijlage beschreven woningen zijn referentiewoningen van SenterNovem. Ze zijn terug te vinden op:

http://www.senternovem.nl/epr/referentiewoningen/referentiewoningen_nieuwbouw.asp

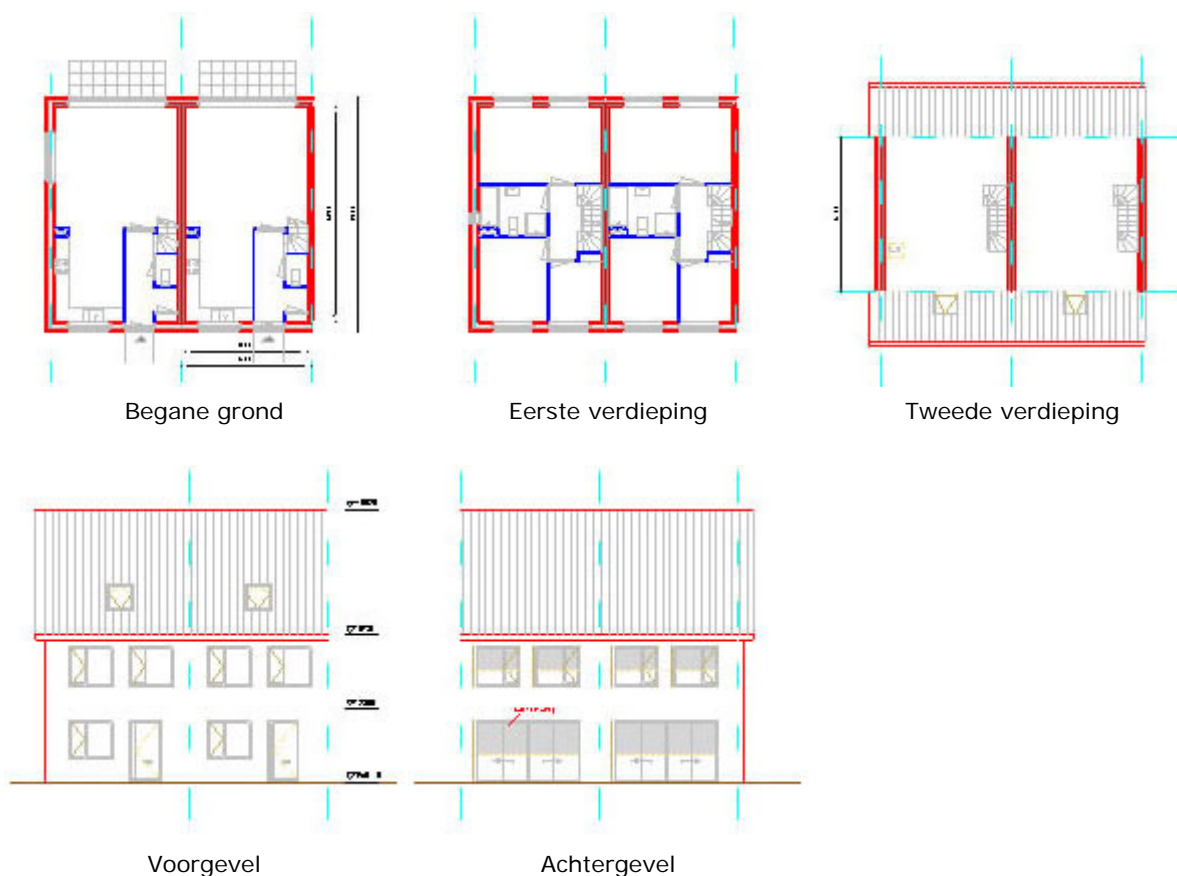
Tussenwoning

Algemene beschrijving

De rijwoningen vertegenwoordigen bijna 50% van de woningproductie in Nederland. Van die 50% is bijna driekwart een tussenwoning. In totaal is 36,5% van de nieuwbouwwoningen een tussenwoning. 20% van de rijwoningen wordt in de huursector gerealiseerd, 80% in de koopsector.

De oppervlakte van een tussenwoning bedraagt gemiddeld 125 m². In een tussenwoning zijn doorgaans drie slaapkamers aanwezig. Een tussenwoning komt in verschillende uitvoeringen voor, zowel met een zadelf- of een lessenaarsdak als met een plat dak. Een zadeldak komt relatief vaak voor.

Tekeningen



Enkele voorbeelden



Kenmerken van de woning

Kenmerk	waarde
Beukmaat	5,1 m
Woningdiepte	8,9 m
Verdiepingshoogte	2,6 m
Gebruiksoppervlakte Ag	124,3 m ²
Verliesoppervlakte Averlies	156,9 m ²
Verhouding Ag/Averlies	0,8
Gemiddelde gebruiksoppervlakte in MNW	125,0 m ²

Bouwkundige gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Rc-waarde gevel	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Rc-waarde dak	4,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W
Rc-waarde begane grondvloer	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
U-waarde ramen	1,8 W/m ² K	1,8 W/m ² K
U-waarde voordeur	2,0 W/m ² K	2,0 W/m ² K
Buitenzonwering op	Z	Z

Installatietechnische gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, HT met radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	-	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom
Type warmtapwatersysteem	combiketel HRww CW4	combiketel HRww CW4
Rendement tapwater	70%*	62%
Zonneboiler	2,8 m2 collectoroppervlak, alleen voor tapwater	

Energieprestatie

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,78	0,74
Jaarlijks energieverbruik per m2 volgens NEN 5128	359 MJ/m2	339 MJ/m2
Jaarlijkse CO2 emissie	2583 kg	2520 kg

* met behulp van een kwaliteitsverklaring

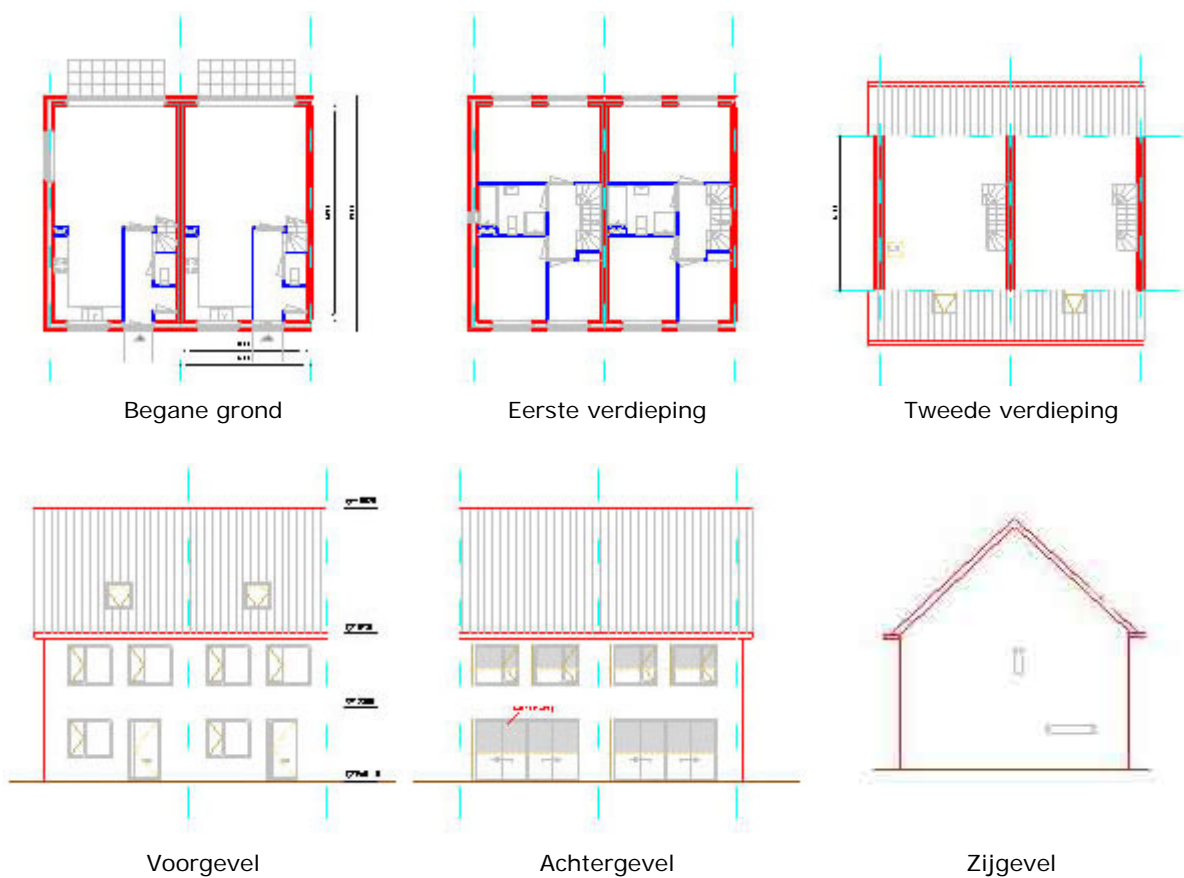
Hoekwoning

Algemene beschrijving

De rijwoningen vertegenwoordigen bijna 50% van de woningproductie in Nederland. Van die 50% is circa een kwart een hoekwoning. In totaal is 13,5% van de nieuwbouwwoningen een hoekwoning.

De oppervlakte van een hoekwoning bedraagt gemiddeld 127 m². In een hoekwoning zijn doorgaans drie slaapkamers aanwezig. Een hoekwoning komt in verschillende uitvoeringen voor, zowel met een zadel- of een lessenaarsdak als met een plat dak. Een zadeldak komt relatief vaak voor.

