

Energievisie Duurzaam Hoogkamer

Energievisie Duurzaam Hoogkamer

-Vertrouwelijk-

Door: ir. L. van den Boogaard en ir. E.M. Slingerland

Datum: 29 juli 2010

Project nummer: PDEMNL101236

© Ecofys 2010

In opdracht van:

Gemeente Teylingen

Managementsamenvatting

Inleiding

De gemeente Teylingen heeft zich ten aanzien van realisatie van de nieuwbouwwijk Hooghkamer (zie plattegrond rechts) het doel gesteld de mogelijkheden van een duurzame energievoorziening te onderzoeken. Hierbij wordt geconfirmeerd aan de klimaatambities zoals vastgelegd in het regionale Klimaatprogramma 2008-2012.



In dit onderzoek worden energievarianten onderzocht op milieu-technische en financiële aspecten, met als doel de gemeente in staat te stellen een keuze te maken voor de energievoorziening in Hooghkamer.

Aanpak

In dit onderzoek zijn drie verschillende energievarianten onderzocht en afgezet tegen een referentievariant met een conventionele gasketel. De volgende varianten zijn onderzocht:

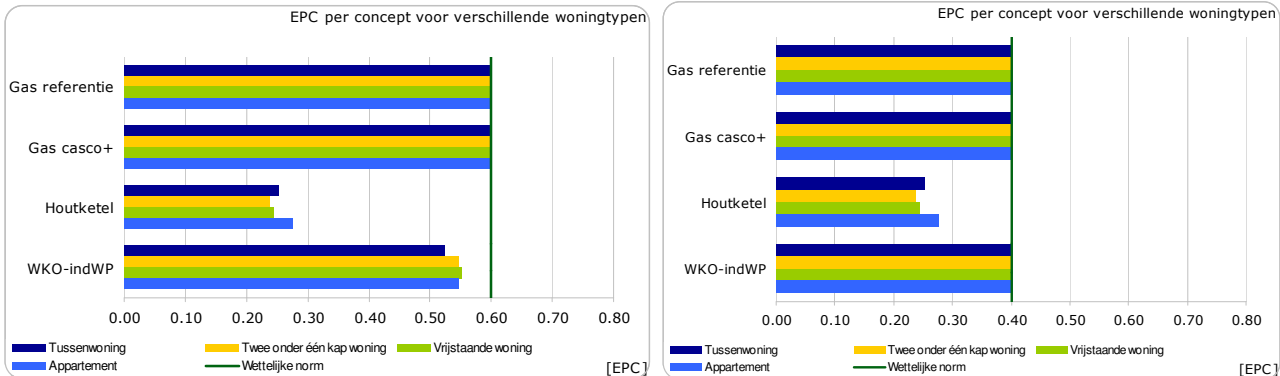
Variant	Warmtebron	Koudebron	Casco
0 (referentie)	HR-107 gasketel	Compressiekoelmachine	Standaard
1	HR-107 gasketel	Compressiekoelmachine	Verzwaard
2	Houtpelletketel	Compressiekoelmachine	Standaard
3	Individuele warmtepomp in combinatie met WKO	Koudeopslag	Standaard

Van elke variant is bepaald hoe deze op milieugebied scoort en hoeveel zonnepanelen nodig zijn om te voldoen aan het op dat moment geldend Bouwbesluit. Om die reden is de te verwachten realisatieperiode opgedeeld in drie tijdvakken, van 2011 tot en met 2015, van 2015 tot en met 2020 en vanaf 2020. Hierin worden de investeringskosten en woonlasten uitgezet tegen de referentiesituatie. In het kader van te verwachten stijgende energieprijzen is een ontwikkeling voor de komende 30 jaar gegeven van energielasten.

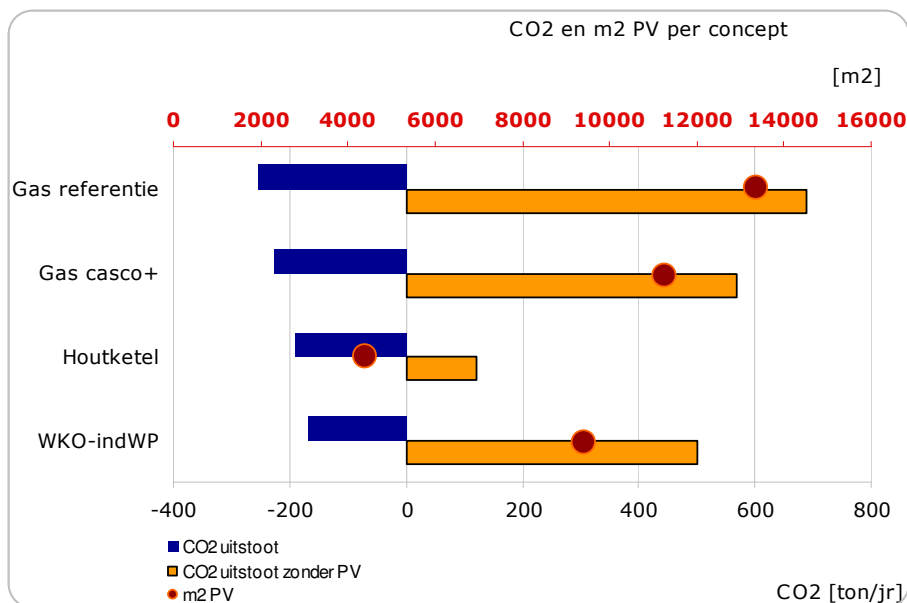
Resultaten

De resultaten zijn onderverdeeld in drie tijdvakken; het eerste tijdvak behandelt nieuwbouw van 2011 tot en met 2015, het tweede tijdvak betreft de periode 2015 tot en met 2020. De jaren na 2020, wanneer alle nieuwbouw klimaatneutraal dient te zijn, worden aangemerkt als het derde tijdvak. Milieu-technisch scoort concept 2 (houtpelletketel) in de eerste twee tijdvakken het beste, ver voor het concept met individuele warmtepompen en WKO.

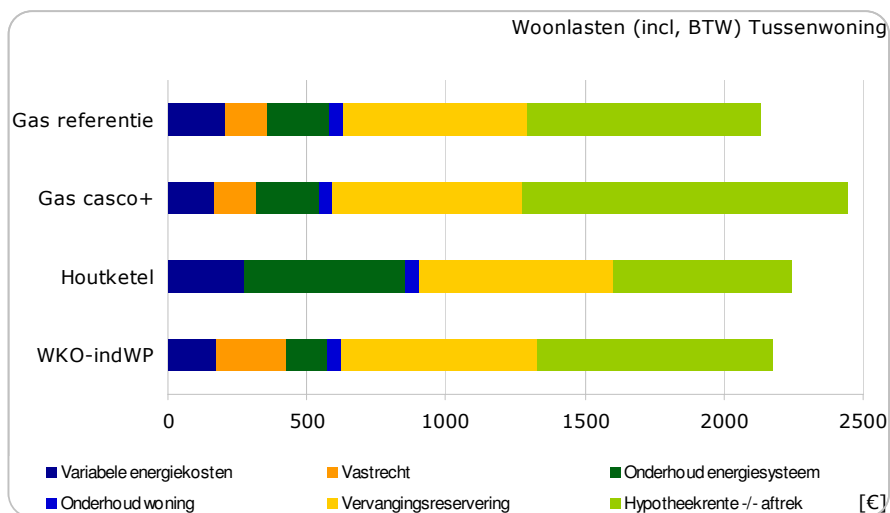
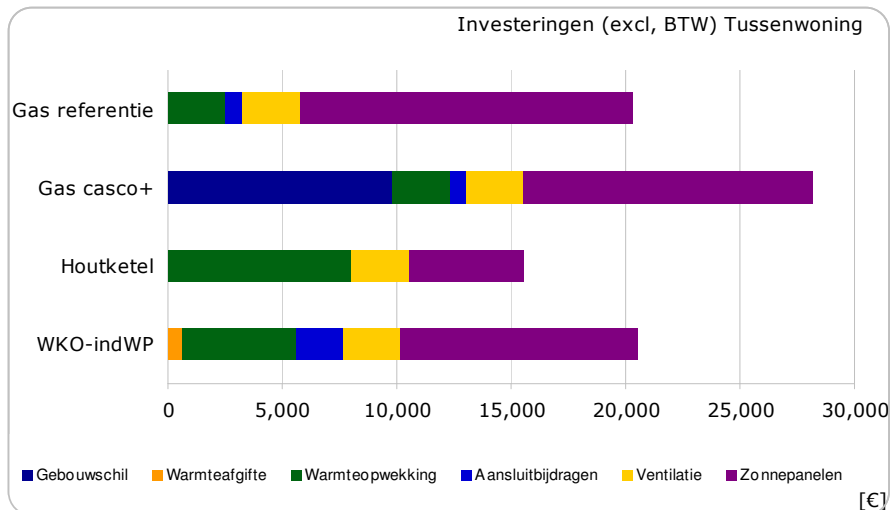
Opmerkelijk is dat het concept met de houtpelletketel pas in het derde tijdvak zonnepanelen nodig heeft om de wettelijke norm te behalen; het concept met de individuele warmtepompen en WKO heeft in het tweede tijdvak al zonnepanelen nodig om hieraan te voldoen.



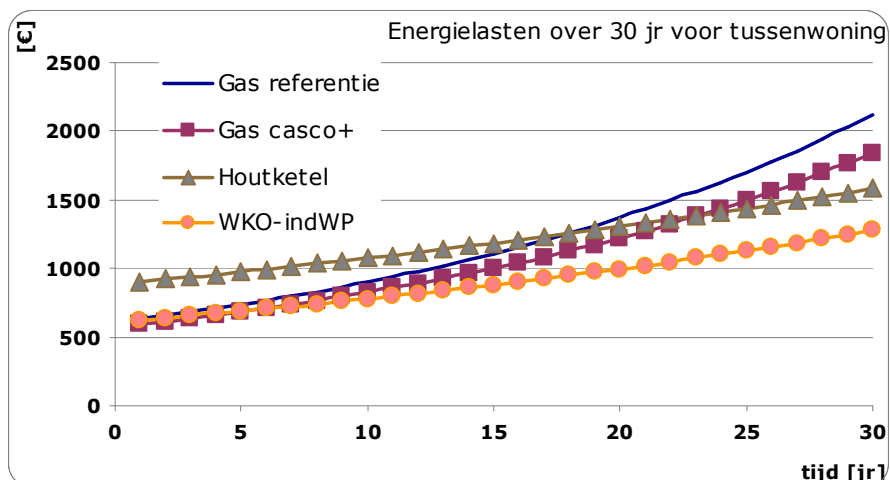
Voor klimaatneutrale woningen gebouwd in het derde tijdvak geldt een negatieve CO₂ uitstoot; deze kan bijvoorbeeld worden gebruikt om consumptief energieverbruik van bewoners te compenseren. Verder geldt in dit derde tijdvak dat het benodigd oppervlak voor zonnepanelen van de concepten met gasketel groter is dan wat er beschikbaar is op de woningen; klimaatneutrale bouw met gasketels is dus niet mogelijk.



De investeringskosten voor een klimaatneutrale tussenwoning (tijdvak III) zijn het laagst voor het concept met houtpelletketel, wat vooral wordt bepaald door het relatief kleine oppervlak van zonnepanelen. De investeringen voor het concept met individuele warmtepompen in combinatie met WKO zijn vergelijkbaar met die van het referentieconcept. Als de woonlasten voor de bewoners in het eerste jaar worden beschouwd, scoren alle concepten, behalve het concept met gasketels en verbeterde isolatie, nagenoeg gelijk.



Ten aanzien van de ontwikkeling van de energielasten voor klimaatneutrale woningen in het derde tijdvak, geldt dat het concept met individuele warmtepompen i.c.m. WKO het meest stabiel is en de laagste energielasten na 30 jaar heeft. Voor de eerste twee tijdvakken zijn de concepten met houtpelletketel en individuele warmtepomp hierin vergelijkbaar.



Conclusies

Als de gemeente haar energieambitie wil behalen, is de eerste keuze het WKO concept met individuele warmtepompen. Hiervoor dient wel een haalbaarheidsstudie gedaan te worden. Het houtpelletketel concept heeft naast praktische bezwaren ook het bezwaar dat het onderhoud relatief duur is, waardoor deze financieel niet de voorkeur heeft.

Het concept met warmtepomp en collectieve WKO (eventueel in dun bebouwde gebieden met individuele bodemwarmtewisselaars) biedt ook extra comfort in de zomer met behaaglijke koeling. Aangeraden wordt het concept volledig uit te besteden en een aanbestedingsprocedure in werking te zetten, waarbij de markt de keuze maakt voor de ene of de andere vorm. Hierbij is het belangrijk om een prestatie-eis op bijvoorbeeld CO₂ vast te stellen als uitgangspunt.

- De keuze valt op collectieve WKO met individuele warmtepompen
 - In tijdvakken II en III geldt nagenoeg geen meerinvestering;
 - Het is een bewezen techniek;
 - Woonlasten zijn gelijk aan de referentie;
 - Extra comfort door koeling;
- Organisatorisch wordt volledige uitbesteding aanbevolen;
- Het vervolgtraject ziet er als volgt uit:
 - Proefboring grond;
 - Collectief bronnensysteem (eventueel met warmtepompen) in concurrentie aanbieden;
 - Voorbereiden tenderprocedure;
 - Go / No Go;
 - Realisatie.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Achtergrond	1
1.2	Ambities op energiegebied	2
1.3	Locatie en bouwplanning	2
2	Doel en resultaat	5
2.1	Doel	5
2.2	Resultaat	5
3	Energiereductie en duurzame energieopwekking	7
3.1	Inleiding	7
3.2	Een energiezuinig gebouw	7
3.3	Energiezuinig ontwerpen op stedenbouwkundig niveau	10
3.3.1	Oriëntatie	10
3.3.2	Woningdichtheid	11
3.4	Infrastructuur voor energiebesparing	11
3.4.1	Stadsverwarming; Warmte op hoge temperatuur	11
3.4.2	Omgevingswarmte; Warmte op een lage temperatuur	12
3.5	Duurzame energieopwekking	16
3.5.1	Windenergie	16
3.5.2	Actieve zonne-energie	17
3.5.3	Energie uit biomassa	18
3.5.4	Blauwe energie - energie uit water	19
3.6	Samengevat	19
4	Energieconcepten	21
4.1	Inleiding	21
4.2	Gas referentie	22
4.3	Gas met verzwaard casco	22
4.4	Houtpelletketel	22
4.5	Individuele warmtepomp met collectieve bron	23

4.6	Duurzaam opgewekte elektriciteit	24
4.7	Consequenties van diverse aspecten voor bewoners.....	24
4.7.1	Gebalanceerde ventilatie	24
4.7.2	Lage temperatuur (vloer)verwarming (LTV)	25
4.7.3	Koken, maar dan zonder gas.....	25
4.7.4	Koeling aanwezig bij warmtepompconcept	26
4.7.5	Ruimtebeslag energievoorziening.....	26
4.8	Stedenbouwkundige consequenties.....	27
4.8.1	Individuele warmtepomp met collectieve bron.....	27
5	Resultaten	29
5.1	Energetische analyse	29
5.1.1	EPC.....	29
5.1.2	CO ₂	31
5.2	Financiële analyse.....	34
5.2.1	Investeringen.....	34
5.2.2	Woonlasten.....	37
5.2.3	Ontwikkeling energielasten	39
6	Organisatievormen	41
6.1	Eigen beheer - individuele concepten	41
6.2	Outsourcing	41
6.2.1	Keuze voor een partij	43
6.3	Risico's bij alternatieve energielevering	43
7	Vervolgstappen	47
7.1	Aanbestedingsprocedure.....	48
8	Conclusies en aanbevelingen.....	51
Bijlage A	Afkortingen.....	53
Bijlage B	Vloerbedekking bij vloerverwarming	54
Bijlage C	Warmtepompen	55
Bijlage D	Bodemgeschiktheid Duurzaam Hooghkamer.....	56

Bijlage E	Zonnepanelen	58
Bijlage F	Figuren en tabellen overige woningtypen	61

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

De gemeente Teylingen gaat in het noordwesten van Voorhout, in het gebied Hooghkamer, woningen realiseren. Op dit moment werkt het college aan een bestemmingsplan. Het gebied ligt globaal tussen de spoorlijn Haarlem-Leiden en de Jacoba van Beierenweg. Figuur 1 -1 geeft een impressie voor de locatie Hooghkamer.