Tekeningen



Enkele voorbeelden



Kenmerken van de woning

Kenmerk	waarde
Beukmaat	5,1 m
Woningdiepte	8,9 m
Verdiepingshoogte	2,6 m
Gebruiksoppervlakte Ag	124,3 m ²
Verliesoppervlakte Averlies	230,0 m ²
Verhouding Ag/Averlies	0,5
Gemiddelde gebruiksoppervlakte in MNW	127,0 m ²

Bouwkundige gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Rc-waarde gevel	4,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Rc-waarde dak	4,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W
Rc-waarde begane grondvloer	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
U-waarde ramen	1,7 W/m ² K	1,8 W/m ² K
U-waarde voordeur	2,0 m ² K/W	2,0 m ² K/W
Buitenzonwering op	Z	Z

Installatietechnische gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, HT met radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	-	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom
Type warmtapwatersysteem	combiketel HRww CW4	combiketel HRww CW4
Rendement tapwater	70%*	70%*
Zonneboiler	2,8 m2 collectoroppervlak, alleen voor tapwater	

Energieprestatie

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,80	0,76
Jaarlijks energieverbruik per m2 volgens NEN 5128	403 MJ/m2	383 MJ/m2
Jaarlijkse CO2 emissie	2893 kg	2828 kg

* met behulp van een kwaliteitsverklaring

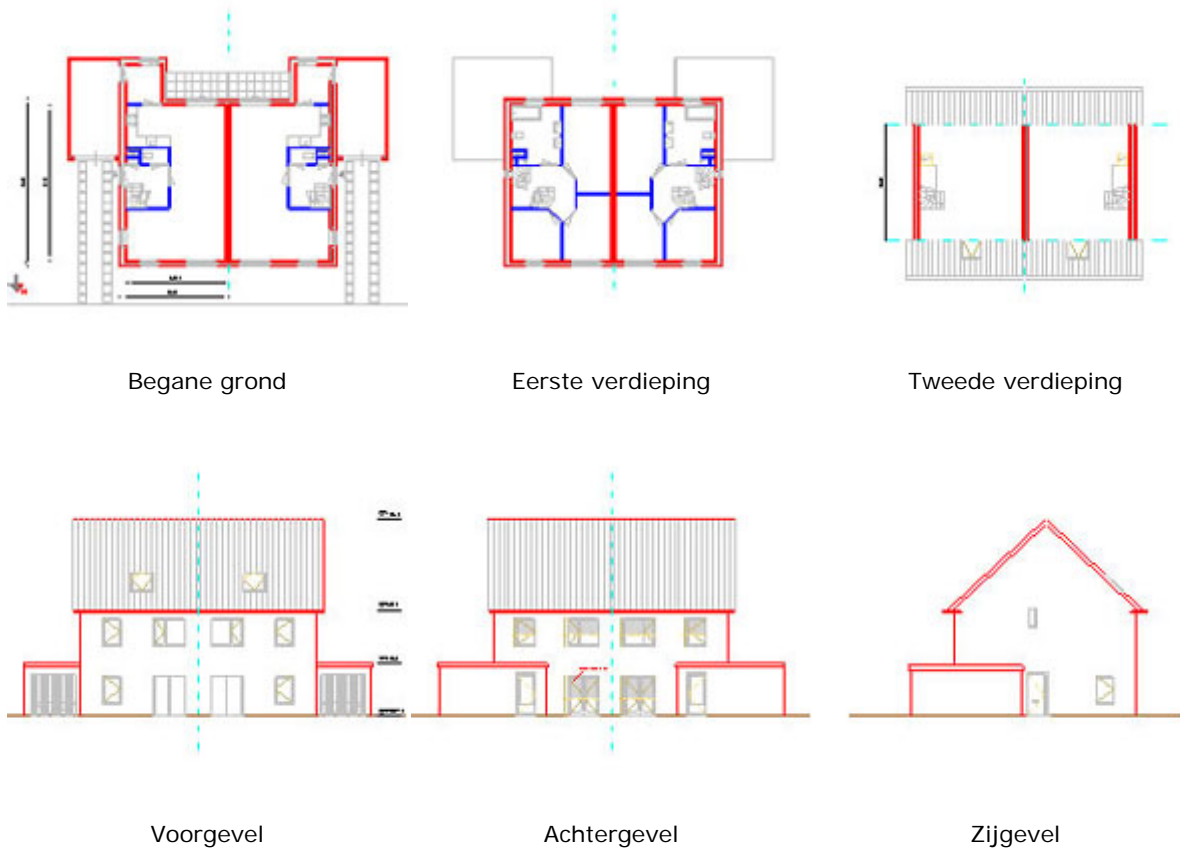
Twee-onder-een-kap woning

Algemene beschrijving

De twee-onder-een-kapwoningen vertegenwoordigen circa 13% van de woningproductie in Nederland. Het merendeel van de twee-onder-een-kapwoningen wordt gerealiseerd in de koopsector.

De oppervlakte van een twee-onder-een-kapwoning bedraagt gemiddeld 142 m². In een twee-onder-een-kapwoning zijn doorgaans drie slaapkamers aanwezig. Een twee-onder-een-kapwoning komt in verschillende uitvoeringen voor, zowel met een zadelf- of een lessenaarsdak als met een plat dak. Een zadeldak komt relatief vaak voor.

Tekeningen



Enkele voorbeelden



Kenmerken van de woning

Kenmerk	waarde
Beukmaat	5,8 m
Woningdiepte	9,0 m
Verdiepingshoogte	2,6 m
Gebruiksoppervlakte Ag	147,7 m ²
Verliesoppervlakte Averlies	268,5 m ²
Verhouding Ag/Averlies	0,6
Gemiddelde gebruiksoppervlakte in MNW	142,0 m ²

Bouwkundige gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Rc-waarde gevel	4,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Rc-waarde dak	5,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W
Rc-waarde begane grondvloer	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
U-waarde ramen	1,7 m ² K/W	1,8 m ² K/W
U-waarde voordeur	2,0 m ² K/W	2,0 m ² K/W
Buitenzonwering op	Z	Z

Installatietechnische gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, LT met vloerverwarming en radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	-	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom
Type warmtapwatersysteem	combiketel HRww CW4	combiketel HRww CW4
Rendement tapwater	72,5%*	72,5%*
Zonneboiler	2,8 m2 collectoroppervlak, alleen voor tapwater	

Energieprestatie

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,80	0,78
Jaarlijks energieverbruik per m2 volgens NEN 5128	401 MJ/m2	391 MJ/m2
Jaarlijkse CO2 emissie	3478 kg	3455 kg

* met behulp van een kwaliteitsverklaring

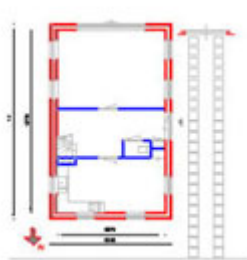
Vrijstaande woning

Algemene beschrijving

De vrijstaande woningen vertegenwoordigen circa 5% van de woningproductie in Nederland. Alle vrijstaande woningen worden gerealiseerd in de koopsector.

De oppervlakte van een vrijstaande woning bedraagt gemiddeld 164 m². In een vrijstaande woning zijn doorgaans drie slaapkamers aanwezig. Een vrijstaande woning komt in verschillende uitvoeringen voor, zowel met een zadel- of een lessenaarsdak als met een plat dak. Een zadeldak komt relatief vaak voor.

Tekeningen



Begane grond



Eerste verdieping



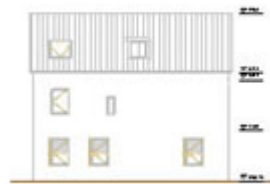
Tweede verdieping



Vorgevel



Rechtersijgevel



Achtergevel



Rechtersijgevel

Enkele voorbeelden



Kenmerken van de woning

Kenmerk	waarde
Beukmaat	6,0 m
Woningdiepte	10,2 m
Verdiepingshoogte	2,6 m
Gebruiksoppervlakte Ag	169,5 m ²
Verliesoppervlakte Averlies	358,4 m ²
Verhouding Ag/Averlies	0,5
Gemiddelde gebruiksoppervlakte in MNW	164,0 m ²

Bouwkundige gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Rc-waarde gevel	4,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
Rc-waarde dak	4,0 m ² K/W	4,0 m ² K/W
Rc-waarde begane grondvloer	3,0 m ² K/W	3,0 m ² K/W
U-waarde ramen	1,7 m ² K/W	1,8 m ² K/W
U-waarde voordeur	2,0 m ² K/W	2,0 m ² K/W
Buitenzonwering op	Z, W	Z, W

Installatietechnische gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, LT met vloerverwarming en radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	-	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom
Type warmtapwatersysteem	combiketel HRww CW5	combiketel HRww CW5
Rendement tapwater	72,5%*	72,5%*
Zonneboiler	5,6 m2 collectoroppervlak, voor tapwater en ruimteverwarming	

Energieprestatie

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,80	0,80
Jaarlijks energieverbruik per m2 volgens NEN 5128	417 MJ/m2	418 MJ/m2
Jaarlijkse CO2 emissie	4012 kg	4149 kg

* met behulp van een kwaliteitsverklaring

Appartementencomplex

Algemene beschrijving

Appartementen vertegenwoordigen circa 33 % van de woningproductie in Nederland. Eenderde van de appartementen wordt in de huursector gerealiseerd, tweederde in de koopsector. De oppervlakte van een appartement in de koopsector bedraagt gemiddeld 105 m²; in dit gemiddelde zijn zowel luxe penthouses als eenvoudige galerijwoningen opgenomen. Een appartement is veelal voorzien van twee slaapkamers. Hoewel in de MNW (zie hoofdstuk 5) geen onderscheid gemaakt wordt in verschillende typen appartementen is er voor gekozen om naast het galerijcomplex ook een appartementencomplex op te nemen met wat grotere woningen (oppervlakte per woning circa 92 m²).

Tekeningen



Linkerzijgevel (W)

Voorgevel (Z)



Rechterzijgevel (O)

Achtergevel (N)

Enkele voorbeelden



Kenmerken van de woning

Kenmerk	waarde
Beukmaat	8,3 m
Woningdiepte	11,9 m
Verdiepingshoogte	2,6 m
Gebruiksoppervlakte Ag	92,1 m ²
Gemiddelde gebruiksoppervlakte in MNW	105,0 m ²

Kenmerken van het woongebouw

Kenmerk	waarde
Aantal bouwlagen	5
Aantal woningen	27
Gebruiksoppervlakte Ag	3034,8 m ²
Gebruiksoppervlakte Aa	2644,2 m ²
Verhouding Ag/Aa	1,1

Bouwkundige gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Rc-waarde gevel	4,0 m2K/W	3,0 m2K/W
Rc-waarde dak	5,0 m2K/W	4,0 m2K/W
Rc-waarde begane grondvloer	3,0 m2K/W	3,0 m2K/W
U-waarde ramen	1,7 m2K/W	1,8 m2K/W
U-waarde voordeur	2,0 m2K/W	2,0 m2K/W
Buitenzonwering op	Z, W, O	Z

Installatietechnische gegevens

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
Type verwarmingsinstallatie	HR-107 ketel, LT met vloerverwarming en radiatoren	HR-107 ketel, HT met radiatoren
Type ventilatiesysteem	Zelfregelende roosters met mechanische afzuiging	Mechanische toe- en afvoer
Rendement warmteterugwinning	-	95%*
Type ventilatoren	Gelijkstroom	Gelijkstroom
Type warmtapwatersysteem	combiketel HRww CW4	combiketel HRww CW4
Rendement tapwater	70,0%*	58%
Zonneboiler	33,6 m2 collectoroppervlak, voor tapwater**	

Energieprestatie

Kenmerk	Variant met mechanische afzuiging	Variant met gebalanceerde ventilatie
EPC volgens NPR 5129, versie 2.02	0,80	0,78
Jaarlijks energieverbruik per m2 volgens NEN 5128	345 MJ/m2	335 MJ/m2
Jaarlijkse CO2 emissie	60921 kg	59710 kg

* met behulp van een kwaliteitsverklaring

** Alleen de woningen op de bovenste twee verdiepingen zijn aangesloten op een zonneboiler

Bijlage 3: Tabel uitgangspunten

Uitgangspunten/aannames (ex. BTW)		
Referentiewoningen		
Oppervlakte rijwoning	125,00	m2
Oppervlakte twee-onder-een-kap woning	148,00	m2
Oppervlakte vrijstaande woning	170,00	m2
Oppervlakte Appartement	105,00	m2
Schil rijwoning	165,00	m2
Schil twee-onder-een-kap woning	264,00	m2
Schil vrijstaande woning	333,00	m2
Schil Appartement	93,00	m2
Gemiddelde Rc waarde bij EPC 0,8	3,30	m2K/W
Aantal cm isolatie	9,57	cm
raam rijwoning	25	m2
raam twee-onder-een-kap woning	22	m2
raam vrijstaande woning	44	m2
raam Appartement	27	m2
U waarde raam	1,80	W/m2K
Rendementen		
COP koelmachines	3	
COP koudeopslag (in koelbedrijf)	20	
COP koudeopslag (in verwarmingsbedrijf)	20	
COP koudeopslag (in koelbedrijf) met vbww	12	
COP reversibele warmtepomp (in koelbedrijf)	5	
COP warmtepomp (in verwarmingsbedrijf) met WKO (met open bron)	5,0	
COP warmtepomp tapwater met WKO	2,4	
COP warmtepomp (in verwarmingsbedrijf) met vbww (met gesloten bron)	4,3	
COP warmtepomp tapwater met vbww	2,4	
COP element voor bijverwarming	1,0	
COP luchtwarmtepomp_w	3,8	
COP luchtwarmtepomp_k	3,7	
COP luchtwarmtepomp_tw	4,0	
Rendement absorptiekoelmachine (thermisch)	0,6	
Rendement absorptiekoelmachine (elektrisch)	20	
Rendement dry cooler	20	
Rendement vrije koeling	20	
Rendement CV-ketel	0,85	
Rendement WKK warmteopwekking	0,52	
Rendement WKK elektrisch	0,35	
Rendement elektriciteitscentrale	0,46	
Besparing douche wtw	25%	
Opbrengst VBWW per m	30	W/m
Opbrengst PV	80	kWh/m2
Opbrengst zonneboiler per m2	1,7	GJ/m2
Opbrengst zonneboiler	45%	
CO2 uitstoot per m3 gas	1,78	kG/m3 aeq
Straatverlichting per bewoner	35	kWh/bew/jaar
Rioolpompen per bewoner	10	kWh/bew/jaar
Opbrengst windturbine 3MW	700	MWh/molen/jaar
Opbrengst Enflo kleine turbine	2	MWh/molen/jaar

Energiekostenkengetallen		
GJ prijs stadsverwarming	23	euro/GJ
Elektriciteitstarief (plateau) collectief	18,0	ct/kWh
Elektriciteitstarief (dal) collectief	13,0	ct/kWh
Elektriciteitstarief (plateau) individueel	21,0	ct/kWh
Elektriciteitstarief (dal) individueel	15,0	ct/kWh
Aardgas CV Collectief	38	ct/m3
Aardgas CV Individueel	51	ct/m3

Onderhoudskostenkengetallen		
Onderhoud ketels, percentage van investering	3%	
Onderhoud koelmachines, percentage van investering	2%	
Onderhoud AKM, percentage van investering	2%	
Onderhoud warmtepompen, percentage van investering	2%	
Onderhoud individuele warmtepompen, percentage van investering	0,75%	
Onderhoud WKK, percentage van investering	8%	
Onderhoud KWO, percentage van investering	2%	
Onderhoud luchtwarmtepomp, percentage van investering	1%	
Onderhoud zonneboiler	2%	
Rente, afschrijving en levensduur		
Rentestand	5%	
Prijsstijging gas per jaar	7%	
Prijsstijging elektriciteit per jaar	5%	
Beginjaar afschrijving	2009	
Afschrijftermijn	30	jaar
Levensduur ketels	15	jaar
Levensduur koelmachines	15	jaar
Levensduur koudeopslag	30	jaar
Levensduur warmtepompen	15	jaar
Levensduur dry-cooler	15	jaar
Levensduur WKK	15	jaar
Levensduur AKM	15	jaar
Levensduur stadsverwarming	30	jaar
Levensduur TSA	15	jaar
Levensduur WTW	15	jaar
Levensduur leidingen	30	jaar
Levensduur elektra aansluiting	30	jaar
Levensduur gas aansluiting	30	jaar
Levensduur PV	30	jaar
Levensduur zonneboiler	30	jaar

Bijlage 4: WKO, Aspecten van systeemkeuze

Collectief vs. individueel

In de referentiesituatie wordt per gebouw warmte opgewekt door een CV ketel die lokaal (individuele woning/gebouw) is opgesteld. De gebouwen worden gekoeld met airco's. Bij de toepassing van een WKO systeem zal het ondergrondse gedeelte (inclusief de TSA's) centraal (collectief) zijn. De opwaardering van de bronwatertemperaturen kan ofwel met een centrale warmtepompinstallatie voor het hele gebied of een deelgebied, zoals beschreven in de scenario's a en b, ofwel lokaal met een individuele warmtepomp per woning plaatsvinden, zoals beschreven in de scenario's c en d. Hier beschrijven we de verschillen en de voor- en nadelen tussen collectieve en individuele systemen.

Systeemtype 1: Centrale opwaardering van temperatuur (collectief)

Bij een centrale, collectieve energieopwekking voor de gebouwen zal de temperatuur van het bronwater opgevaardeerd worden door één grote centrale installatie bestaande uit een centrale warmtepomp met hulpketel(s) ook wel pieklastketel(s) genoemd. Deze laatste worden vanuit kosteneffectiviteit ingezet en dient(en) alleen voor dekking van de pieken in de warmtevraag als bij lage buitentemperatuur (meestal vanaf 0 °C en lager) en eventueel voor het laatste opwarmtraject tot 60-65 °C voor warm tapwater. De totale opwekkingsinstallatie bestaat uit (zie figuur 3.1):

1. Centrale warmte- en koudeopslagsysteem (WKO).
2. Centrale technische ruimte met warmtepomp en CV ketel(s) voor de piekvraag (PLK=pieklastketel).
3. Distributienet voor warmte (met lage temperatuurverwarming (LTV) in de woning) en koude ("hoge" temperatuurkoeling (HTK) in de woning).

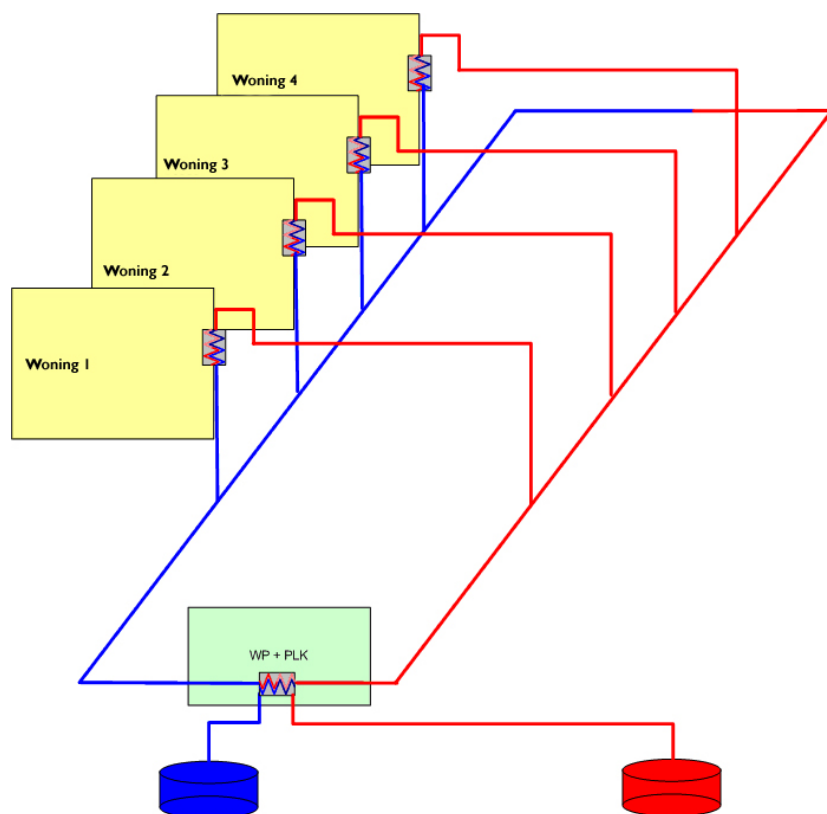
Vanuit de centrale technische ruimte wordt warmte en koude van de gewenste temperatuur naar de verschillende gebouwen getransporteerd.