Figuur 1 - 1 3D impressie van gebied Hooghkamer te Voorhout (rood omlijnd)
(bron: Stedenbouwkundig plan en beeldkwaliteitplan Voorhout Hooghkamer)

In de komende jaren worden circa 850 woningen gebouwd en een wijkontsluitingsweg aangelegd. Van de woningen zal 31% in de sociale sector vallen. Verder wordt bijna de helft rijwoningen (47%), een kwart appartementen (26%) en een kwart overig (14% appartement, 8% vrijstaande woningen en 5% vrije kavels).

In 2004 heeft de toenmalige gemeente Voorhout aan SVP Architectuur en Stedenbouw opdracht gegeven om een *Ontwikkelingsplan* te maken voor de gebieden Hooghkamer en Voorhout-Noord, waarin de Structuurvisie 1996 uitgewerkt is en de hoofdstructuur met betrekking tot infrastructuur, water en groen en de relatie tussen bestaande en nieuwe bebouwing vastgelegd is. Zo is er een ruimtelijk kader vastgelegd waarbinnen de planvorming van Hooghkamer is gestart. Een mooi vormgegeven en gevarieerde openbare ruimte is belangrijk voor de nieuwe woonwijk. Naast het aantrekkelijk maken van het woon- en leefmilieu, neemt het ontwerpen van een structuur die er over honderd jaar nog steeds is, ook een belangrijke plaats in.

Naast het hierboven bedoelde concept van duurzaamheid, is een ander onderdeel de energievoorziening van de wijk. De energie-infrastructuur kan niet los worden gezien van de gebouwen. Zowel de bouwsoort (gestapeld of vrijstaand), als bijvoorbeeld de bouwfasering beïnvloedt de keuze van een energie-infrastructuur. Maar ook de energievraag van een woning en hoe haar bewoners daarmee omgaan, speelt een belangrijke rol in de uiteindelijke keuze.

Een integrale benadering van deze aspecten is cruciaal om tot een goede keuze voor de energie-infrastructuur te komen. Het plan valt binnen de reikwijdte van het Beleidskader Duurzame Stedenbouw van de gemeente Teylingen en rechtvaardigt om die reden het opstellen van een energievisie, waarin bovenstaande integrale benadering wordt gevolgd.

1.2 Ambities op energiegebied

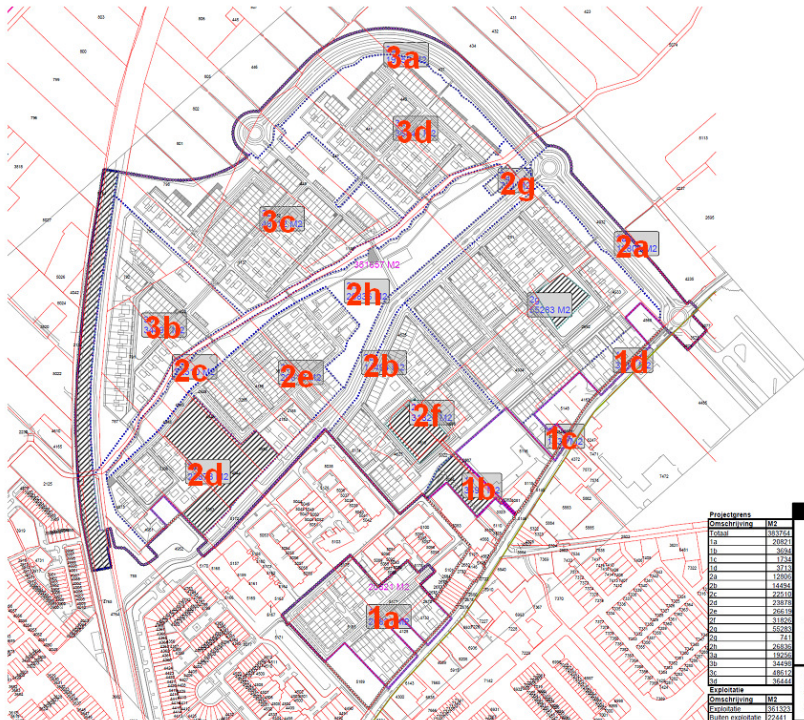
De ambities voor het nieuwbouwproject volgen de ambities van het regionaal klimaatbeleid en zijn als volgt:

- Vanaf 2021 moet energieneutraal gebouwd worden (Europese Unie);
- In 2020 is nieuwbouw energieneutraal en is het energiegebruik minstens 50% lager dan in 2008. Verder geldt dat minimaal 20% van het energiegebruik binnen de locatie duurzaam is opgewekt (regionaal Klimaatprogramma 2008-2012¹);
- In 2012 wordt 100% t.o.v. bouwen volgens het vigerende bouwbesluit tot 18% CO₂-reductie gerealiseerd, afhankelijk van de grootte van de locatie en de aanwezige kansen.

1.3 Locatie en bouwplanning

De bouw kan worden onderverdeeld in drie fases. Elke fase kent eigen deelgebieden (zie figuur 1 – 2). Elk van deze deelgebieden kent een voorlopige indeling van woningcategorieën. Het type woning bepaalt de geschiktheid en toepasbaarheid van een energievariant. Tabel 1 – 1 geeft een overzicht van woningcategorieën en oppervlakten per deelgebied. Duidelijk zichtbaar is het dichtheidsverloop van circa 25 tot 50 woningen per hectare. De fasering is gebaseerd op het exploitatieplan en wordt weergegeven in tabel 1 – 2 en figuur 1 – 3.

¹ Plan van aanpak regionaal Klimaatprogramma 2008-2012, Holland Rijnland en Rijnstreek, Milieudienst West-Holland, November 2008



Figuur 1 - 2 Bouwprogramma met fasen en deelgebieden (bron: Voorontwerp Exploitatieplan Hooghkamer Teylingen, NEXT Vastgoed Consultancy BV, Rotterdam, november 2009)

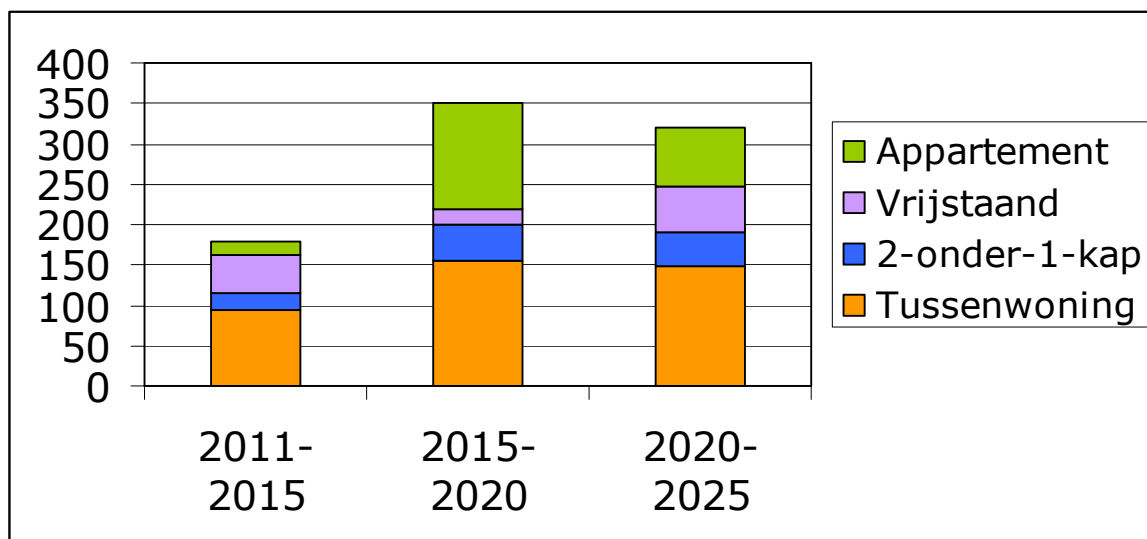
Tabel 1 - 1 Woningcategorieën en oppervlaktes per deelgebied

Deelgebied	Oppervlakte [m ²]	Woningcategorie									Totaal	Dichtheid [won/ha]	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1a	20.821			29	16	9		16				70	33.6
1b	3.694											0	0
1c	1.734							3				3	17.3
1d	3.713							8				8	21.5
2a	12.806											0	0
2b	14.494											0	0
2c	22.510											0	0
2d	23.878							26				26	10.9
2e	26.619	30	28	6	6	2	5	13	15	28	133	50.0	
2f	31.826	20		31	16	6		29			102	32.0	
2g	56.024	17	21	67	28	7				48	188	33.6	
2h	26.836										0	0	
3a	19.256										0	0	
3b	34.498			20	14	12		41			87	25.2	
3c	48.612	14		56	24	19		18	12		143	29.4	
3d	36.444	13		45	16	15					89	24.4	
totaal	383.765	94	49	254	120	70	42	117	27	76	849	22.1	

Categorie	Type woning
1	Rijwoning sociale huur
2	Rijwoning sociale koop
3	Rijwoning vrije sector
4	2-onder-1-kap woning vrije sector
5	Vrijstaande woning vrije sector
6	Vrije kavel
7	Appartement sociale huur
8	Appartement vrije sector huur
9	Appartement vrije sector koop

Tabel 1 - 2 Fasering o.b.v. exploitatieplan

Tijdvak	Tussenwoning	2-onder-1-kap	Vrijstaand	Appartement	Totaal
2011-2015	93	22	48	16	179
2015-2020	156	44	18	133	351
2020-2025	148	42	58	71	319
<i>totaal</i>	397	108	124	220	849



Figuur 1 - 3 Fasering per tijdvak voor woningtypes (aantallen woningen per categorie per tijdvak)

2 Doel en resultaat

2.1 Doel

De energievisie heeft als doel de gemeente te adviseren over de mogelijkheden van een duurzame energievoorziening in de locatie Hoogkamer in Voorhout, waarbij wordt geconfirmeerd aan de klimaatambities van Teylingen, zoals vastgelegd in het regionale Klimaatprogramma 2008-2012. Met behulp van beleidsvoorbereidende stukken voor het bestuur stelt dit de gemeente in staat een keuze te maken voor de energievoorziening.

2.2 Resultaat

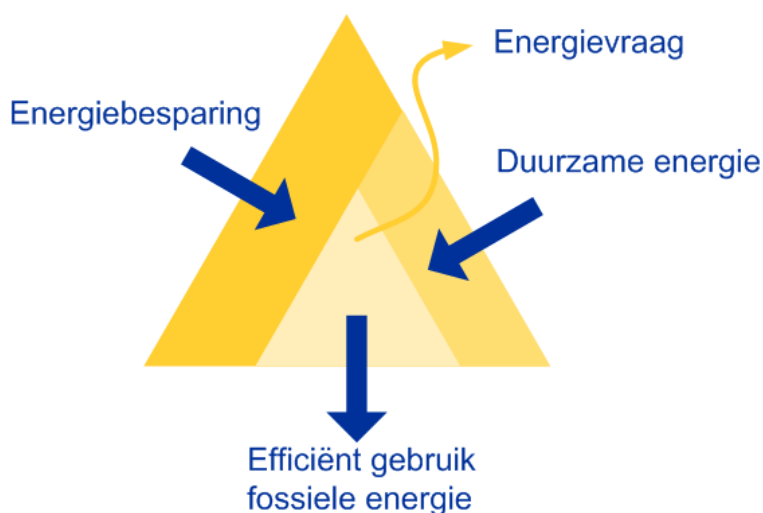
In deze visie zijn (milieu-)technische, financiële en organisatorische randvoorwaarden voor de meest kansrijke energieoplossingen inzichtelijk gemaakt. Hierbij is rekening gehouden met de specifieke lokale omstandigheden en met het bouwtempo, evenals de gestelde eisen op gebied van comfort en betaalbaarheid voor de gebruikers. Daarnaast zijn de kenmerken van deze oplossingen/maatregelen en de gevolgen voor de ontwikkelaars, gemeente en bewoners - zoals het wooncomfort, betrouwbaarheid en ruimtebeslag - inzichtelijk gemaakt. Mogelijke organisatievormen zijn beschreven en een plan van aanpak is opgesteld om tot realisatie te komen.

Uiteindelijk bestaat de energievisie uit deze eindrapportage waarin de meest kansrijke concepten zijn geanalyseerd. Een concept bestaat uit een bouwkundig pakket in combinatie met een energievoorzieningsoptie.

3 Energiereductie en duurzame energieopwekking

3.1 Inleiding

Om te komen tot een substantiële reductie van CO₂, nu en in de toekomst, zal een integrale benadering nodig zijn. Belangrijk is om allereerst de vraag naar energie te beperken. Dit kan door maatregelen te nemen op gebouwniveau zoals verhogen van isolatie en het terugwinnen van energie uit ventilatielucht, maar ook door op stedenbouwkundig niveau rekening te houden met de plaatsing van de woning. Daarna is het belangrijk om duurzame energiebronnen te gebruiken die minder CO₂ uitstoot hebben dan de traditionele energiebronnen. Deze laatste zullen dan ook, indien nodig, zo efficiënt mogelijk ingezet moeten worden. Deze benadering wordt de Trias Energetica genoemd. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de mogelijkheden per ontwerpniveau; bouwkundig, stedenbouwkundig en infrastructureel om energiezuinig te ontwerpen. Daarnaast wordt er ingegaan op de tweede stap uit de Trias; duurzame energie.



Figuur 3 - 1 Trias Energetica

3.2 Een energiezuinig gebouw

Bij het ontwerpen van een woning kan vanzelfsprekend veel gedaan worden aan het energiezuinig maken van de woning. Door energieverlies zoveel mogelijk te beperken wordt de energievraag verkleind en hoeft er minder energie opgewekt te worden. Dat levert minder milieubelasting op en is bovendien goed voor de energierekening. Er vallen besparingen te halen door het beperken van de energievraag door een compacte woning te bouwen, door te isoleren en door afvalwarmte uit de woning nuttig aan te wenden. Ook het afgiftesysteem van warmte voor ruimteverwarming heeft invloed op het energieverbruik.

Compactheid van de woning

Een woning met een groot verliesoppervlakte zal meer verwarming (en op warme dagen koeling) nodig hebben ter compensatie van de verliezen door de schil. Het ontwerpen van een compacte woning, waarbij er zo weinig mogelijk sprongen in gevels en daken voorkomen heeft vanuit energetisch oogpunt dan ook de voorkeur.

Compactheid in de woningen, als het gaat om leidinglengtes voor warm tapwater, speelt ook een rol. Het verkorten van de leidinglengtes door badkamer en keuken dicht bij elkaar en bij het opwekpunt te plaatsen levert, naast winst op energiegebied, tevens winst op het gebied van watergebruik en comfort. De wachttijd op warm water kan namelijk verkort worden.