Voordelen systeemtype 1:

1. Beheer en onderhoud is eenvoudig te regelen door centrale opzet.
2. Het totale ruimtebeslag voor technische voorzieningen is het kleinst door centrale opzet.
3. Het WKO/WP-systeem kan kleiner gedimensioneerd worden dan bij individuele warmtepompen, doordat gekozen kan worden om de piekbelasting (ca. 10% van de tijd, wel ca. 40% van het vermogen) door pieklastketels te laten verzorgen. Hierdoor nemen de investeringskosten af.
4. De energie-inkoop vindt plaats op één punt als grootverbruiker. Hierdoor kan een inkoopvoordeel gerealiseerd worden ten opzichte van individuele inkoop als kleinverbruiker. In het geval van outsourcing gaat dit voordeel vooral op voor de energie-exploitant, die dit voordeel ten dele kan doorgeven aan de kleinverbruiker.

Nadelen systeemtype 1:

1. Het centrale energievoorzieningsstelsel (inclusief energietechniekruimte) moet vanaf het begin gedimensioneerd worden op de totale energievraag in de eindsituatie met als mogelijke consequenties:
 - Beperkte flexibiliteit bij verandering in latere fases.
 - Hoge voorinvestering die overigens pas lastig wordt als het bouwtempo ernstige vertraging oploopt of de bouwopgave wordt aangepast.
2. Het gebouw met het hoogste temperatuurniveau bepaalt de systeemtemperatuur. Dit kan nadelige gevolgen hebben voor het systeemrendement.
3. Warmteverliezen bij het warmte- en koudetransportdeel en de tapwaterleiding.
4. Als gekozen wordt voor een centrale tapwateropwekking dan vraagt dat een extra distributienet.
5. Minder geschikt voor gebieden (deelplannen) met een lagere bouwdichtheid.
6. Er is ruimte benodigd voor een centrale energietechniekruimte. Dit kan een extern gebouw zijn, of in grotere gebouwen, zoals wijkcentra of appartementencomplexen, kan een techniekruimte worden ingericht. Wegens de mogelijke invloed van de afvoer van rookgas op de luchtkwaliteit, vergt de locatiekeuze van een centrale energieruimte aandacht. Ook de positie ten opzichte het bronnensysteem is van belang. De leidinglengtes dienen zo kort mogelijk te zijn in verband met energieverliezen en investeringskosten.



Figuur 4.1: centrale energieopwekking voor alle gebouwen

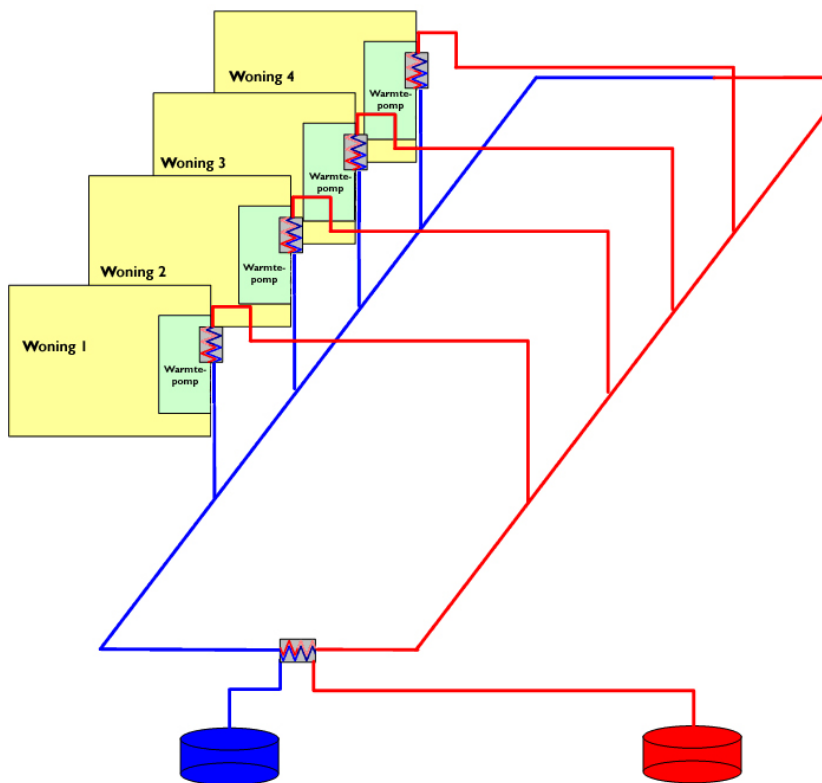
Systeemtype 2: Lokale opwaardering van temperatuur (individueel)

Bij het tweede systeemtype is er per woning een individuele combiwarmtepomp. Er wordt water met brontemperaturen (bij verwarming in de winter circa 16-18 °C, bij koeling in de zomer circa 6-8 °C) gedistribueerd. Per woning wordt deze temperatuur opgevoerd tot een bruikbare temperatuur (in de winter voor verwarming en warm water, in de zomer alleen voor warm water).

Systeemtype 2 heeft de volgende systeemonderdelen:

1. Centrale warmte- en koudeopslagsysteem (WKO).
2. Distributienet (grondwater met brontemperatuur).
3. Per woning een combiwarmtepomp.

Dit systeemtype is in figuur 3.2 schematisch weergegeven.



Figuur 4.2: energieopwekking per woning

Voordelen systeemtype 2:

1. Individuele systemen en individuele warmtapwaterbereiding voor de woningen wordt door bewoners vaak hoger gewaardeerd vanwege de mogelijkheid tot individuele controle en invloed van bewoners op hun comfortbehoefte/-beleving.
2. Een eenvoudigere verrekening van de energieafname is mogelijk, namelijk via de het elektriciteitsverbruik van de individuele warmtepomp.
3. De individuele installaties (warmtepompen) zijn voornamelijk in eigen beheer/eigendom.
4. De bedrijfsvoering en het kwaliteitsniveau van het beheer en onderhoud kan geoptimaliseerd worden voor de afzonderlijke gebruikers.
5. Omdat water met brontemperaturen wordt gedistribueerd zijn ongeïsoleerde leidingen voor het distributienet mogelijk, dus voordeliger.

Nadelen systeemtype 2

1. Dit systeemtype is duurder in beheer door de individuele warmtepompen.
2. Doorgaans hogere investeringen door individuele apparatuur.
3. Doorgaans lager rendement bij opwekking tapwater.
4. Ongunstige energie-inkoop door inkoop van elektriciteit door bewoners op kleinverbruikerniveau.

Ruimtebeslag WKO/WP systeem

Een WKO/WP systeem is grotendeels ondergronds en neemt dus aan de oppervlak geen ruimte in. Toch heeft een dergelijk systeem een aantal elementen die bepaalde ruimte nodig hebben:

1. Putbehuizing.
2. Energiegebouw bij een collectief WP systeem.
3. Technische ruimte in de woning.

Putbehuizingen

In de volgende foto's zijn mogelijke putbehuizingen van de bronnen weergegeven. De foto's illustreren de variatie in putbehuizingen (halfbovengronds of ondergronds) en de grootte van dergelijke behuizingen. Met het boorbedrijf kan in een later stadium bepaald worden welke variant het beste past bij het project Geerpark.

Halfbovengrondse putbehuizingen:



Figuur 4.3: type 1 halfondergronds



Figuur 4.4: type 2 halfondergronds

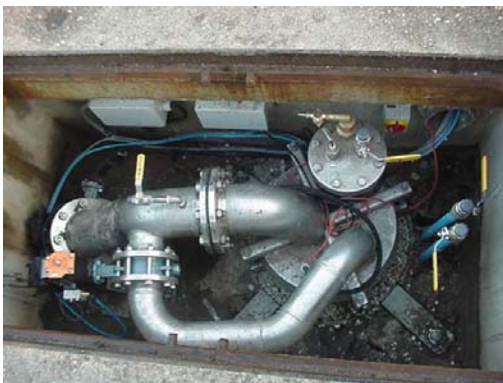


Figuur 4.5: type 3 halfondergronds open



Figuur 4.6: type 3 halfondergronds gesloten

Ondergrondse putbehuizingen:



Figuur 4.7: ondergrondse putbehuizing



Figuur 4.8: ondergrondse putbehuizing

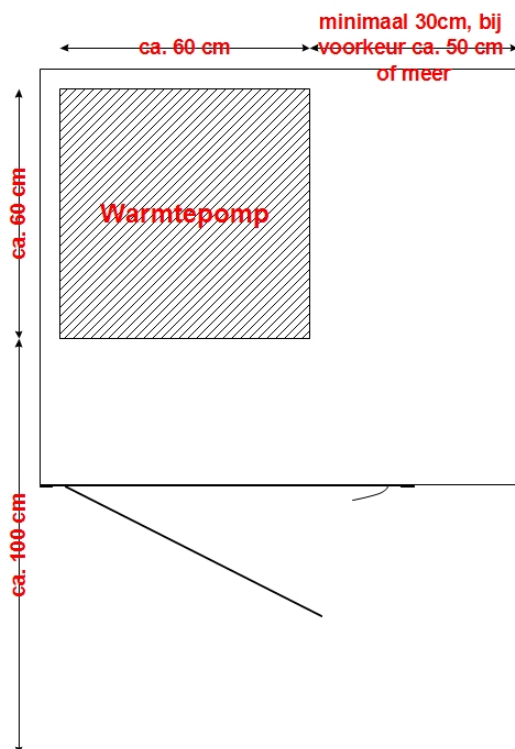
Ruimtebeslag van het energiegebouw

Het ruimtebeslag van het energiegebouw is afhankelijk van of er een collectief of individueel systeem wordt toegepast. Bij een collectief systeem zullen collectieve WP's, TSA's en evt. pieklastketels in een energiegebouw geplaatst moeten worden. Bij een individueel systeem is slechts ruimte voor de TSA's nodig. Afhankelijk van de fasering, planning, ruimtelijke mogelijkheden, capaciteit van een bronnenpaar, etc. moeten één of meerdere energiegebouwen in de wijk geplaatst worden. Bovengenoemde factoren bepalen daarom ook de ruimtebeslag van een energiegebouw. Als pieklastketels ingezet worden, moet bij de locatiekeuze aandacht besteedt worden aan de mogelijke invloed van de afvoer van rookgas op de luchtkwaliteit.

Ruimtebeslag in de woning

Bij collectieve systemen wordt warm en koud water vanuit een distributieleiding aan de woning geleverd. Daarom is slechts een afleversetje in de woning nodig. Deze past gewoonlijk in de meterkast. Bij de collectieve varianten worden warmtepompboilers toegepast voor de warm tapwaterbereiding. Deze hebben een oppervlakte van ca. 1 m² nodig en een hoogte van ca. 2 m.

Een aantal varianten gaat uit van de toepassing van individuele warmtepompen in combinatie met een distributieleiding van water op grondwatertemperatuur. Hierbij zullen de individuele warmtepompen in de woningen geplaatst zijn. In onderstaande figuur is het ruimtebeslag van een individuele combiwarmtepomp aangegeven.



Figuur 4.9: ruimtebeslag (combi-)warmtepomp

Aan één zijde van de warmtepomp moet minimaal 30 cm maar bij voorkeur 50 cm of meer beschikbaar zijn voor onderhoudswerkzaamheden. Voor deze werkzaamheden is ook minimaal 1 m aan werkruimte voor de warmtepomp noodzakelijk.

Een combiwarmtepomp verzorgt zowel comfortwarmte als warmtapwater en neemt door de benodigde boiler vat meer ruimte in dan een warmtepomp voor comfortwarmte. De combiwarmtepomp is daarom ca. 2 m hoog.

Bovenstaande maten zijn nadrukkelijk onder voorbehoud. Afhankelijk van de uiteindelijke exploitant, dient het systeemconcept mogelijk aangepast te worden.

Regeneratie van de warme bronnen

Bij toepassing van warmte- en koudeopslag (WKO), dient er vanuit de vergunning Grondwaterwet een energiebalans in de bodem gerealiseerd te worden. Dit voorkomt dat de bodem permanent aan het opwarmen of afkoelen is. Dit is niet alleen vanuit milieu-oogpunt maar ook vanuit energie-efficiëntie belangrijk.

Woningen hebben een grotere warmtevraag dan koelvraag per jaar. Dit betekent bij toepassing van een WKO systeem dat er meer warmte aan de bodem wordt onttrokken dan toegevoerd. Er ontstaat een tekort aan warmte in de bodem en zonder maatregelen zou de bodem steeds verder afkoelen. Dit tekort kan teniet worden gedaan door warmte via regeneratiesystemen aan de bodem toe te voeren.

De belangrijkste regeneratiesystemen zijn:

1. zonnecollectoren;
2. dakcollectoren;
3. asfaltcollectoren;
4. warmtewinning uit oppervlaktewater;
5. warmtewinning uit de buitenlucht.

Zonnecollectoren en dakcollectoren hebben het nadeel dat dakoppervlakte benodigd is. Doordat er weinig openbare gebouwen zijn, moeten veel individuele woningen van collectoren worden voorzien. Hierover moeten de gemeente en de verschillende ontwikkelaars afspraken maken. Bovendien beperkt dit de creatieve vrijheid van de architecten.

Asfaltcollectoren zijn een andere optie. Deze optie is relatief duur en ingewikkelder qua organisatie en financiering, omdat de exploitant hierover al vroeg afspraken moet maken met de partij die de straten aanlegt.

Warmtewinning uit de buitenlucht is qua rendement een stuk minder interessant dan uit oppervlaktewater.

Wij adviseren om een gedetailleerdere analyse van de regeneratie in een later stadium uit te laten voeren. De benodigde pompenergie en een inschatting van de investering is al wel in de berekeningen opgenomen.

Bijlage 5: Cijfermatige verdeling van de investeringen

Huidig beleid HR/CKM, EPC=0,8				
<i>Woningen + appartementen</i>	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
CV ketels +rookgaskan.	669	2.000	per stuk	1.338.000
Airco	669	1.600	per stuk	1.070.400
Gasleidingen	4.000	150	per m	600.000
Gasaansluiting	669	500	per stuk	334.500
				3.342.900
Referentie EPC = 0.6				
<i>Woningen+appartementen</i>	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
CV ketels +rookgaskan.	669	2.000	per stuk	1.338.000
Airco	669	1.600	per stuk	1.070.400
Gasleidingen	4.000	150	per m	600.000
Gasaansluiting	669	500	per stuk	334.500
douche WTW	669	2.400	per stuk	1.605.600
Isolatie	1.905.406	1,5	per cm per m2	2.858.108
				7.806.608
Passiefhuizen				
<i>Woningen+appartementen</i>	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
Zonneboiler	669	1.600	per stuk	1.070.400
PV	0	700	per m2	0
WTW	669	2.400	per stuk	1.605.600
Passiefhuizen	669	11.000	per woning	7.359.000
LWP voor passiefhuizen	669	8.000	per stuk	5.352.000
				15.387.000
Passiefhuizen + PV				
<i>Woningen+appartementen</i>	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
Zonneboiler	669	1.600	per stuk	1.070.400
PV	25.998	700	per m2	18.198.422
WTW	669	2.400	per stuk	1.605.600
Passiefhuizen	669	11.000	per woning	7.359.000
LWP voor passiefhuizen	669	8.000	per stuk	5.352.000
				33.585.422
Ondiepe Geothermie				
<i>Woningen+appartementen</i>	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
Bronnen	2	1.200.000	per bron	2.400.000
Pompen	1	100.000	per pomp	100.000
WP-boilers	669	2.000	per stuk	1.338.000
Extra vat voor koeling en installatie	669	6.000	per stuk	4.014.000
WTW	669	2.400	per stuk	1.605.600
Leidingnet primair	4.000	250	per m	1.000.000
leidingnet secundair	549	784	per woning	430.416
				10.888.016

WKO Collectief*Woningen+appartementen*

	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
Koudeopslag	3.394	320	per kWth	1.086.184
Warmtepomp	4.314	300	per kWth	1.294.300
Tussenscheidingsapparaat	4.314	100	kWth	431.433
WP-boilers (tapwater)	669	2.000	per stuk	1.338.000
Leidingnet	6.000	250	per m	1.500.000
warmte-aansluiting	669	1.000	per stuk	669.000
			per cm per	
Extra isolatie	1.905.406	1,5	m2	2.858.108
Zonneboiler	669	1.600	per stuk	1.070.400
Douche-wtw	669	550	per stuk	367.950
				10.615.376

WKO combinatie*Rijwoningen+appartementen*

	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
Koudeopslag	1.588	320	per kWth	508.200
Warmtepomp	2.888	300	per kWth	866.250
Tussenscheidingsapparaat	2.888	100	kWth	288.750
WP-boilers (tapwater)	425	2.000	per stuk	850.000
Leidingnet	3.000	250	per m	750.000
warmte-aansluiting	425	1.000	per stuk	425.000
Zonneboiler	425	1.600	per stuk	680.000
			per cm per	
Isolatie	882.176	1,5	m2	1.323.264
Douche-wtw	425	550	per stuk	233.750

vrijstaande woningen+2-1 kap

	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
VBWW	244	4500	per stuk	1.248.000
Individuele warmtepomp	244	8.000	per stuk	2.102.000
Zonneboiler	244	1.600	per stuk	390.400
Douche-wtw	244	550	per stuk	134.200
			per cm per	
Extra isolatie	1.023.230	1,5	m2	1.534.844
				11.334.658

Restwarmte biogas WKK*Woningen + appartementen*

	hoeveelheid	prijs per eenheid	eenheid	totaal
Aansluiting stadsverwarming	669	3.700	per stuk	2.475.300
Airco	669	1.600	per stuk	1.070.400
Leidingen warmtelevering	4.000	250	per m	1.000.000
Zonneboiler	669	1.600	per stuk	1.070.400
Douche-wtw	669	550	per stuk	367.950
			per cm per	
Extra isolatie	1.905.406	1,5	m2	2.858.108
				8.842.158

Bijlage 6: Woonlasten per woning en per scenario

Referentie EPC = 0,8

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Energieinkoop	1316	1393	1474	1560	1651	1748	1850	1959	2074	2196	2326	2464	2609	2764	2928
Onderhoud	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Rente	236	221	207	193	178	164	150	135	121	107	92	78	64	49	35
Afschrijving	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Energieinkoop	3102	3287	3483	3692	3913	4147	4396	4660	4941	5239	5556	5892	6249	6628	7031
Onderhoud	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Rente	201	186	172	158	143	129	115	100	86	72	57	43	29	14	0
Afschrijving	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287