Gebouwschil

De energievraag voor ruimteverwarming kan beperkt worden door goede isolatie van dak, gevels en vloer. Om de transmissieverliezen (via kieren en naden) te beperken zal voldoende luchtdicht gebouwd moeten worden, tevens dienen koudebruggen voorkomen te worden. Toepassing van SBR referentiedetails zorgen voor een nette afwerking tijdens de bouw en beperken de warmteverliezen. Ook in de isolatiewaarde van kozijnen, glas en deuren kan winst behaald worden. Op dit moment heeft het glas (HR++) vaak een betere isolatiewaarde dan de kozijnen. Thermisch onderbroken kozijnen, ofwel kozijnen met een (extra) isolatielaag, of driedubbel glas, leiden tot minder warmteverlies.

Ventilatie

Een hogere mate van isolatie zal leiden tot een lagere energievraag. Met het beter isoleren van woningen verandert echter ook de luchtdichtheid van de woning. Waar er bij een slecht tot niet geïsoleerde verse lucht via kieren naar binnen kwam zal dit niet meer gebeuren in een beter geïsoleerde woning. Er moet daarom aandacht geschonken worden aan ventilatiemogelijkheden. Ventileren kan op geheel natuurlijke wijze, maar om zeker te zijn van voldoende ventilatie wordt in goed geïsoleerde woningen steeds meer gebruik gemaakt van mechanische afzuiging van de ventilatielucht. De aanvoer van de ventilatielucht kan op natuurlijke of op mechanische wijze plaats vinden.

In het geval van natuurlijke aanvoer zijn er roosters in de gevel geplaatst die zorgen voor de aanvoer van de ventilatielucht. Door het toepassen van vraaggestuurde ventilatie op basis van aanwezigheid of op basis van CO₂ metingen in een ruimte kan ervoor gezorgd worden dat alleen geventileerd wordt op de momenten dat schone lucht nodig is en wordt voorkomen dat er teveel wordt geventileerd. Met de afgevoerde ventilatielucht gaat echter warmte verloren. Door zowel mechanisch aan te voeren als af te voeren en de warmte van de uitgaande lucht over te dragen aan frisse ingaande lucht kan energie bespaard worden. We spreken dan over gebalanceerde ventilatie met warmte terugwinning.

Beide wijzen van ventilatie vereisen een hogere mate van kierdichtheid, om de toegevoerde ventilatielucht naar behoefte te reguleren. Het rendement van gebalanceerde ventilatie is bovendien het hoogst als *alle* inkomende frisse lucht warmte op kan nemen van de afgezogen ventilatielucht.

Warmte terugwinnen uit afvalwater

Bij een douchewarmtewisselaar (DWTW) wordt de warmte uit het afvalwater van de douche teruggewonnen. Het nog warme douchewater kan gebruikt worden om, in een warmtewisselaar (DWTW), het schone maar koude water voor te verwarmen. De twee waterstromen blijven net als bij de gebalanceerde ventilatie gescheiden van elkaar en wisselen alleen warmte uit. Het koude water hoeft daardoor minder opgewarmd te worden met behulp van andere energiebronnen. Bij toepassing van een DWTW wordt circa 40% van de warmte bij douchen teruggewonnen.

De DWTW kan zowel vertikaal als horizontaal uitgevoerd worden, waarbij de horizontale DWTW een lager rendement heeft dan de verticale DWTW. Deze laatste is daarentegen lastiger toe te passen in een appartementencomplex.

Laag temperatuur verwarmen

Woningen worden vaak verwarmd door radiatoren waardoor water stroomt met een hoge temperatuur. Door gebruik te maken van lage temperatuur verwarming kan op energetisch gebied winst behaald worden. Lage temperatuur verwarming wordt voornamelijk uitgevoerd als vloerverwarming, maar ook wandverwarming en convectoren kunnen gebruikt worden. De voor- en nadelen van vloerverwarming voor de bewoner staan hieronder:

Voordelen

- Zeer hoog comfort; gelijkmatige en aangename stralingswarmte in de ruimte, weinig luchtcirculatie en daardoor minder last van zwevend stof, huismijt krijgt geen kans op de drooggestookte vloer.
- Grote mate van flexibiliteit voor inrichting doordat er geen radiatoren zijn.
- Geen blikvangende radiatoren, daardoor esthetisch voordeel.
- Makkelijker schoonmaken t.o.v. radiatoren.

Nadelen

- Beperktere keuze in vloerbedekking (zie Bijlage B voor mogelijkheden vloerbedekking).
- Traag systeem ten opzichte van radiatoren, voorlichting nodig om bewoner hiermee om te laten gaan.

Verder is het niet kunnen toepassen van nachtverlaging een aandachtspunt.

Passiefhuis

In een passiefhuis is het energiezuinig ontwerpen zeer ver doorgevoerd en is de installatie geheel afgestemd op dit energiezuinige ontwerp. Het verbruik is minder dan 15 kWh/m² aan vraag voor ruimteverwarming. Daarnaast mag het totale primaire energieverbruik van de gehele woning, inclusief de huishoudelijke apparatuur, niet groter zijn 120 kWh/m².

Het zeer energiezuinige ontwerp wordt bereikt door een hoge isolatiewaarde en een zeer luchtdicht gebouw (zeer goede kierdichting met een maximale qv10 waarde van 0,15 dm³/s.m²). Ramen en deuren dragen hier aan bij door gebruik te maken van drievoudig glas en een zeer goede thermische onderbreking zodat koudebruggen voorkomen worden. Ook voor ramen en deuren geldt een goede kierdichting zodat de luchtdichtheid gewaarborgd is.

Het energiezuinige ontwerp maakt dat een traditionele manier van verwarmen via radiatoren of via vloer en/of wandverwarming niet nodig is. Het verwarmen zal gaan via ventilatielucht waardoor de investeringskosten in de radiatoren of het vloerverwarmingssysteem komen te vervallen. Wel zijn grotere kanalen nodig voor de verwarming. De energiehuishouding in de woning komt voor rekening van een Kompaktgerät. De warme lucht uit de woning wordt gebruikt als bron voor een kleine warmtepomp om warmte mee te maken voor zowel tapwater als ruimteverwarming. Indien nodig wordt elektriciteit gebruikt om na te verwarmen. De warmtepomp kan ook vervangen worden door een kleine hout- of gasketel die dan tevens voor de naverwarming kunnen zorgen. In alle gevallen zit het gebalanceerde ventilatiesysteem versmolten in het Kompaktgerät.

Door de hoge mate van isolatie is het bij een passiefhuis zeer belangrijk om de warmte van de zon in de zomer buiten te houden om te voorkomen dat er gekoeld moet gaan worden. Dit kan door gebruik te maken van overstekken en van screens op de zuid-, oost- en westgevel. In de winter draagt de zon juist bij aan het verminderen van de warmtevraag. In Nederland is (nog) relatief weinig ervaring met het bouwen van passieve huizen ten opzichte van bijvoorbeeld Duitsland, maar het is in opkomst.

3.3 Energiezuinig ontwerpen op stedenbouwkundig niveau

Bij het maken van een stedenbouwkundig plan kan al een eerste aanzet gedaan worden voor het ontwerpen van een energiezuinige wijk. Door rekening te houden met de oriëntatie van woningen kan er gebruik gemaakt worden van zowel passieve als actieve zonne-energie. Ook de dichtheid van de wijk heeft zijn invloed op het energieverbruik van de wijk.

Voor Duurzaam Hooghkamer is al een concept Stedenbouwkundig plan en beeldkwaliteitplan gemaakt. Aanbevelingen en aandachtspunten met betrekking tot onderstaande punten volgen later.

3.3.1 Oriëntatie

Oriëntatie is van belang als het gaat om het gebruik maken van passieve en actieve zonne-energie. De optimale oriëntatie van een woning is naar het zuiden of in ieder geval een dak op het zuiden. Voor Duurzaam Hooghkamer geldt dat gemiddeld 64% van de tussenwoningen, 2-onder-1-kap woningen en vrijstaande woningen de juiste oriëntatie op het zuiden heeft; voor de overige 36% geldt een minderopbrengst van circa 30% en de oriëntatie van deze woningen kan dus verbeterd worden. Aan het einde van dit rapport zal hierover meer volgen.

Passieve zonne-energie

Passieve zonne-energie heeft betrekking op de benutting van zonnewarmte direct in de woning doordat de zonne-energie via de glasvlakken in de woning valt. Een op het zuiden georiënteerd glasvlak levert per jaar meer warmtewinst door zoninstraling op dan dat er warmteverliezen optreden. Vertaald in EPC winst bedraagt het verschil tussen een optimaal op het zuiden georiënteerde woning en dezelfde woning 180° gedraaid ongeveer 0,03-0,04 EPC punt. Bij het toepassen van optimaal gebruik van passieve zonne-energie zal gelijktijdig aandacht geschonken moeten worden aan het

voorkomen van oververhitting. In de zomerperiode zal zoninstraling de woning te zeer opwarmen. Toepassen van dakoverstekken, zonwering, een verhoogde nachtventilatievoud² of actieve koeling zijn maatregelen die oververhitting beperken. Installatiearme maatregelen zoals een overstek zijn te prefereren. Overstekken functioneren het beste op het zuiden, waar de zon het hoogst staat. In de zomer wordt zoninstraling op het heetst van de dag voorkomen door de hoge zonnestand, in de winter wordt de warmte van de zon wel benut. Aan de oost- en westgevel zijn screens effectiever omdat de zon daar lager staat en een overstek dan minder inval wegneemt. Begroeiing kan ook hier een bijdrage leveren; te denken valt aan toepassing van leilindes of gevelbegroeiing als druivenranken en dergelijke. In de zomer vindt beschaduwing plaats door het blad, na bladval in het najaar en de winter, wanneer de bezonning wenselijk is, kan optimaal gebruik gemaakt worden van de zon,

3.3.2 Woningdichtheid

Een hoge bebouwingsdichtheid is aantrekkelijk voor collectieve verwarmingssystemen, zoals stadsverwarming die een gunstig resultaat halen als het gaat om CO₂ uitstoot. Een hoge dichtheid kan behaald worden door woningen dicht bij elkaar te plaatsen, met gestapelde bouw als meest compacte vorm. Voor Duuzaam Hoogkamer zijn zowel appartementen als vrijstaande woningen en kavels voorzien, zodat bepaalde gedeelten meer geschikt zullen zijn voor een collectieve vorm van energielevering en andere delen meer in aanmerking komen voor individuele warmtelevering (zie tabel 1-1). Over het algemeen is de warmte die gebruikt wordt voor stadsverwarmingssystemen restwarmte welke afkomstig is van industriële processen. Dit heeft daarom een duurzaam karakter. Warmtedistributie maakt gebruik van een kostbare infrastructuur, maar door de hoge dichtheid hoeft er per woning maar weinig meter distributienet aangelegd te worden.

3.4 Infrastructuur voor energiebesparing

De keuze voor een energie-infrastructuur is zeer bepalend voor een locatie. De traditionele infrastructuur in Nederland is die waarbij zowel gas als elektriciteit aangelegd wordt, maar ook warmtelevering op hoge temperatuur (stadsverwarming) wordt regelmatig toegepast. Sinds een aantal jaren worden er ook warmtenetten op lage temperatuur (bijvoorbeeld bodemwarmte) toegepast. Dit type warmtelevering gaat altijd samen met elektriciteitsinfrastructuur en wordt ook wel *all-electric* genoemd.

3.4.1 Stadsverwarming; Warmte op hoge temperatuur

Bij stadsverwarming wordt de woning aangesloten op een geïsoleerd distributienet waarbij warmte op hoge temperatuur ($\geq 70^{\circ}\text{C}$) wordt geleverd. In de woning is een afleverset aanwezig voor zowel tapwater als ruimteverwarming. De geleverde warmte is hoog genoeg om geen legionellaproblemen te veroorzaken in het tapwater. Koud water wordt bijgemengd om de juiste temperatuur te verkrijgen.

² Nachtventilatievoud houdt in dat er 's nachts extra geventileerd wordt om het gebouw goed af te koelen zodat dat overdag als een buffer kan werken.

Het stadsverwarmingnet kan gevoed worden door gebruik te maken van bijvoorbeeld:

- restwarmte van elektriciteitscentrale(s);
- restwarmte van aanwezige industrie;
- warmte van diepe geothermie;
- warmte van een WKK³ installatie op (bio)gas of biomassa;

Door restwarmte van een elektriciteitscentrale af te tappen neemt het rendement van de elektriciteitsproductie wel iets af (derving).

Bij een dergelijk net, waarbij er afhankelijkheid is van een particuliere opwekker of leverancier is het belangrijk om in kaart te brengen wat de risico's zijn op het gebied van leveringszekerheid. Om de leveringszekerheid te vergroten kan gedacht worden aan het in de toekomst realiseren van een WKK installatie op biomassa. De duurzaamheid van deze energieopwekking valt of staat met het soort biomassa en de herkomst daarvan. Biomassa wordt als duurzaam beschouwd vanwege een korte CO₂ kringloop; dit brengt met zich mee dat de biomassa lokaal dan wel regionaal geproduceerd moet worden.

Een ander aandachtspunt voor het aanleggen van stadsverwarming is de fasering van de wijk. Er zal bij aanvang al een grote investering gedaan moeten worden om de wijk aan te sluiten op het distributienet welke gewoonlijk wordt betaald uit de aansluitbijdragen. De ontwikkeltijd van Duurzaam Hoogkamer is gepland voor meer dan 10 jaar in drie tijdvakken. Grote voorinvesteringen zijn niet gewenst met een dergelijke bouwfaserings. Verder is de beschikbaarheid van warmte in deze omgeving onzeker en kent het project een relatief lage bouwdichtheid.

3.4.2 Omgevingswarmte; Warmte op een lage temperatuur

Bij levering van warmte op zeer lage temperatuur (rond de 10°C) is de warmte die geleverd wordt te laag om zonder tussenstap in de woning gebruikt te worden voor ruimteverwarming of warm tapwater. Een warmtepomp is bij uitstek geschikt om het temperatuurniveau te verhogen naar het niveau voor ruimteverwarming omdat deze een zeer goed rendement heeft bij het verhogen van de temperatuur, mits het temperatuurverschil niet te groot is. Warmtepompen kunnen zowel individueel, collectief als klein collectief uitgevoerd worden. Zie bijlage C voor extra informatie.

³ Warmte Kracht Koppeling

Voor deze lage temperatuur zijn diverse bronnen te gebruiken, te weten:

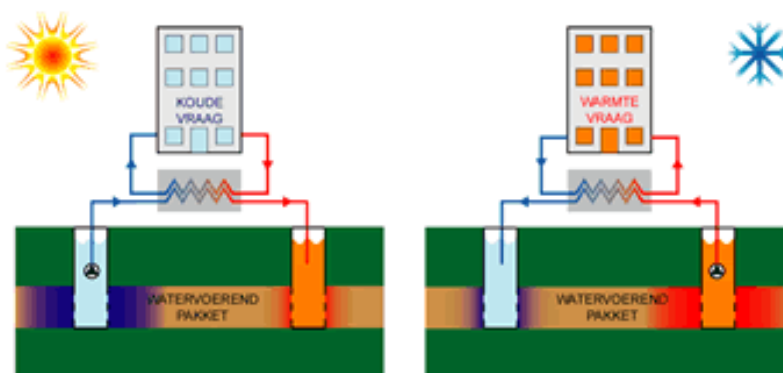
- De bodem;
- Oppervlaktewater;
- Buitenlucht.

Voor de eerste twee bronnen geldt dat deze zowel in een collectief bronnensysteem uitgevoerd kunnen worden als in een individueel bronnensysteem, in het laatste geval is altijd sprake van een individueel systeem. In het geval dat er een collectief systeem is wordt er een distributienet op lage temperatuur door de wijk heen gelegd. Dit lage temperatuur distributienet hoeft niet goed geïsoleerd te zijn zoals bij een distributienet op hoge temperatuur, waardoor de kosten lager zijn.

Het bronwater draagt de temperatuur via een warmtewisselaar over op het distributiewater dat als transportmedium dient voor de warmte en dat niet gemengd wordt met het transportmedium in de woning. Het zijn gescheiden systemen, waardoor het grondwater niet wordt blootgesteld aan externe invloeden en verontreinigingen die in de bodem voorkomen.

Bodembron - collectief WKO systeem

Een collectief WKO systeem is een systeem waarbij gebruik gemaakt wordt van waterhoudende zandlagen (aquifers) in de bodem. De bodem heeft op 50 tot 150 m diepte een constante temperatuur van circa 12°C zodat er een warme en een koude bron gecreëerd kan worden. In de zomer wordt water uit de koude bron opgepompt en gebruikt voor koeling, het opgewarmde water wordt na gebruik in de warme bron gepompt. In de winter kan de warme bron gebruikt worden voor het voeden van de warmtepomp zodat er warmte van voldoende hoge temperatuur gemaakt wordt voor ruimteverwarming. Een WKO systeem maakt dus gebruik van seizoensopslag van warmte en koude. Belangrijk is dat deze bronnen over een jaar gezien in evenwicht zijn (dit is een wettelijke eis).



Figuur 3 - 2 Collectieve WKO systeem

Voorwaarde voor een WKO systeem is voldoende schaalgrootte (> 100 woningen) en een korte fasering of een fasering waarin voldoende woningen per fase gebouwd worden, omdat het realiseren van de bronnen kostbaar is. Bij een lange fasering met weinig woningen per fase moet er door de partij die het geheel aanlegt en exploiteert

een grote voorinvestering gedaan worden terwijl de inkomsten lang op zich zullen laten wachten. Indien er voldoende afzetmogelijkheid is binnen een bepaald tijdsbestek moet onderzocht worden of de bodem geschikt is en zal een vergunning aangevraagd moeten worden voor het oppompen van het grondwater (nodig bij systemen die meer water oppompen dan 10 m³/u wat voor WKO systemen aan de orde is). In een persbericht⁴ van VROM heeft de minister aangekondigd de aanleg van aquifers te willen vereenvoudigen, waardoor voor sommige gebieden alleen een meldingsplicht zal gaan gelden waar nu nog een vergunning nodig is.

Bij woningbouw is de warmtevraag hoger dan de koudevraag. Door warmteonttrekking aan de bodem zal deze op termijn in temperatuur dalen waardoor het rendement van de warmtepomp zal afnemen. De temperatuur van het grondwater en de bodem moet daarom over het jaar gezien in balans gebracht worden. Het zal dan ook noodzakelijk zijn om naast warmteonttrekking ook weer warmte in de bodem te injecteren (bodemregeneratie). Gedeeltelijk wordt hierin voorzien door levering van koeling, maar dit kan ook door gebruik te maken van zonne-energie uit dak- of asfaltcollectoren of dry-coolers. De combinatie van woningbouw met utiliteit is voor een WKO systeem positief, omdat de utiliteit een grotere koelvraag heeft.

Het aantal woningen per fase van Duurzaam Hooghkamer is voldoende om een WKO systeem toe te passen. Duurzaam Hooghkamer in Voorhout ligt binnen een gebied waarbinnen WKO mogelijk is. Onderzoek naar eventuele aantrekking van de redoxgrens, evenals de zoet-brakgrens zullen in een later stadium onderzocht moeten worden in geval van het toepassen van WKO voor Duurzaam Hooghkamer. Zie bijlage D voor een nadere uitwerking van de ondergrond ter plaatse van Duurzaam Hooghkamer.

Bodembron - individuele bodemwarmtewisselaar

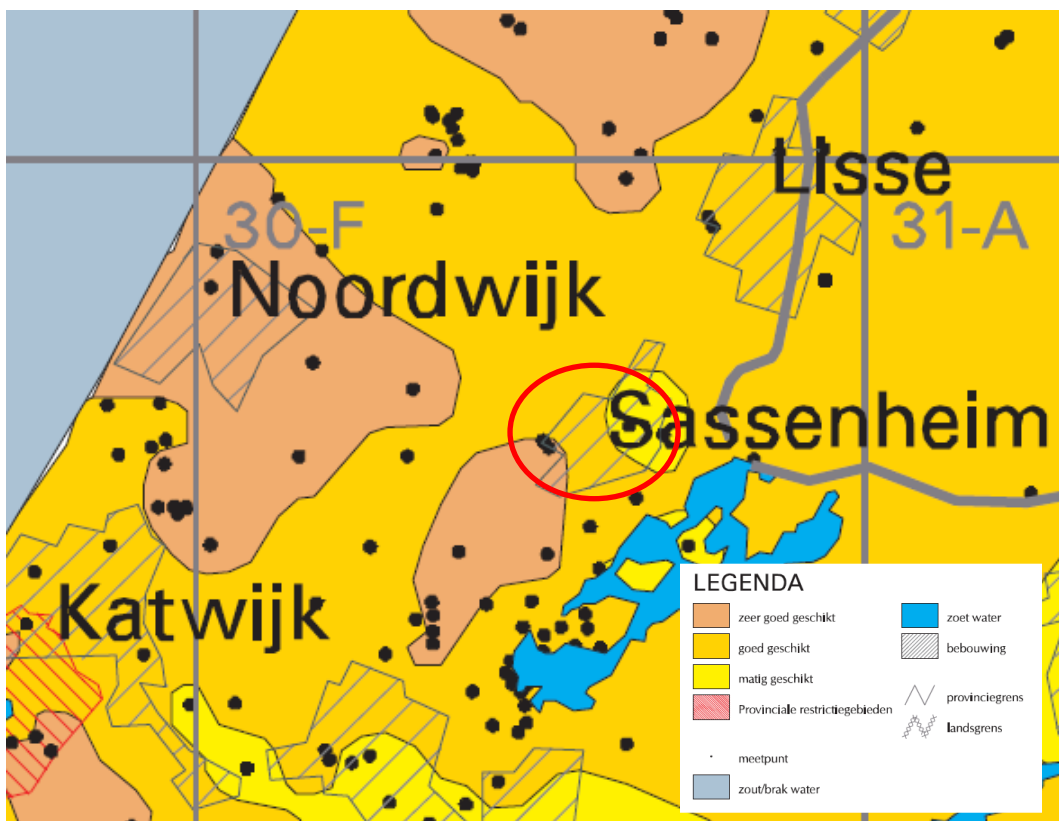
Een bodemwarmtewisselaar (BWW) is een gesloten systeem van buizen die in de grond liggen waardoor een transportmiddel (bijvoorbeeld Glycol) gepompt wordt. Het transportmiddel neemt de temperatuur van de omliggende grond aan en dient zo als bron voor de warmtepomp. Ook voor een dergelijk systeem is het aan te bevelen om de bodem te regenereren, maar dit is geen eis. Indien echter niet wordt geregenereerd kan de bodem uitkoelen met een aanzienlijk lager rendement (en hogere bewonerskosten) als gevolg. Regenereren kan bijvoorbeeld met een zonneboiler of met de buitenlucht.

⁴ bron: <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=40035>



Figuur 3 - 3 Woning met een individuele bodemwarmtewisselaar (verticaal).

Een BWW systeem wordt over het algemeen vooral toegepast voor kleinere projecten of voor locaties met een lagere bebouwingsdichtheid. Ook het bouwtempo kan een rol spelen. Individualiteit kan er ook voor zorgen dat bodemwarmtewisselaars toegepast worden. Voor Duurzaam Hooghkamer is op de bodemgeschiktheidskaart van Nederland gekeken en Duurzaam Hooghkamer lijkt goed geschikt (middelste kleur). Zie hiervoor figuur 3 - 4.



Figuur 3 - 4 Uitsnede bodemgeschiktheidskaart verticale bodemwisselaars. Voorhout binnen rode cirkel (bron: IF Technology)

Oppervlaktewater - collectief systeem

Oppervlaktewater heeft een temperatuur die - over een jaar gezien - minder constant is dan grondwater, maar wel geschikt is om te gebruiken in een warmtepompsysteem. Het rendement is iets lager dan dat van een systeem met grondwater als bron, omdat het temperatuurverschil tussen bron en gewenste afgiftetemperatuur in de winter groter is.

In Duurzaam Hooghkamer is oppervlakte water niet in de omgeving aanwezig (De Kaag = 4km).

Buitenlucht - Individueel systeem

Wat geldt voor het oppervlaktewater geldt nog sterker voor de buitenlucht als bron voor een warmtepomp. De schommelingen in luchttemperatuur hebben tot gevolg dat het verschil tussen de voor ruimteverwarming gevraagde en door de bron aangeboden temperatuur groot is. Hierdoor is vergeleken met andere bronnen, bij buitenlucht als bron het rendement van de warmtepomp het laagst; immers als de vraag naar warmte het grootst is, is de brontemperatuur het laagst. Het is mogelijk om het rendement iets te verbeteren door de lucht door een grondbuis te leiden, waar deze wordt voorverwarmd.

Het gebruik van buitenlucht als bron kan interessant zijn voor individuele systemen waarbij er een lage warmtevraag is, zoals bij zeer goed geïsoleerde woningen als passiefhuizen. Het slechtere rendement van de warmtepomp weegt dan op tegen de investering in het maken van bodembronnen. Vanwege de schaalgrote van dit project is een systeem als dit niet interessant.

3.5 Duurzame energieopwekking

De tweede stap uit de Trias Energetica is het opwekken van energie op een duurzame manier. Onder duurzame energiebronnen worden bronnen verstaan, die onuitputtelijk zijn in tegenstelling tot niet-duurzame energiebronnen zoals olie, kolen en aardgas, die dat wel zijn. Duurzame energiebronnen zijn wind- en zonne-energie, energie uit biomassa en blauwe energie, waarmee energie uit water bedoeld wordt.

3.5.1 Windenergie

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen grootschalige windturbines en kleine windturbines, ook wel urban turbines genoemd, zie figuur 3 - 5. Het toepassen van windenergie is afhankelijk van de locatie. Grootschalige windenergie kan niet toegepast worden in de buurt van voor bewoning bestemde gebouwen in verband met geluid- en visuele hinder, maar Urban Turbines kunnen dat wel. Urban Turbines hebben op dit moment echter voornamelijk een communicatieve functie aangezien de opbrengsten nog laag zijn en de investeringskosten hoog.

Voor de energievisie blijft grootschalige wind buiten beschouwing omdat dit niet direct meegenomen kan worden in de EPC berekeningen voor de woningen in de wijk.



Figuur 3 - 5 Windturbines, grootschalig land en zee en Urban Turbine (prototype in testfase)

3.5.2 Actieve zonne-energie

Dakvlakken van woningen zijn bij uitstek geschikt voor de plaatsing van actieve zonne-energiesystemen, zoals zonnecollectoren voor warm tapwater en PV panelen voor elektriciteit. Om een goede benutting van actieve zonne-energie nu of in de toekomst mogelijk te maken, moet gezorgd worden dat de dakvlakken een oriëntatie hebben tussen het zuidoosten en zuidwesten of dat platte daken worden toegepast. Het is mogelijk om de oriëntatie van de woning af te laten wijken van de oriëntatie van het dakvlak zodat er vrijheid blijft bestaan in het stedenbouwkundige plan. Zie figuur 3 - 6 voor een voorbeeld.

De oppervlakte van een zonnecollector loopt uiteen van 2,8 m² voor een tapwatersysteem, tot 6 m² voor een systeem dat naast de tapwatervraag ook bijdraagt aan de ruimteverwarmingvraag per woning. De geadviseerde dakhelling bedraagt 42° om ook in het voor- en najaar zonlicht op te kunnen vangen. Indien de zonneboiler ook voor ruimteverwarming zorgt, dan is de optimale hellingshoek 52°.

PV systemen kunnen een veel groter oppervlak beslaan dan een zonnecollector. Om uiteindelijk een woning CO₂ neutraal⁵ te maken is, afhankelijk van diverse factoren zoals energiegebruik door de bewoner en de wijze van energieopwekking een bepaalde hoeveelheid PV nodig. Om alleen het niet-gebouwgebonden energieverbruik te compenseren is bij gemiddeld elektriciteitsgebruik, ongeveer 25 m² PV paneel nodig, afhankelijk van de bewoner.

Het is belangrijk om de woning toekomstbestendig te maken zodat er, op het moment dat PV panelen goedkoper worden en de elektriciteitsprijs blijft stijgen, een geschikt dak is om de woning geheel van schone elektriciteit te voorzien. Een woning wordt immers voor vele jaren gebouwd, terwijl de installaties in of aan de woning makkelijker veranderd kunnen en moeten worden. De huidige verwachting is dat PV panelen in 5 tot 10 jaar een dusdanige prijs hebben dat het financieel aantrekkelijk is om PV panelen aan te schaffen. Voor de nieuw te bouwen woningen in Duurzaam Hoogkamer is het dus belangrijk om daar rekening mee te houden, zowel in oriëntatie als in de elektrische installatie.

⁵ Met CO₂ neutraal wordt bedoeld dat over een jaar gezien de hoeveelheid CO₂ uitgestoten door energieverbruik voor gebouwgebonden en niet-gebouwgebonden energie gecompenseerd wordt door het opwekken van duurzame energie met een hoeveelheid vermeden CO₂ uitstoot die daaraan gelijk is.



Figuur 3 - 6 PV panelen op daken en in zonwering

3.5.3 Energie uit biomassa

Onder biomassa voor energieopwekking wordt biologisch afbreekbaar afval van landbouw, bosbouw, industrie en huishoudens verstaan. Het GFT afval van huishoudens of het snoeiafval van de gemeente zijn bijvoorbeeld lokale bronnen van biomassa, maar ook zwart water (water afkomstig van toiletten) is biomassa. Ook houtverwerkende industrie of boerenbedrijven leveren biomassa.

De diverse soorten biomassa kunnen op verschillende manieren verwerkt worden om energie op te wekken. Over het algemeen wordt biomassa vergist of verbrand, waarbij vergisting een tussenstap is. Bij vergisten ontstaat biogas dat vervolgens verbrand kan worden voor de opwekking van warmte en/of elektriciteit. Het verbranden van de biomassa kan direct, maar het is ook mogelijk om van hout pellets te maken (zie figuur 3 - 7). Deze pellets zijn makkelijk aan te voeren en makkelijk op te slaan en hebben een relatief hoge energiedichtheid.



Figuur 3 - 7 Biomassa - pellets gemaakt van hout

De energie die met biomassa opgewekt wordt is duurzaam omdat de vrijkomende CO₂ tijdens het energieopwekkingsproces ook vrij gekomen zou zijn bij het natuurlijke verrottingsproces. Het is daarom belangrijk dat de biomassa een lokale oorsprong heeft zodat de CO₂ die vrijkomt anders ook op dezelfde plaats vrijgekomen zou zijn. Daarnaast is het belangrijk dat de biomassa niet ten koste gaat van de productie van voedsel.

De daadwerkelijke opwekking van energie met biomassa kan lokaal gebeuren door een collectief WKK systeem waarmee zowel warmte als elektriciteit geproduceerd wordt. De warmte kan in een stadsverwarmingssysteem gebruikt worden en de

elektriciteit kan aan het netwerk geleverd worden. Het is ook mogelijk om op gebouwniveau gebruik te maken van biomassa, bijvoorbeeld door gebruik te maken van een hout-CV ketel. Bij het gebruik van vaste biomassa moet altijd rekening gehouden worden met de opslag van de brandstof.