Referentie EPC = 0,6

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Energieinkoop	1316	1393	1474	1560	1651	1748	1850	1959	2074	2196	2326	2464	2609	2764	2928
Onderhoud	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Rente	236	221	207	193	178	164	150	135	121	107	92	78	64	49	35
Afschrijving	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Energieinkoop	3102	3287	3483	3692	3913	4147	4396	4660	4941	5239	5556	5892	6249	6628	7031
Onderhoud	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Rente	201	186	172	158	143	129	115	100	86	72	57	43	29	14	0
Afschrijving	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287

a) Passiefhuizen

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Energieinkoop	653	686	720	756	794	833	875	919	965	1013	1063	1117	1172	1231	1293
Onderhoud	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
Rente	1094	1039	983	927	872	816	760	705	649	593	538	482	426	371	315
Afschrijving	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Energieinkoop	1357	1425	1496	1571	1650	1732	1819	1910	2005	2106	2211	2321	2437	2559	2687
Onderhoud	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112
Rente	779	724	668	612	557	501	445	390	334	278	223	167	111	56	0
Afschrijving	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113	1113

b) Ondiepe geothermie

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Energieinkoop	817	858	900	945	993	1042	1094	1149	1207	1267	1330	1397	1467	1540	1617
Onderhoud	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Rente	769	725	680	636	591	547	503	458	414	369	325	280	236	191	147
Afschrijving	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889	889

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Energieinkoop	1698	1783	1872	1965	2064	2167	2275	2389	2509	2634	2766	2904	3049	3202	3362
Onderhoud	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Rente	622	578	534	489	445	400	356	311	267	222	178	133	89	44	0
Afschrijving	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818	818

c) WKO collectief

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Energieinkoop	879	923	969	1017	1068	1122	1178	1237	1298	1363	1432	1503	1578	1657	1740
Onderhoud	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
Rente	758	723	688	653	618	583	548	513	478	443	408	373	338	303	268
Afschrijving	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610	610

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Energieinkoop	1827	1918	2014	2115	2221	2332	2448	2571	2699	2834	2976	3125	3281	3445	3617
Onderhoud	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118	118
Rente	490	455	420	385	350	315	280	245	210	175	140	105	70	35	0
Afschrijving	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467	467

d) WKO combinatie

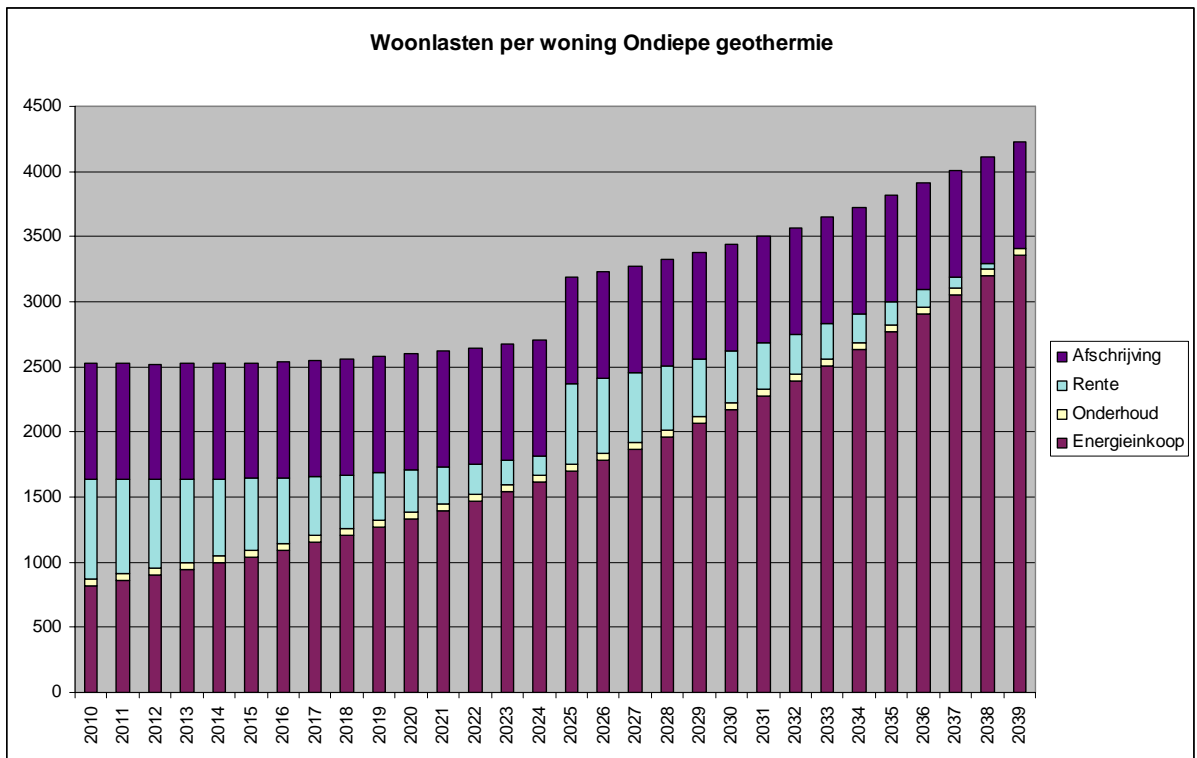
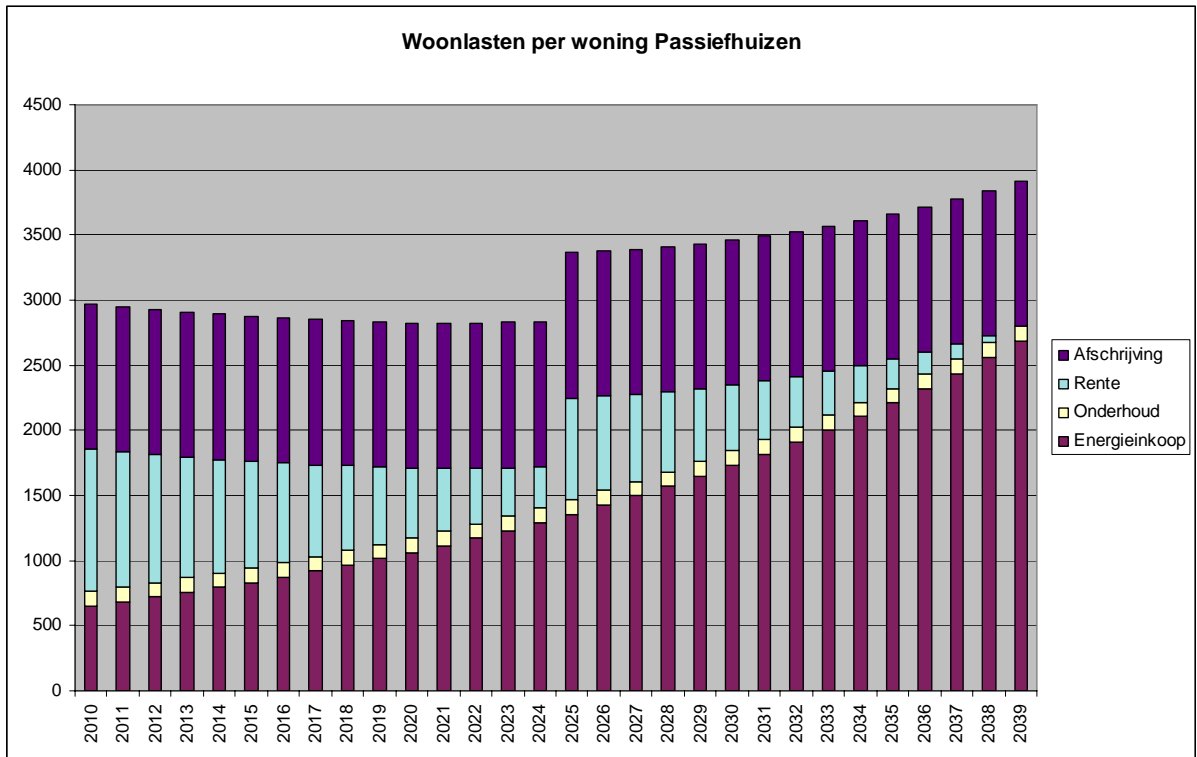
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Energieinkoop	869	912	958	1006	1056	1109	1164	1223	1284	1348	1415	1486	1561	1639	1720
Onderhoud	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Rente	806	765	724	683	642	601	560	519	478	437	396	355	313	272	231
Afschrijving	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821