3.5.4 Blauwe energie - energie uit water

Energie uit water is op te wekken door gebruik te maken van verval van water of door osmose, waarbij gebruik gemaakt wordt van zout en zoet water. In Voorhout is er geen geschikte bron voor blauwe energie beschikbaar.

3.6 Samengevat

Voor Duurzaam Hooghkamer is al een voorlopig ontwerp voor het stedenbouwkundig plan. Voor dit concept kunnen nog in beperkte mate aanbevelingen komen met betrekking tot het ontwerpen voor een energiezuinige wijk. Daarnaast zal er vooral op infrastructuur- en woningniveau aan energiezuinig ontwerpen gedaan moeten worden. Met betrekking tot duurzame energie en infrastructuur staat in de tabel 3 - 1 samengevat wat mogelijke bronnen zijn voor duurzame energie in Duurzaam Hooghkamer.

Voor de ontwikkeling van een wijk over 10 jaar kunnen bepaalde opties wel weer interessant worden; bij een eventuele toekomstige aanleg van een warmtenet bijvoorbeeld, kan het zowel milieutechnisch als financieel voordelig worden om de woningen, gebouwd in het laatste tijdvak hierop aan te sluiten. Een andere ontwikkeling bedoeld in deze optiek is het kleiner worden van bio-wkk installaties, waardoor dit veel beter in de wijk in te passen is. In dit onderzoek wordt gewerkt met de best practice nu (technieken die werken met eventuele subsidiebijdrage).

Tabel 3 - 1 Kansen duurzame energie voor Duurzaam Hooghkamer

Bron	Toepassing	Geschikt?	Toelichting
Wind	Grootschalig	Nee	Geluidshinder / visuele hinder / bijdrage niet te koppelen aan DH bij realisatie A44 Sassenheim
	Kleinschalig	Nee	Opbrengst te laag en onzeker: risicovolle investering
Actieve zon	Zonnecollector	Ja	Oriëntatie woningen is goed / relatief veel dakoppervlak door weinig bouwlagen
	PV voor elektra	Ja	Idem
Restwarmte	e-centrale	Nee	Niet aanwezig in omgeving
	Industrie	Nee	Idem
	Geothermie	Nee	Schaalgrootte te klein (min. 2.500)
	<i>Algemeen</i>	Nee	Beschikbaarheid onzeker / afstand project en eventuele bron is relatief

Bron	Toepassing	Geschikt?	Toelichting
			groot / voorinvesteringen niet gewenst in verband met bouwfaserings / relatief lage bouwdichtheid
Biomassa	Bio-WKK	Nee	Heeft zwaar ruimtebeslag / lage bouwdichtheid compliceert rentabiliteit
	Hout CV ketel	Ja	contracten GFT; weg vrij v. houtafval / compatibele met fasering bouw
	Bio-olie ketel	Nee	Ruimtebeslag groter / collectieve uitvoering niet compatibel met bouwfaserings / individuele uitvoering hoofdzakelijk bij tuinders / sterkere afhankelijkheid prijs van herkomst en kwaliteit
Waterkracht		Nee	Water met verval niet aanwezig
WKO	Grondwater collectieve bron	Ja	Aquifer geschikt / comfort van koeling
	Oppervlakte water collectieve bron	Nee	Niet omgeving aanwezig (dicht bijzijnst: De Kaag op 4 km)
	Bodem individuele bron	Nee	Bouwdichtheid te groot voor individueel concept (schaalgrootte >> 50 woningen)
	Buitenlucht individuele bron	Nee	Prestatie te slecht in combinatie met beoogd casco van woningen

4 Energieconcepten

4.1 Inleiding

In het voorgaande hoofdstuk is beschreven welke infrastructuren er voor Duurzaam Hoogkamer van belang zijn. In de volgende hoofdstukken wordt een aantal concepten vergeleken met een referentieconcept, want de gestelde doelstellingen kunnen met diverse maatregelen op zowel gebouw- als infrastructureel niveau behaald worden. Om diverse mogelijkheden met elkaar te vergelijken worden energieconcepten samengesteld. Een energieconcept is een combinatie van een bouwkundig pakket met een energie-infrastructuur. Er wordt een referentieconcept gekozen waartegen alle uitkomsten afgezet worden die gelijk staat aan dat wat in Nederland de gebruikelijke praktijk is.

In Duurzaam Hoogkamer zijn de volgende concepten beschouwd:

- Gas referentie (EPC volgens bouwbesluit)
- Gas met verzaamd casco
- Houtpelletketel
- Individuele warmtepomp op collectieve bron (WKO)

Variant	jaar	# woningen	EPC	(extra) ambitie	Casco	Opwek
Referentie	2011-2015	180	0.6	-	1	Gasketel, CKM (compressie koelmachine), elektra uit net Eventueel PV (zonnecellen) om EPC (EnergiePrestatieCoefficiënt) te halen
	2015-2020	369	0.4	-	2	
	2020-2025	300	0	-	3	
Variant 1	2011-2015	180	<0.6	50% CO2 besparing 5% duurzame opwek	1	WKO (WarmteKoudeOpslag), elektra uit net (ook hier eventueel PV)
	2015-2020	369	0.4	20% duurzame opwek >50% verlaging energiegebruik tov 2008	2	
	2020-2025	300	0	-	3	
Variant 2	2011-2015	180	<0.6	50% CO2 besparing 5% duurzame opwek	1	Hout CV, CKM, elektra uit net (ook hier eventueel PV)
	2015-2020	369	0.4	20% duurzame opwek >50% verlaging energiegebruik tov 2008	2	
	2020-2025	300	0	-	3	
Variant 3	2011-2015	180	<0.6	50% CO2 besparing 5% duurzame opwek	4	Gasketel, CKM, elektra uit net (hier zeker PV voor behalen ambitie duurzame opwek)
	2015-2020	369	0.4	20% duurzame opwek >50% verlaging energiegebruik tov 2008	5	
	2020-2025	300	0	-	6	

Figuur 4 - 1 Plan van aanpak met energieconcepten

De conceptenstructuur in figuur 4 – 1 geeft invulling aan de behoefte om ook de referentiesituatie te beoordelen op geschiktheid (voor zowel vigerend bouwbesluit als extra ambities). De lange termijn ambitie van 50% minder energiegebruik in 2020 t.o.v. 2008 (EPC=0.8) impliceert een EPC van 0.4 in de bouwperiode 2015-2020, echter is op dat moment vigerend bouwbesluit en vormt dus geen extra ambitie bovenop deze wettelijke eis.

In de volgende paragrafen worden de concepten verder beschreven, beginnende met de referentie die voor beide onderdelen van de wijk gelijk is, gevolgd door de andere concepten. Daarna volgt een paragraaf met consequenties van verschillende aspecten voor de bewoners, weer gevolgd door een paragraaf, waarbij consequenties op (steden)bouwkundig niveau worden besproken.

4.2 Gas referentie

In de referentie wordt uitgegaan van een gas en elektra infrastructuur. In de woning zal een extra zuinige HR 107 ketel zijn voor de opwekking van warmte voor ruimteverwarming en warm tapwater (berekend met kwaliteitsverklaring voor rendement warm tapwater). Verder zijn de volgende maatregelen genomen:

- Isolatie niveau: $R_c = 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ voor de gevel en vloer, $R_c = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ voor dak;
- HR++ glas, $U_{\text{raam}} = 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$;
- U-waarden: $U_{\text{deur}} \leq 2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$;
- Goede kierdichting ($Q_{v10} = 0,625$);
- Gebruik van passieve zonne-energie en voorkomen van oververhitting door overstekken;
- Gebalanceerde ventilatie door mechanische aan- en afvoer met warmteterugwinning (95% rendement);
- Hoog temperatuur systeem voor ruimteverwarming.

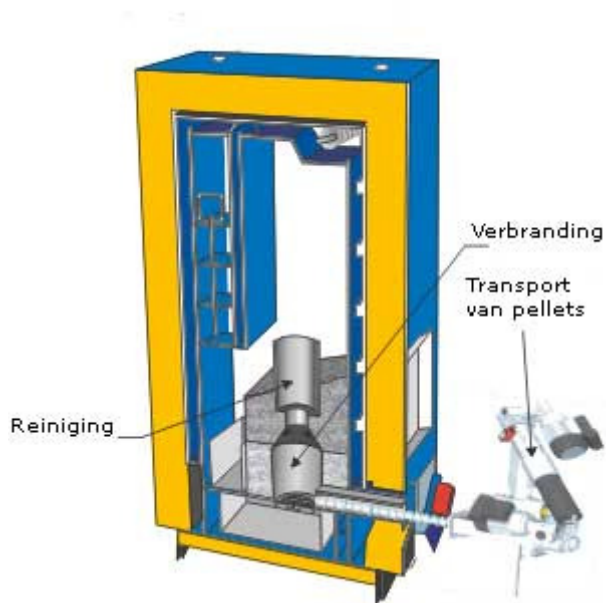
4.3 Gas referentie met verzwaard casco

Dit concept heeft een dikkere gebouwschil dan de gas referentie. Verder is deze identiek aan de gas referentie. Het isolatieniveau is als volgt:

- Isolatie niveau: $R_c = 5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ voor de gevel, $R_c = 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ voor dak en $R_c = 8 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ voor vloer.

4.4 Houtpelletketel

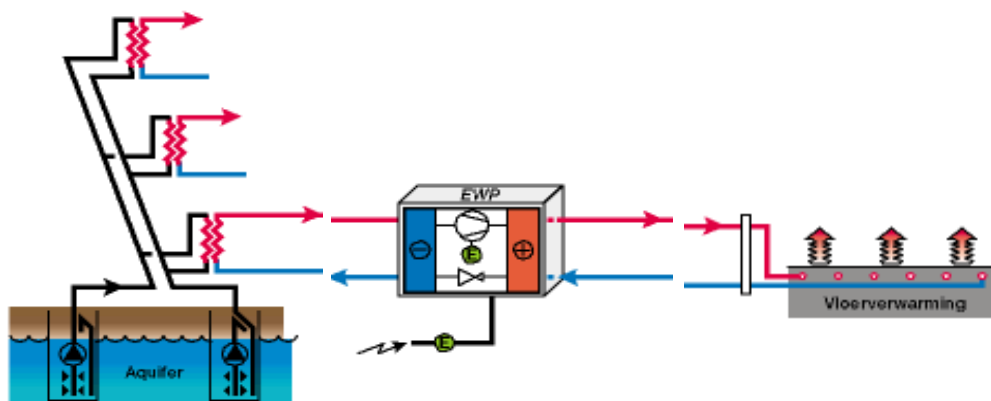
In dit concept is de HR107 ketel vervangen door een houtpelletketel. De rest van de maatregelen is identiek aan de referentiesituatie.



Figuur 4 - 2 Houtpelletketel schematisch

4.5 Individuele warmtepomp met collectieve bron

In dit concept wordt WKO gecombineerd met een individuele warmtepomp⁶. Op gebouwniveau betekent dit dat de HR107 ketel vervangen wordt door een warmtepomp. Op wijkniveau betekent dit dat er geen gasleiding aangelegd hoeft te worden, echter wel een koudwaterdistributienet van de WKO naar alle woningen. Het warme tapwater wordt eveneens door de warmtepomp op de juiste temperatuur gebracht met een hogere efficiëntie dan een gasketel dit doet. Alleen in gevallen waar de warmtepomp niet toereikend is, wordt gebruik gemaakt van een elektrisch element.



Figuur 4 - 3 Concept individuele warmtepomp met collectieve bron

⁶ COP is 5 voor ruimteverwarming en 2,2 voor tapwater.

De overige maatregelen in dit energieconcept zijn als volgt:

- Isolatieniveau: $R_c = 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ voor de gevel en vloer, $R_c = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ voor dak;
- HR++ glas, $U_{\text{raam}} = 1,8 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$;
- U-waarden: $U_{\text{deur}} \leq 2 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$;
- Goede kierdichting ($Q_{v10} = 0,625$);
- Gebruik van passieve zonne-energie en voorkomen van oververhitting door overstekken;
- Gebalanceerde ventilatie door mechanische aan- en afvoer met warmteterugwinning (95% rendement);
- Laag temperatuur afgifte systeem;
- Koeling uit bron (geen aanwezigheid airco).

4.6 Duurzaam opgewekte elektriciteit

Verdere verduurzaming kan gerealiseerd worden met de volgende maatregelen:

- Bijplaatsen van zonnepanelen per woning of per cluster dan voor de opwekking van duurzame elektriciteit;
- Inkoop van groene stroom en groen gas.

Van bovenstaande maatregelen heeft alleen het plaatsen van zonnepanelen op de woningen een verlaging van de EPC ten gevolge.

4.7 Consequenties van diverse aspecten voor bewoners

Een ander energieconcept heeft op diverse aspecten consequenties voor bewoners. In deze paragraaf zullen die besproken worden per onderdeel, aangezien veel van deze onderdelen voor meerdere concepten van toepassing zijn.

4.7.1 Gebalanceerde ventilatie

In de woningen wordt gebruik gemaakt van ventilatie door middel van balansventilatie. Bij dit systeem is het belangrijk om een goede voorlichting aan de bewoners te geven over het gebruik. Anders dan bij natuurlijke ventilatie of ventilatie waarbij alleen mechanisch afgezogen wordt, wordt hier ook mechanisch aangezogen. Deze aangezogen lucht wordt gefilterd en deze filters moeten periodiek vervangen worden, afhankelijk van de kwaliteit van de buitenlucht. Daarnaast is het belangrijk om het systeem bij de oplevering goed in te (laten) regelen en er voor te zorgen dat het geluidsniveau minimaal is door een goede systeemkeuze en juiste installatie. Geadviseerd wordt de gebruikers goed voor te lichten over het correcte gebruik van de ventilatie. Het afsluiten van een onderhoudscontract bij gebalanceerde ventilatie is aan te raden. Op gebouwniveau moet rekening gehouden worden met het feit dat,

doordat er zowel mechanische aan- als afzuiging plaats vindt, de kanalen meer ruimte innemen.

4.7.2 Lage temperatuur (vloer)verwarming (LTV)

In het laatste concept, met individuele warmtepompen, is uitgegaan van lage temperatuur vloerverwarming. Gebruik van LTV is een voorwaarde bij dit concept, omdat de temperatuur, geleverd door de warmtepomp met het hoge rendement niet hoog genoeg is voor conventionele hoge temperatuur radiatoren. Het is overigens ook mogelijk om LTV convectoren te plaatsen.

Vloerverwarming geeft meer comfort dan hoge temperatuur radiatoren en levert bovendien een aanzienlijke vrijheid van indeling van de ruimtes door het ontbreken van radiatoren. Daarnaast draagt het bij aan een gezonder binnenklimaat doordat er minder last is van luchtcirculatie dan bij HT-radiatoren.

Bewoners zullen rekening moeten houden met de keuze van hun vloerbedekking bij het gebruik van vloerverwarming zoals eerder aangegeven. Daarnaast is het toepassen van een grote nachtverlaging bij LTV niet wenselijk omdat het opwarmen van de woning in de morgen dan onevenredig veel energie kost. Dit resulteert in een woning die over de gehele tijd op een aangename temperatuur kan blijven. De bewoners zullen hierover voorlichting moeten krijgen.

Vloerverwarming brengt met zich mee dat de vloerdikte een paar centimeter toeneemt (3 tot 5 cm, afhankelijk van leverancier en systeem). Het is mogelijk de vloerverwarming op te nemen in de afwerkvloer, soms kan deze ook in de vloer ingefreesd worden. In appartementenbouw wordt deze opgenomen in de zwevende vloer. Voor de eigenaar van de woning leveren de voordelen van vloerverwarming op, dat de verhuurbaarheid of verkoopbaarheid op termijn toeneemt ten opzichte van woningen met HT-radiatoren.

4.7.3 Koken, maar dan zonder gas

In alle concepten waar geen gas geleverd wordt, zal gekookt moeten worden op elektriciteit. Een voordeel hiervan is dat er geen verbrandingsgassen vrijkomen tijdens het koken, het vereist echter wel enige gewenning. Ook hier geldt dat een goede communicatie met de toekomstige bewoners zeer belangrijk is.

Er zijn verschillende wijzen van elektrisch koken, waarbij inductief koken wat betreft reactiesnelheid het meest lijkt op koken op gas. Inductief koken is veiliger, comfortabeler en beter voor het binnenmilieu. De apparatuur is echter duurder.

In de praktijk blijken redelijk veel bewoners die wel op gas kunnen koken de voorkeur te geven aan een vorm van elektrisch koken vanwege genoemde voordelen. Het is overigens wel mogelijk om een gasinfrastructuur aan te leggen voor het koken, maar dit is relatief kostbaar.

4.7.4 Koeling aanwezig bij warmtepompconcept

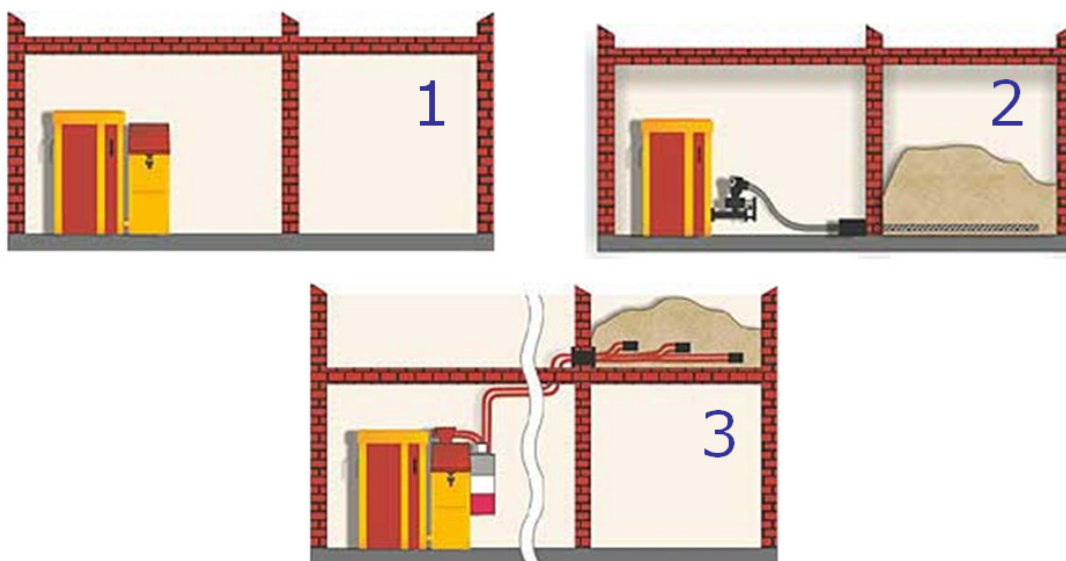
Bij het concept met een warmtepomp kan het geleverde grondwater of de koude uit de bodem als koelmedium rechtstreeks in het vloerverwarmingssysteem gebruikt worden voor topkoeling. Deze koeling geeft extra comfort in de woningen en daarmee een hogere woonkwaliteit. In een tijd waarin comfort steeds belangrijker wordt zal er meer aandacht komen voor koeling. Indien dit al aanwezig is in een woning hoeven geen aanvullende maatregelen zoals airconditioners aangeschaft te worden in de toekomst. Airconditioners hebben een slecht energetisch rendement en zullen er voor zorgen dat de energievraag toeneemt. Ook tasten zij de beeldkwaliteit van de wijk aan.

Bij de concepten die geen koeling hebben is de koelbehoefte te beperken door een slim ontwerp van de woning met zonwering, mogelijkheden voor spuiventilatie en eventueel beperking van het raamoppervlak.

4.7.5 Ruimtebeslag energievoorziening

Voor de bewoner verandert de wijze waarop zijn warmte gemaakt wordt ten opzichte van de traditionele wijze met een HR107 ketel. In het geval van het individuele warmtepompconcept is er in de woning een warmtepomp met buffervat voor warm tapwater aanwezig. De warmtepomp in combinatie met het buffervat heeft ongeveer het formaat van een koelvriescombinatie en met de opstelplaats moet rekening gehouden worden met de geluidsproductie. Bij voorkeur wordt de warmtepomp met warmwatervat opgesteld op de begane grond.

Het concept met de houtpelletketel heeft het zwaarste ruimtebeslag. Hier moet rekening gehouden worden met een forse toename van het ingenomen volume; de ketel zelf neemt ongeveer twee koelvriescombinaties in beslag, terwijl de benodigde opslag van pellets een significant beslag legt op kelderruimte (zie figuur 4 - 4, opties 2 en 3).



Figuur 4 - 4 Mogelijke toevoer van houtpellets (bron: <http://www.aecsmt.be>)

Het alternatief is niet gebruik te maken van een reservoir (optie 1 in figuur 4 – 4), met als nadeel dat er veel vaker bijgevuld zal moeten worden.

4.8 Stedenbouwkundige consequenties

De diverse concepten kunnen consequenties hebben op stedenbouwkundig en bouwkundig vlak. Hieronder worden deze besproken.

4.8.1 Individuele warmtepomp met collectieve bron

In de wijk zullen diverse bronputten gerealiseerd moeten worden. Vanaf deze putten moet een ongeïsoleerd distributienet door de wijk gelegd worden in het openbare gebied. De putten moeten goed bereikbaar blijven, maar kunnen op maaiveldhoogte afgewerkt worden (“half bovengronds”). Benodigde pompen en warmtewisselaars kunnen in de putten geplaatst worden zodat het ruimtebeslag boven de grond geminimaliseerd is. De putten hebben een grootte van 2 à 3 m².

Het distributienet dient circa 1 m ondergronds te worden geplaatst tegen inwerking van grondvorst in de winter. Op basis van een uitkoeling van 8°C (verschil van watertemperatuur uit aanvoer- en retourleidingen) geldt een diameter van 250 mm voor de hoofdleidingen; de leidingen richting de woningen zijn aanzienlijk smaller (circa 40 mm). Het ruimtebeslag in de ondergrond waarmee rekening gehouden moet worden is circa 3 hoofddiameters dik, dus 75 cm. De technische ruimtes die bij elk bronnendoublet geplaatst moeten worden, nemen circa 5 bij 5 m in beslag.

5 Resultaten

In dit hoofdstuk wordt een vergelijking gemaakt tussen de energieconcepten op energetische (EPC, CO₂ uitstoot) en financiële consequenties (investeringskosten en woonlasten). Alle uitkomsten zijn indicatief en vertegenwoordigen geen exacte waarden. Uiteindelijke kosten en opbrengsten (energetisch en financieel) kunnen afwijken van de werkelijkheid, onder andere vanwege het gebruik van referentiewoningen van Agentschap NL.

5.1 Energetische analyse

Van alle concepten is bepaald wat de EPC waarde en wat de CO₂ uitstoot is voor vier typen woningen, de tussenwoning, de twee-onder-één-kap woning, de vrijstaande woning en het appartement. Het beeld dat gegeven wordt bij de resultaten voor de tussenwoning kan doorgetrokken worden voor de andere typen woningen; deze verschillen slechts in exacte waardering en geven niet een ander relevant patroon aan.

De EPC waarden zijn berekend met het EPC berekeningsprogramma EPW NPR 5129 v2.1. De referentiewoningen van Agentschap NL (SenterNovem) zijn gebruikt en aangepast tot de beschreven concepten. Deze referentiewoningen zijn zo ontworpen dat er geen oververhitting plaats zal vinden. Dit is gedaan door de glasoppervlakken relatief klein te houden. De uiteindelijke EPC waarden van woningen in Hoogkamer kunnen bij dezelfde maatregelen een andere EPC waarde behalen. In een woning wordt zowel gebouwgebonden (bijvoorbeeld energie voor ventilatie en verwarming) als niet-gebouwgebonden energie (bijvoorbeeld energie voor wassen en koken) gebruikt. De hoeveelheid niet-gebouwgebonden energie is afhankelijk van het gedrag van de bewoner en van het soort apparatuur in bezit van de bewoner. A-label apparatuur zal minder verbruiken dan apparatuur met een slechter label. Vanwege de afhankelijkheid van de gebruiker is het niet-gebouwgebonden energieverbruik in deze studie buiten beschouwing gelaten bij de financiële berekeningen.

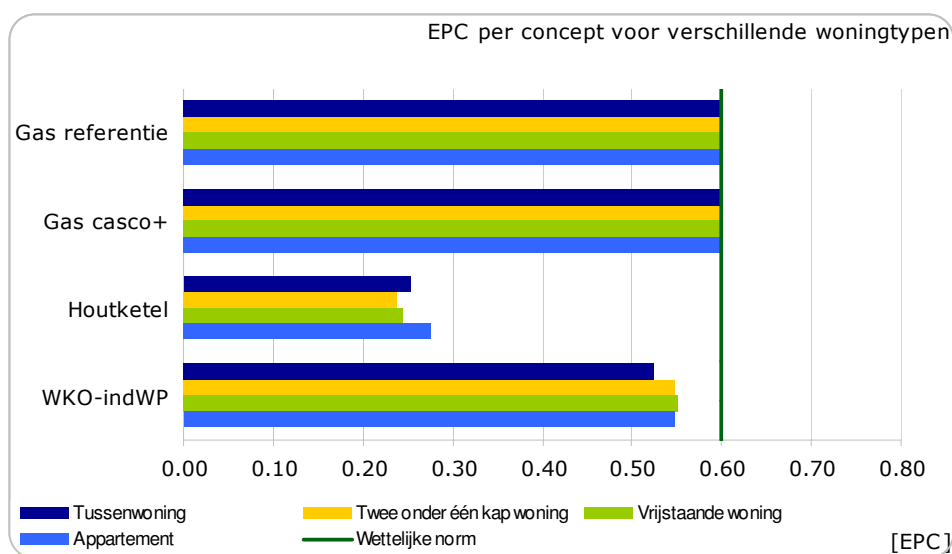
5.1.1 EPC

De energieprestatiecoëfficiënt (EPC) is een maat voor de energetische prestatie van een gebouw of een gedeelte daarvan, berekent volgens de geldende energieprestatienorm. De huidige eis voor de EPC waarde volgens het Bouwbesluit is 0,8. Echter heeft de minister het voornemen geuit om de EPC waarde in 2011 te verlagen van 0,8 naar 0,6 en na 2015 zal de maximale EPC zelfs 0,4 worden. Bovendien is de Europese maatregel naar verwachting in 2020 van kracht dat er uitsluitend nog klimaatneutraal gebouwd mag worden (een EPC van 0). Om die reden wordt in dit onderzoek uitgegaan van drie tijdvakken:

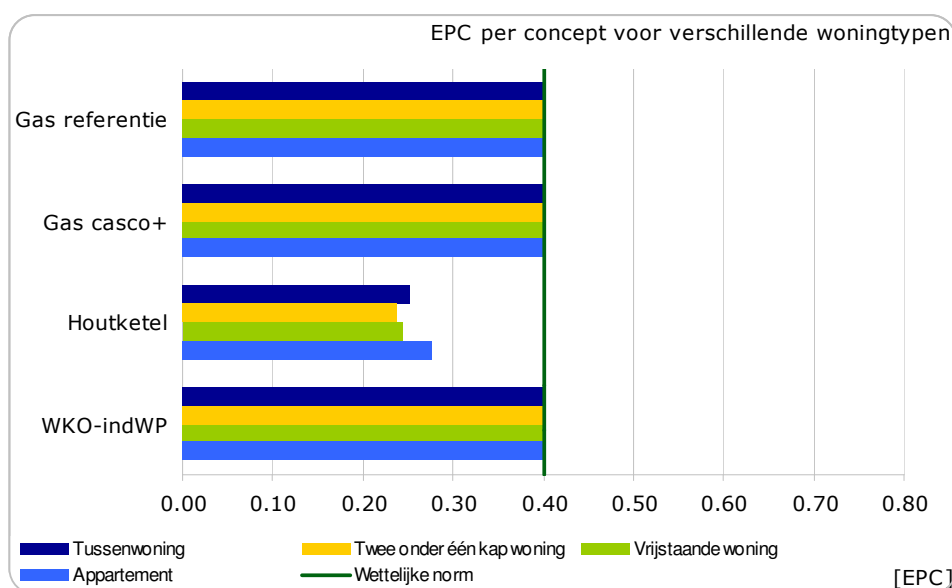
- Tijdvak I: van 2011 tot 2015
- Tijdvak II: van 2015 tot 2020
- Tijdvak III: van 2020 tot 2025

In tijdvak I wordt een vigerend bouwbesluit aangehouden van EPC = 0,6. Tijdvak II gaat gepaard met een EPC = 0,4 en in tijdvak III dient de EPC gelijk te zijn aan 0 (klimaatneutraal bouwen).

In figuren 5 - 1 en 5 - 2 is per concept de EPC waarde weergegeven voor de vier woningtypen voor respectievelijk tijdvakken I en II. De groene lijn geeft telkens de wettelijke norm aan.



Figuur 5 - 1 EPC per woningtype inclusief wettelijke norm voor tijdvak I



Figuur 5 - 2 EPC per woningtype inclusief wettelijke norm voor tijdvak II

Voor tijdvak III geldt dat alle woningen een EPC dienen te hebben gelijk aan 0. Uit de figuren blijkt verder het volgende:

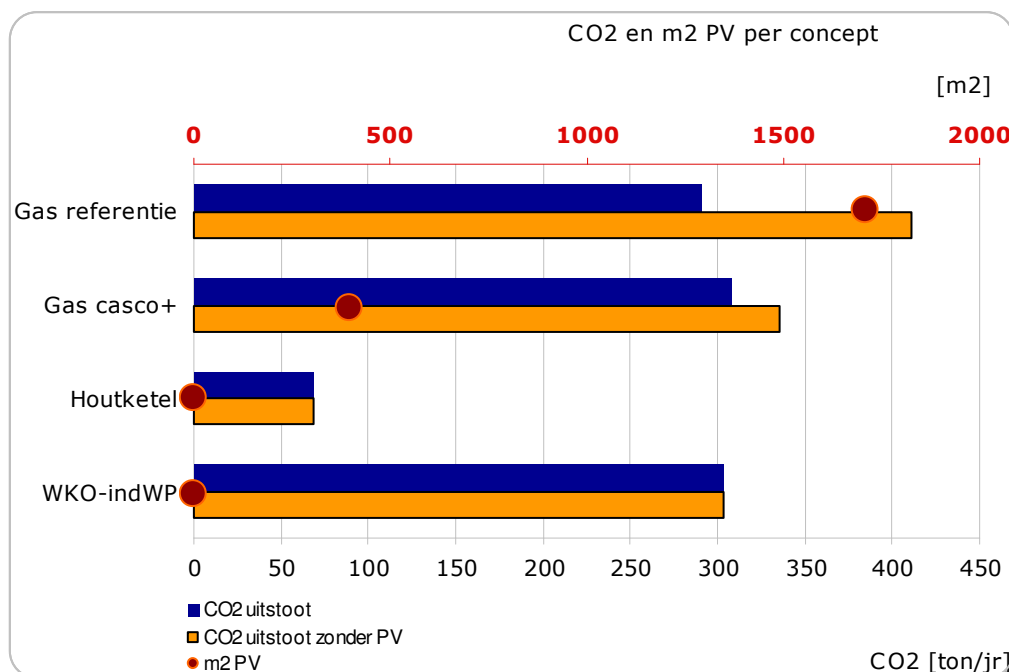
- Bij toepassing van een gasketel (referentie en concept 1) zijn zonnepanelen nodig om de wettelijke norm te halen. De houtketel en de warmtepomp zorgen ervoor dat alle woningen nog geen PV nodig hebben in tijdvak I.
- In tijdvak II, waar de wettelijke norm EPC=0,4 is, behaalt alleen de houtketel de norm zonder toepassen van PV.
- De houtketel sorteert het grootste effect bij een 2-onder-1-kap woning en het laagste bij een appartement.