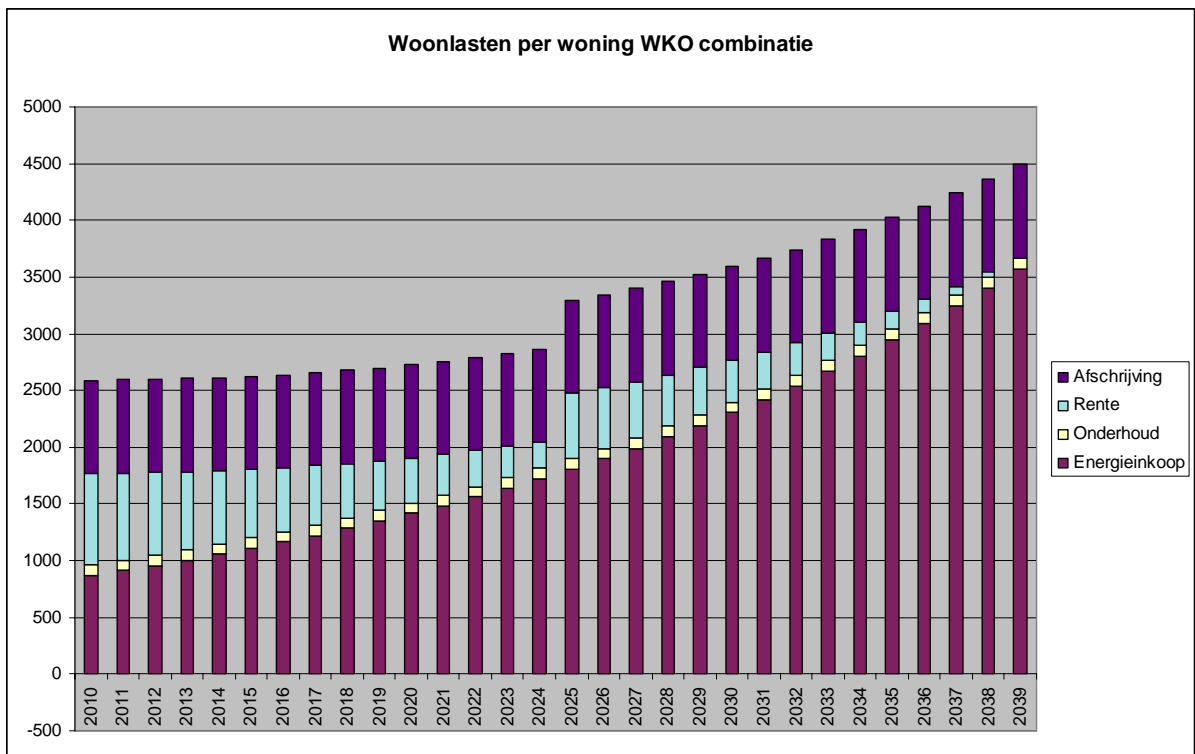
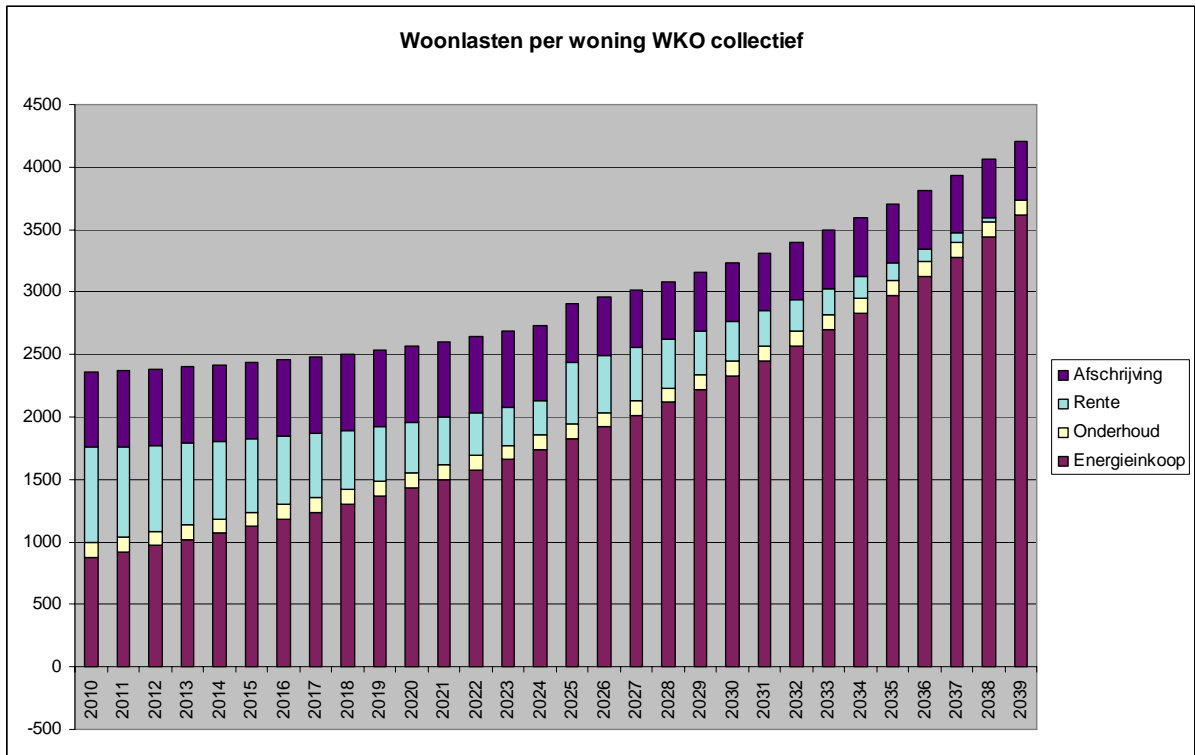
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Energieinkoop	1806	1897	1992	2091	2196	2306	2421	2542	2669	2802	2943	3090	3244	3406	3577
Onderhoud	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
Rente	575	534	493	452	411	369	328	287	246	205	164	123	82	41	0
Afschrijving	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821	821

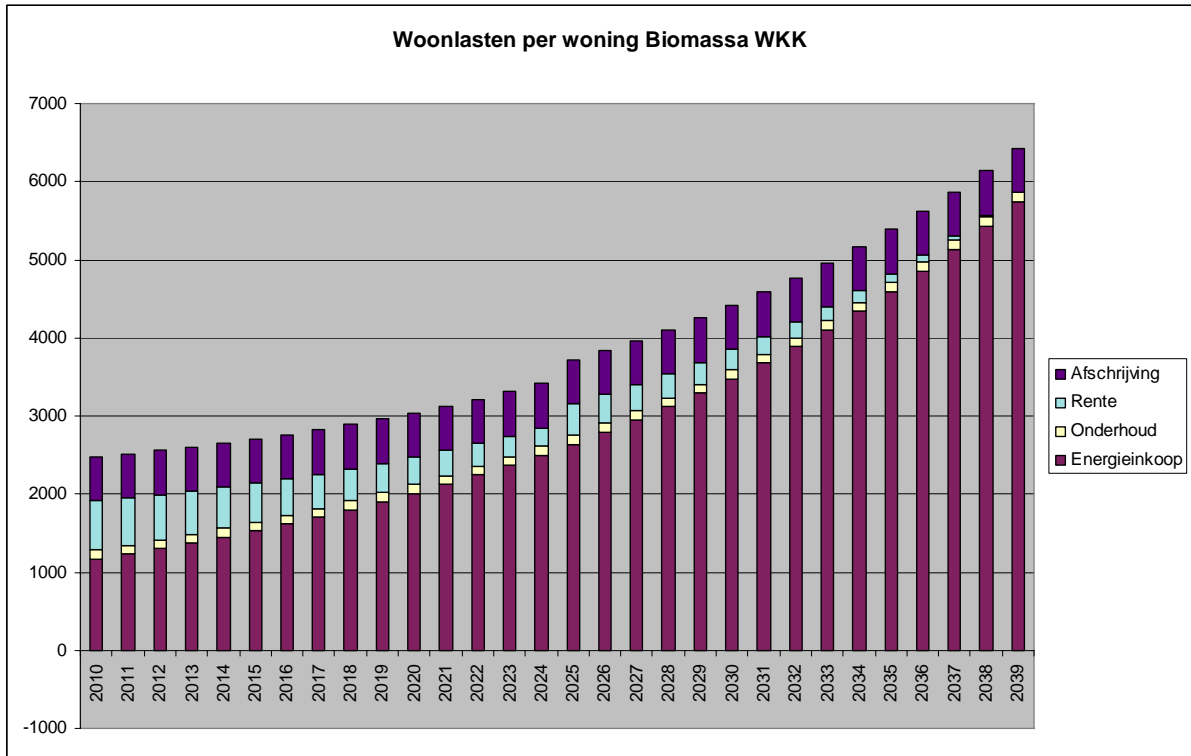
e) Biogas WKK

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Energieinkoop	1169	1233	1302	1374	1450	1531	1616	1706	1802	1903	2009	2122	2241	2367	2500
Onderhoud	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
Rente	633	604	576	548	519	491	463	435	406	378	350	322	293	265	237
Afschrijving	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Energieinkoop	2641	2791	2949	3116	3292	3480	3678	3887	4109	4344	4593	4856	5135	5431	5743
Onderhoud	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114
Rente	396	368	339	311	283	255	226	198	170	141	113	85	57	28	0
Afschrijving	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566	566







Bijlage 7: NCW berekening

De NCW waarde is als volgt berekend. Er is een referentiescenario gedefinieerd. Deze vraagt een bepaalde investering. Deze investering wordt over 30 jaar uitgespreid. Uitgangspunt is dat voor deze investering geleend moet worden. Over een periode van 30 jaar wordt er met behulp van het referentiescenario een bepaald bedrag uitgegeven aan energiekosten, onderhoudskosten en rente van de lening.

Het alternatieve scenario (duurzame energiesysteem en energiebesparingsmaatregelen) wordt nu vergeleken met het referentiesysteem. Het referentiesysteem is in feite de nul-situatie. Ook het alternatieve scenario heeft investeringskosten. En ook de jaarkosten (energiekosten, onderhoudskosten en rente) wordt voor dit systeem over 30 jaar geanalyseerd. De investering in het duurzame scenario is hoger dan in het referentiescenario. Echter de jaarkosten van het duurzame scenario zullen lager zijn. De Netto Contante Waarde is als het ware de winst die gemaakt wordt door de lagere jaarkosten van het duurzame scenario.

Uitgangspunten zijn verder:

Rente	5%
gasprijsstijging per jaar	7%
elektriciteitsprijsstijging per jaar	5%

De volgende tabellen zijn de NCW berekeningen tov de referentie EPC = 0,8.