5.1.2 CO₂

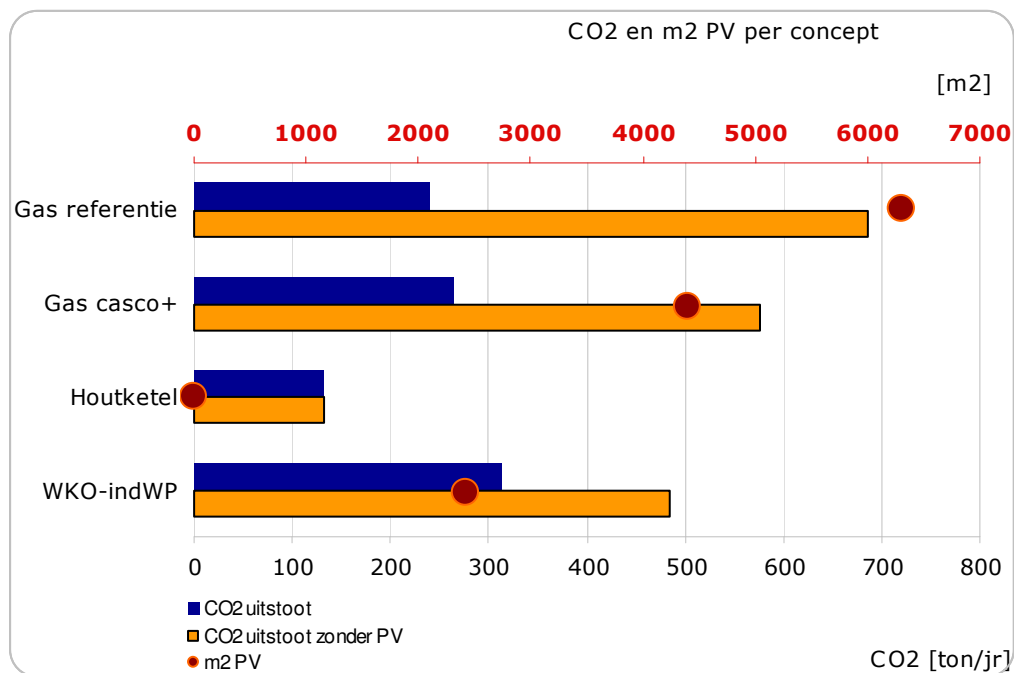
De CO₂ uitstoot die elk concept heeft is bepaald zonder primair energiegebruik voor verlichting en gebaseerd op de EPC berekeningen met de volgende uitstoten van primaire brandstoffen:

- 0,0506 kg/MJ voor aardgas (komt overeen met 1,6 kg/m³ gas)
- 0,0613 kg/MJ voor elektriciteit (komt overeen met 0,22 kg/kWh elektriciteit)

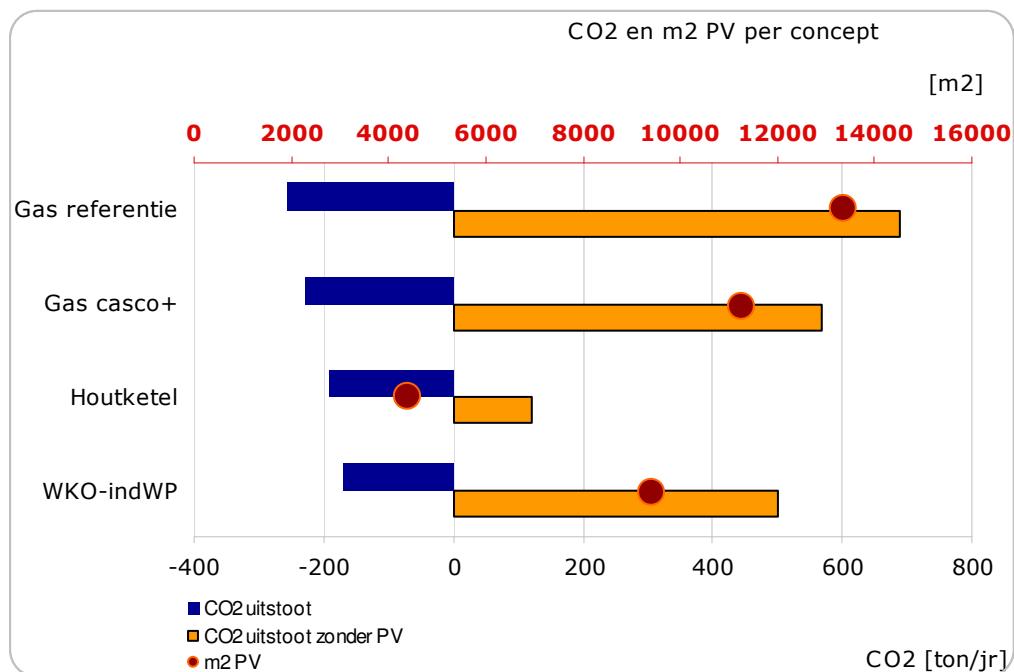
Uit 5.1.1 blijkt dat afhankelijk van het tijdvak waarin wordt gebouwd, zonnepanelen nodig zijn om de wettelijke norm te behalen. Om de impact op de CO₂ uitstoot aan te geven, wordt in de figuren 5 - 3 t/m 5 - 5 onderscheid gemaakt tussen uitstoot zonder en met PV.



Figuur 5 - 3 CO₂ uitstoot per concept (oranje en blauwe balken) en aantal m² PV per concept voor geheel Hoogkammer (rode stippen, aflezen op bovenste as) voor **tijdvak I**



Figuur 5 - 4 CO₂ uitstoot per concept (oranje en blauwe balken) en aantal m² PV per concept voor geheel Hoogkamer (rode stippen, aflezen op bovenste as) voor **tijdvak II**



Figuur 5 - 5 CO₂ uitstoot per concept (oranje en blauwe balken) en aantal m² PV per concept voor geheel Hoogkamer (rode stippen, aflezen op bovenste as) voor **tijdvak III**

De volgende punten komen hieruit naar voren:

- In tijdvakken I en II hebben alle concepten behalve de houtketel ongeveer gelijke CO₂ uitstoot wanneer PV wordt toegepast (zonder PV heeft het concept met de warmtepomp de laagste uitstoot);
- De laagste CO₂ uitstoot (zonder PV) wordt behaald door het concept met warmtelevering vanuit de houtketel. De warmtelevering vanuit de WKK op biogas is niet CO₂ neutraal omdat er rekening is gehouden met elektriciteitsgebruik voor ventilatie en zomercomfort. Het rendement is gebaseerd op basis van soortgelijke projecten, maar zou voor dit concept in de praktijk anders kunnen zijn, en daarom nader bepaald moeten worden in vervolgonderzoek.
- In tijdvak III geldt voor alle concepten een negatieve uitstoot van circa 200 ton per jaar; deze kan worden gebruikt voor compensatie van verlichting en andere consumptieve energieverbruiken.

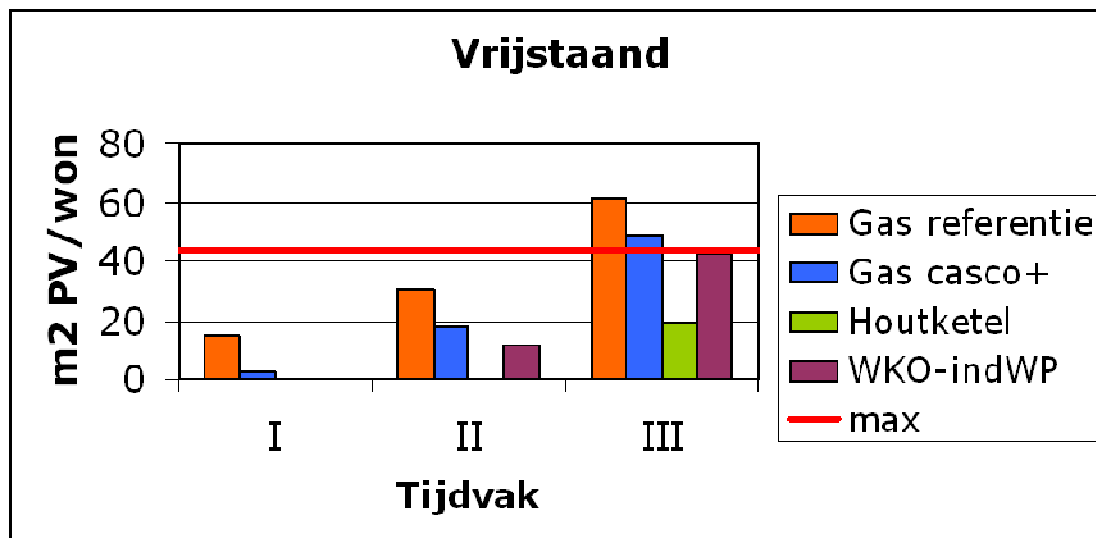
De haalbaarheid van de ambities op energiegebied (zie paragraaf 1.2) kan worden samengevat in de volgende tabel:

Tabel 5 - 1 Haalbaarheidstabel energie ambities

%	CO ₂ reductie tov 2008		Deel duurzame opwek			
	I	ambitie	I	ambitie	II	ambitie
Gas referentie	35	18 - 100	11	5	26	20
Gas casco+	31	18 - 100	4	5	23	20
Houtketel	85	18 - 100	94	5	93	20
WKO ind. WP	32	18 - 100	50	5	66	20

In tijdvak I, waarin de korte termijn doelstellingen van kracht zijn, wordt dus een CO₂ reductie behaald van 32 tot 81%. De doelstellingen duurzame opwek worden door de houtketel en WKO met individuele warmtepompen ruimschoots behaald en alleen het concept met het verzwaarde casco haalt de korte termijn doelstelling niet (slechts 4% duurzame opwek). Dit wordt veroorzaakt door een relatief klein oppervlak zonnepanelen dat nodig is door het zwaardere casco, waarmee de duurzame opwek relatief klein blijft.

Overigens geldt dat zowel in tijdvak I als in tijdvak II de mogelijkheid bestaat om extra zonnepanelen te plaatsen om een hogere CO₂ reductie te behalen. Afhankelijk van het gekozen energieconcept is de hoeveelheid beschikbaar dakoppervlak voor een vrijstaande woning te zien in figuur 5 – 6. Het gedeelte onder de rode lijn tot aan de balk geeft het extra beschikbare dakoppervlak per vrijstaande woning weer.



Figuur 5 - 6 Aantal m² zonnepanelen per concept en tijdvak voor een vrijstaande woning. De rode lijn geeft het maximale dakoppervlak weer dat te gebruiken is voor zonnepanelen.

5.2 Financiële analyse

Bij de financiële analyse is de bewoner als uitgangspunt genomen. Dat betekent dat investeringen in collectieve installaties voor rekening zijn van een exploitant die aansluitkosten naar de bewoner in rekening brengt. De exploitant c.q. energiepartner investeert in het WKO systeem met warmtepompen en brengt initieel een aansluitbijdrage en maandelijks vastrecht in rekening. Investeringen in de warmtepompen zelf zijn in het geval van het individuele systeem op collectieve bron voor rekening van de bewoner. Het is echter ook mogelijk om de warmtepompen door de exploitant te laten verzorgen.

De berekeningen in dit rapport zijn in de hoofdtekst weergegeven voor de tussenwoning, aangezien dit woningtype het meest voorkomt. De figuren en tabellen van de 2-onder-1-kap woningen, vrijstaande woningen en appartementencomplexen zijn te vinden in bijlage E. Omdat alle woningen aangesloten zullen zijn op het elektriciteitsnet is er geen rekening gehouden met het vastrecht en de aansluitbijdrage voor elektriciteit⁷.

5.2.1 Investerings

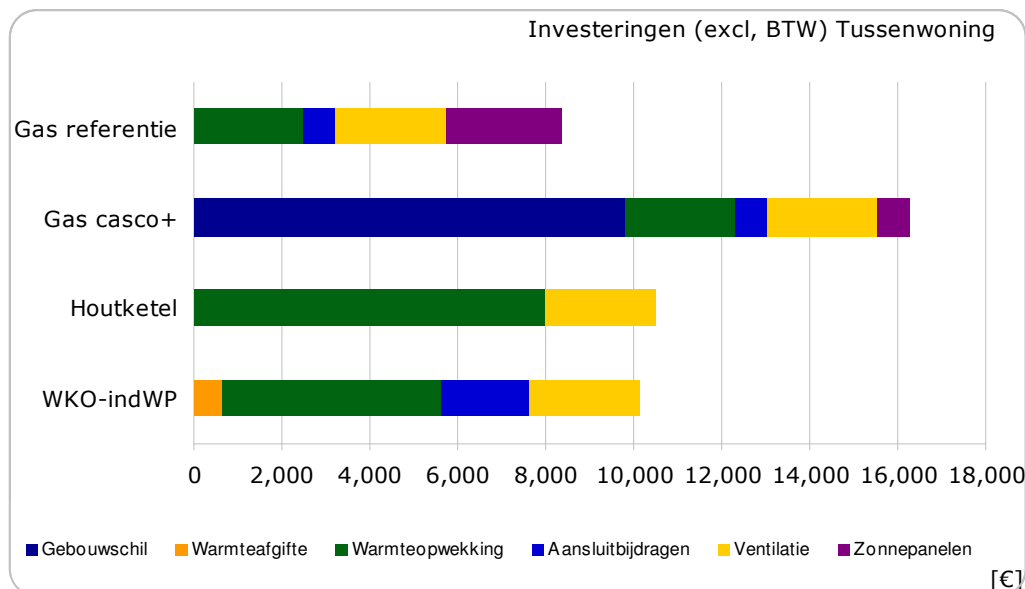
Het is gebruikelijk om over meerinvesteringen ten opzichte van een referentieconcept te spreken. In dit geval worden de investeringen van het referentieconcept eveneens gegeven om een beeld te vormen over de grootte van de investeringen die gedaan zouden moeten worden wanneer wordt gekozen voor de referentiesituatie.

⁷ Bij warmtepompen met zeer grote vermogens is een elektrische aansluiting van 3 x 35 ampère vereist, waarvoor wel een extra capaciteitstarief geldt.