NCW Passiefhuizen

REKENSHEET

FINANCIERING EN EXPLOITATIE: LTEO

(in Euro's)

1. INVESTERINGSPLAN

Omschrijving	Investering 2009	Afschrijvings- termijn (jaren)	Kosten (afschrijving)														
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<i>woningen</i>																	
Zonneboiler	1.070.400	30	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680
PV	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WTW	1.605.600	15	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040
Passiefhuizen	7.359.000	30	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300
LWP voor passiefhuizen	5.352.000	15	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800
TOTAAL	15.387.000		744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820
Investering cum	15.387.000																

2. ONDERHOUD

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
TOTAAL	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928

3. INKOOP ENERGIE

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Totaal Inkoop	436.762	458.600	481.530	505.607	530.887	557.431	585.303	614.568	645.297	677.561	711.439	747.011	784.362	823.580	864.759

4. RENTEKOSTEN

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Rente financiering	732.109	694.868	657.627	620.386	583.145	545.904	508.663	471.422	434.181	396.940	359.699	322.458	285.217	247.976	210.735

TOTAAL KOSTEN

	1.988.619	1.973.216	1.958.905	1.945.741	1.933.780	1.923.083	1.913.714	1.905.738	1.899.226	1.894.249	1.890.886	1.889.217	1.889.327	1.891.304	1.895.242
--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

5. OPBRENGSTEN

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Opbrengsten uit verbruik (kosten referentie)	880.584	931.814	986.109	1.043.659	1.104.663	1.169.335	1.237.901	1.310.602	1.387.695	1.469.453	1.556.163	1.648.137	1.745.700	1.849.203	1.959.016
Vastrecht (=rente + afschrijving referentie)	410.818	401.232	391.647	382.061	372.476	362.890	353.305	343.719	334.134	324.548	314.963	305.377	295.792	286.206	276.621

TOTAAL OPBRENGSTEN

	1.291.401	1.333.046	1.377.756	1.425.720	1.477.138	1.532.225	1.591.205	1.654.321	1.721.829	1.794.001	1.871.126	1.953.514	2.041.492	2.135.409	2.235.636
--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

EXPLOITATIERESULTAAT:	-697.218	-640.171	-581.150	-520.021	-456.642	-390.859	-322.509	-251.417	-177.397	-100.249	-19.760	64.296	152.165	244.105	340.394
-----------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	---------	--------	---------	---------	---------

Netto-contante waarde exploitatieresultaat	2.085.850
---	------------------

NCW Passiehuizen

REKENSHEET

FINANCIERING EN EXPLOITATIE: LTEO

(in Euro's)

1. INVESTERINGSPLAN

Omschrijving	Investering	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
	2024															
<i>woningen</i>																
Zonneboiler	0	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680
PV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WTW	1.605.600	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040	107.040
Passiehuizen	0	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300	245.300
LWP voor passiehuizen	5.352.000	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800	356.800
TOTAAL	6.957.600	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820	744.820
Investering cum	22.344.600															

2. ONDERHOUD	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
TOTAAL		74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928	74.928

3. INKOOP ENERGIE	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Totaal Inkoop		907.997	953.397	1.001.067	1.051.120	1.103.676	1.158.860	1.216.803	1.277.643	1.341.525	1.408.601	1.479.032	1.552.983	1.630.632	1.712.164	1.797.772

4. RENTEKOSTEN	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Rente financiering		521.374	484.133	446.892	409.651	372.410	335.169	297.928	260.687	223.446	186.205	148.964	111.723	74.482	37.241	0

TOTAAL KOSTEN		2.249.119	2.257.278	2.267.707	2.280.519	2.295.834	2.313.777	2.334.479	2.358.078	2.384.719	2.414.554	2.447.744	2.484.454	2.524.862	2.569.153	2.617.520
----------------------	--	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

5. OPBRENGSTEN	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	
Opbrengsten uit verbruik (kosten referentie)		2.075.534	2.199.178	2.330.394	2.469.660	2.617.481	2.774.397	2.940.982	3.117.846	3.305.641	3.505.058	3.716.836	3.941.760	4.180.665	4.434.443	4.704.042
Vastrecht (=rente + afschrijving referentie)		387.455	377.870	368.284	358.699	349.113	339.528	329.942	320.357	310.771	301.186	291.600	282.015	272.429	262.844	253.258

TOTAAL OPBRENGSTEN		2.462.989	2.577.047	2.698.678	2.828.359	2.966.594	3.113.925	3.270.924	3.438.203	3.616.412	3.806.244	4.008.436	4.223.774	4.453.094	4.697.287	4.957.300
---------------------------	--	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

EXPLOITATIERESULTAAT:		213.870	319.769	430.972	547.839	670.760	800.148	936.445	1.080.125	1.231.693	1.391.689	1.560.693	1.739.320	1.928.232	2.128.134	2.339.780
-----------------------	--	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Netto-contante waarde exploitatieresultaat

NCW Individuele warmte- en koudeopslag en individuele warmtepompen

REKENSHEET

FINANCIERING EN EXPLOITATIE: LTEO

(in Euro's)

1. INVESTERINGSPLAN

Omschrijving	Investering 2009	Afschrijvings- termijn (jaren)	Kosten (afschrijving)														
			2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<i>woningen</i>																	
Koudeopslag	1.086.184	30	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206
Warmtepomp	1.294.300	15	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287
Tussenscheidingsapparaat	431.433	15	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762
WP-boilers (tapwater)	1.338.000	15	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200
Leidingnet	1.500.000	30	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
warmte-aansluiting	669.000	30	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300
Extra isolatie	2.858.108	30	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270
Zonneboiler	1.070.400	30	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680
Douche-wtw	367.950	15	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530
TOTAAL	10.615.376		408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025	408.025
Investering cum	10.615.376																

2. ONDERHOUD	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
TOTAAL	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053

3. INKOOPENERGIE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Totaal Inkoop	587.944	617.341	648.208	680.618	714.649	750.381	787.901	827.296	868.660	912.093	957.698	1.005.583	1.055.862	1.108.655	1.164.088

4. RENTEKOSTEN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Rente financiering	507.357	483.945	460.533	437.122	413.710	390.298	366.886	343.475	320.063	296.651	273.239	249.828	226.416	203.004	179.592

TOTAAL KOSTEN	1.582.379	1.588.364	1.595.819	1.604.818	1.615.437	1.627.758	1.641.865	1.657.848	1.675.801	1.695.823	1.718.015	1.742.489	1.769.356	1.798.737	1.830.758
----------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

5. OPBRENGSTEN	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Opbrengsten uit verbruik (kosten referentie)	880.584	931.814	986.109	1.043.659	1.104.663	1.169.335	1.237.901	1.310.602	1.387.695	1.469.453	1.556.163	1.648.137	1.745.700	1.849.203	1.959.016
Vastrecht (=rente + afschrijving referentie)	410.818	401.232	391.647	382.061	372.476	362.890	353.305	343.719	334.134	324.548	314.963	305.377	295.792	286.206	276.621

TOTAAL OPBRENGSTEN	1.291.401	1.333.046	1.377.756	1.425.720	1.477.138	1.532.225	1.591.205	1.654.321	1.721.829	1.794.001	1.871.126	1.953.514	2.041.492	2.135.409	2.235.636
---------------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------

EXPLOITATIERESULTAAT:	-290.977	-255.318	-218.064	-179.098	-138.299	-95.533	-50.659	-3.527	46.028	98.178	153.111	211.025	272.136	336.671	404.878
-----------------------	----------	----------	----------	----------	----------	---------	---------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------	---------

Netto-contante waarde exploitatieresultaat	5.359.277														
--	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

NCW Individuele warmte- en koudeopslag en individuele warmtepompen

REKENSHEET																
FINANCIERING EN EXPLOITATIE: LTEO																
(in Euro's)																
1. INVESTERINGSPLAN																
Omschrijving	Investing	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
	2024															
<i>woningen</i>																
Koudeopslag	0	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206	36.206
Warmtepomp	1.294.300	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287	86.287
Tussenscheidingsapparaat	431.433	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762	28.762
WP-boilers (tapwater)	1.338.000	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200	89.200
Leidingnet	0	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000	50.000
warmte-aansluiting	0	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300	22.300
Extra isolatie	0	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270	95.270
Zonneboiler	0	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680	35.680
Douche-wtw	367.950	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530	24.530
TOTAAL	3.063.733	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755	312.755
Investing cum	13.679.109															
2. ONDERHOUD																
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
TOTAAL		79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053	79.053
3. INKOOP ENERGIE																
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Totaal Inkoop		1.222.292	1.283.407	1.347.577	1.414.956	1.485.704	1.559.989	1.637.989	1.719.888	1.805.883	1.896.177	1.990.985	2.090.535	2.195.061	2.304.815	2.420.055
4. RENTEKOSTEN																
	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Rente financiering		327.765	304.353	280.941	257.529	234.118	210.706	187.294	163.882	140.471	117.059	93.647	70.235	46.824	23.412	0
TOTAAL KOSTEN		1.941.865	1.979.568	2.020.326	2.064.293	2.111.629	2.162.503	2.217.090	2.275.578	2.338.161	2.405.043	2.476.440	2.552.578	2.633.693	2.720.034	2.811.863
5. OPBRENGSTEN																
	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	
Opbrengsten uit verbruik (kosten referentie)		2.075.534	2.199.178	2.330.394	2.469.660	2.617.481	2.774.397	2.940.982	3.117.846	3.305.641	3.505.058	3.716.836	3.941.760	4.180.665	4.434.443	4.704.042
Vastrecht (=rente + afschrijving referentie)		387.455	377.870	368.284	358.699	349.113	339.528	329.942	320.357	310.771	301.186	291.600	282.015	272.429	262.844	253.258
TOTAAL OPBRENGSTEN		2.462.989	2.577.047	2.698.678	2.828.359	2.966.594	3.113.925	3.270.924	3.438.203	3.616.412	3.806.244	4.008.436	4.223.774	4.453.094	4.697.287	4.957.300
EXPLOITATIERESULTAAT:		521.124	597.480	678.352	764.065	854.965	951.422	1.053.833	1.162.624	1.278.251	1.401.201	1.531.996	1.671.197	1.819.402	1.977.253	2.145.437
Netto-contante waarde exploitatieresultaat																