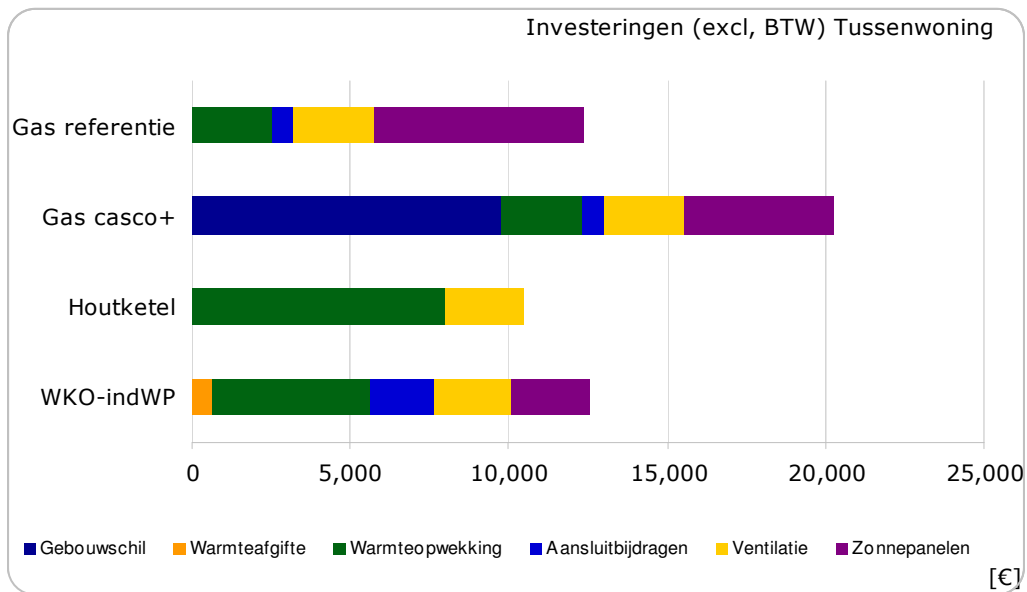
Om inzichtelijk te maken welke investeringen gedaan moeten worden, is een opsplitsing gemaakt naar:

- Systeem voor warmteafgifte;
- Installatie voor ruimteverwarming en warm tapwater;
- Aansluitbijdrage (excl. aansluitbijdrage voor elektriciteit);
- Gebouwschil (isolatie en ramen/kozijnen);
- Ventilatie;
- Zonnepanelen.

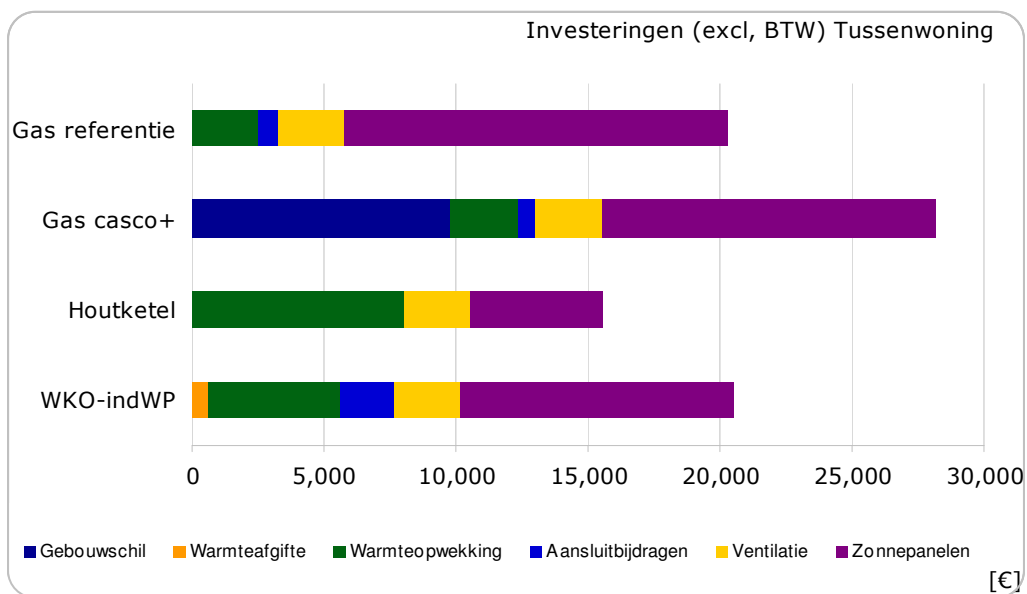
De investeringen zijn bepaald op basis van gegevens die bij Ecofys bekend zijn, aangevuld met informatie uit recentelijk ontvangen aanbiedingen voor gelijksoortige energiesystemen. De genoemde kosten hebben betrekking op de referentiewoning en zijn (deels) afkomstig uit specifieke projecten. Hoewel met de grootst mogelijke zorg samengesteld, geven onderstaande investeringskosten vooral een richting aan. De bedragen kunnen voor specifieke projecten en specifieke woningen anders uitvallen. De investeringen voor een 2-onder-1-kap woning en vrijstaande woning zullen hoger uitvallen dan de gegeven investeringen voor de tussenwoning. In de berekeningen is uitgegaan van investeringen zonder BTW en zonder opslagen. Figuren 5 – 7 t/m 5 – 9 geven de investeringen voor een tussenwoning voor respectievelijk de tijdvakken I t/m III.



Figuur 5 - 7 Investerings per concept voor tussenwoning (ex. BTW, opslagen) **voor tijdvak I**



Figuur 5 - 8 Investeringen per concept voor tussenwoning (ex. BTW, opslagen) **voor tijdvak II**



Figuur 5 - 9 Investeringen per concept voor tussenwoning (ex. BTW, opslagen) **voor tijdvak III**

Uit de figuren blijkt het volgende:

- In tijdvak I heeft de referentiesituatie de laagste investeringen.
- De aansluitbijdragen voor gas vervallen bij alle niet-gas concepten, in het WKO concept met individuele warmtepompen komt daar een aansluitbijdrage voor warmte en koude voor terug. Het concept met de individuele houtpelletketel heeft geen aansluitbijdrage omdat het systeem in eigen beheer is.
- In tijdvakken II en III geldt voor het concept met individuele warmtepompen nagenoeg geen meerinvestering t.o.v. de referentiesituatie. In diezelfde tijdvakken heeft het concept met houtketels de laagste investering.

- Het casco+ concept is relatief kostbaar door de hoge investeringen in de gebouwschil; de meerinvestering loopt op tot € 8.000 voor de tussenwoning.

5.2.2 Woonlasten

De energielasten voor een woning bestaan uit de variabele kosten voor gas, elektriciteit en warmte, het vastrecht voor gas en warmte, en uit onderhoud voor de energiesystemen. In het geval van de individuele warmtepomp met WKO wordt er ook vastrecht voor koude in rekening gebracht. De energielasten geven geen volledig beeld. Beter is het om de gehele woonlasten te bekijken. Bij verkoop van de woningen kan de ontwikkelaar naar toekomstige eigenaren van woningen communiceren wat de te verwachten woonlasten zijn van de woning.

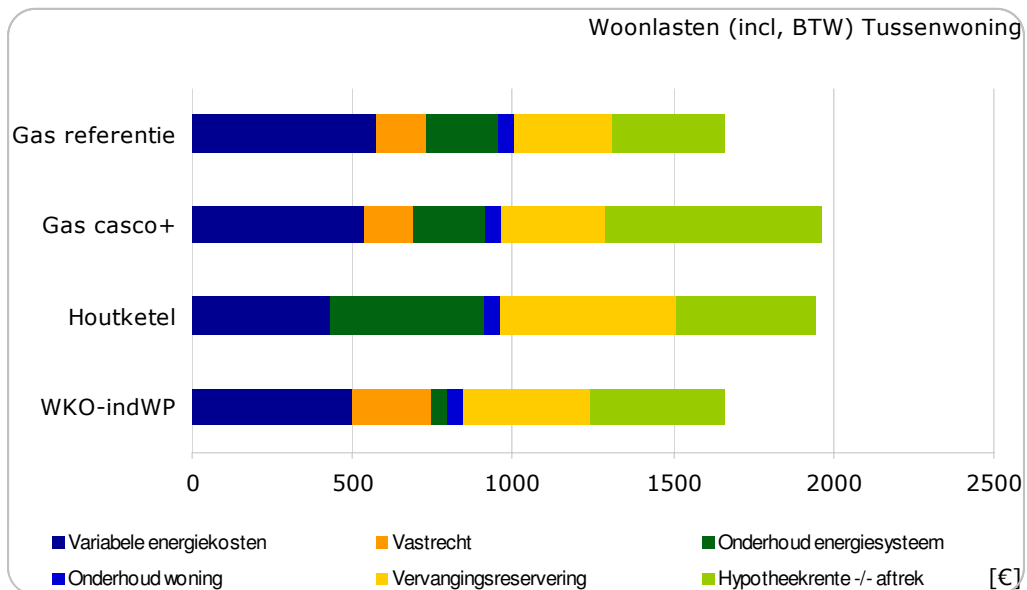
In figuren 5 – 10 t/m 5 – 12 staan de woonlasten *in het eerste jaar*, uitgesplitst naar:

- Vastrecht voor gas of warmte (niet voor elektriciteit);
- Energiekosten⁸; hierbij gaat het alleen om de variabele kosten gekoppeld aan het gebouwgebonden energieverbruik;
- Onderhoudskosten van het energiesysteem en de woning;
- Vervangingsreservering voor installatie en bouwkundige maatregelen;
- Hypotheekrente à 6% op de meerinvestering (rekening gehouden met hypotheekrenteaftrek, uitgaande van 42% belasting).

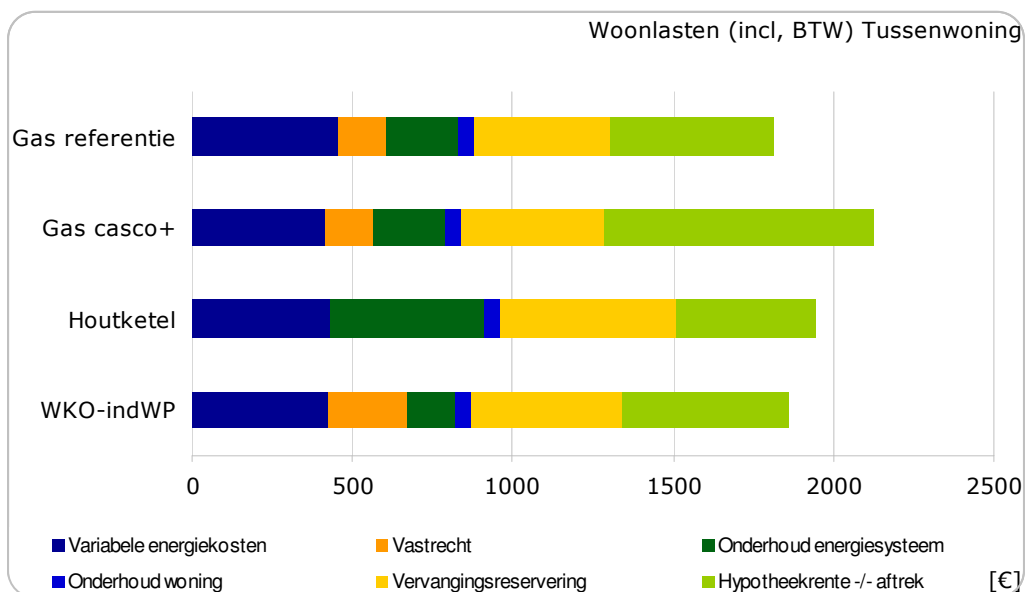
Er is in de berekeningen geen rekening gehouden met eventuele subsidies omdat de toepasbaarheid daarvan niet van te voren is vast te stellen. De vervangingsreservering is hier als volgt bedoeld:

- 1** Aan het begin van jaar 1 worden investeringen gedaan. Hierover wordt 15 jaar lang hypotheekrente betaald;
- 2** Aan het einde van jaar 15 zijn de installaties afgeschreven en wordt de lening hiervoor *afgelost* met de gespaarde vervangingsreservering.
- 3** Aan het begin van jaar 16 worden nieuwe investeringen gedaan voor de nieuwe installaties, waarvoor dan weer hypotheekrente wordt betaald, et cetera.

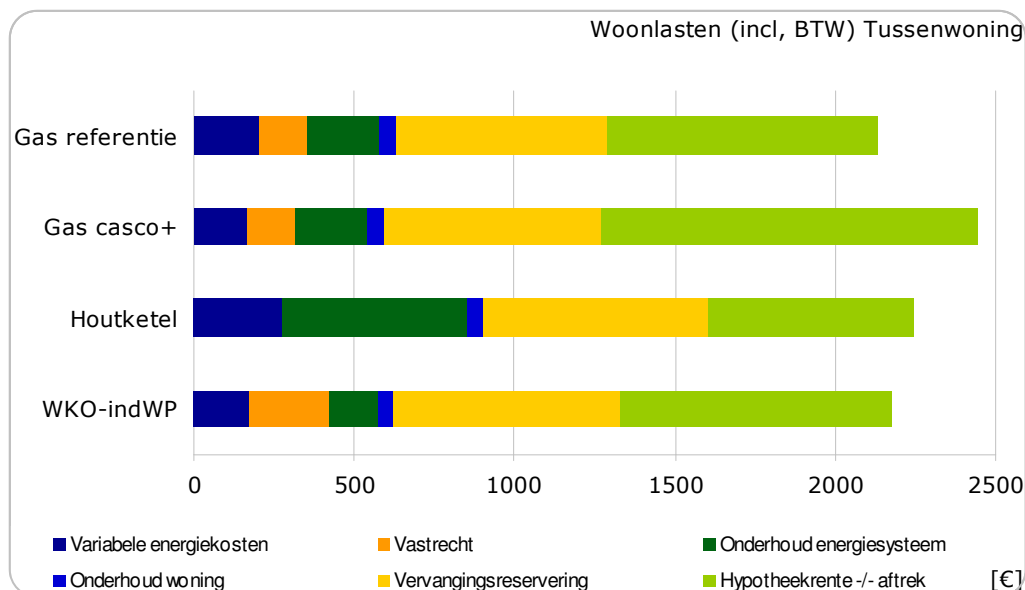
⁸ Uitgangspunt energiekosten: Elektriciteit 0,20 €/kWh – Gas 0,63 €/m³ – Houtpellets 11 €/GJ – Elektriciteit terugleveren 0,10 €/kWh



Figuur 5 - 10 Woonlasten 1e jaar voor tussenwoning (incl. BTW) **voor tijdvak I**



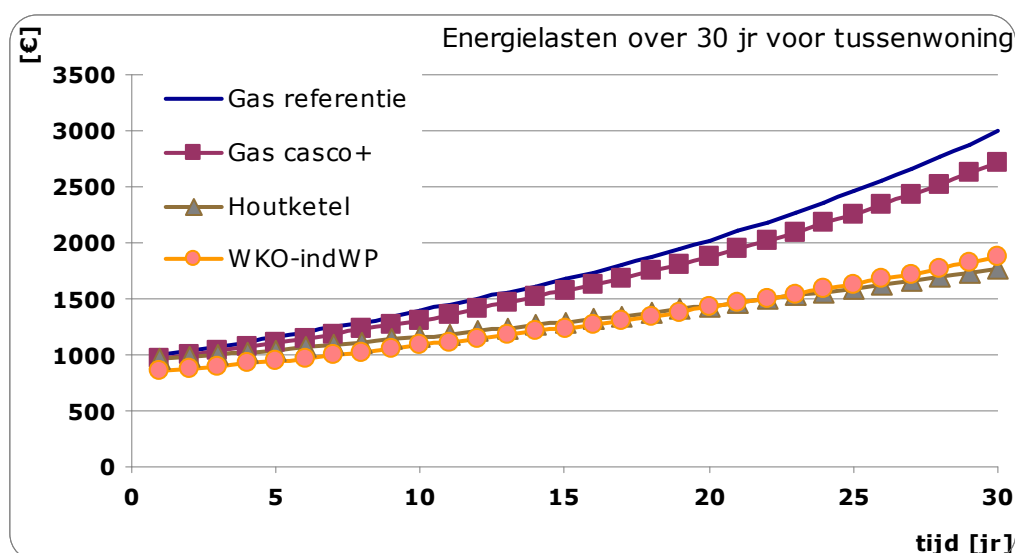
Figuur 5 - 11 Woonlasten 1e jaar voor tussenwoning (incl. BTW) **voor tijdvak II**



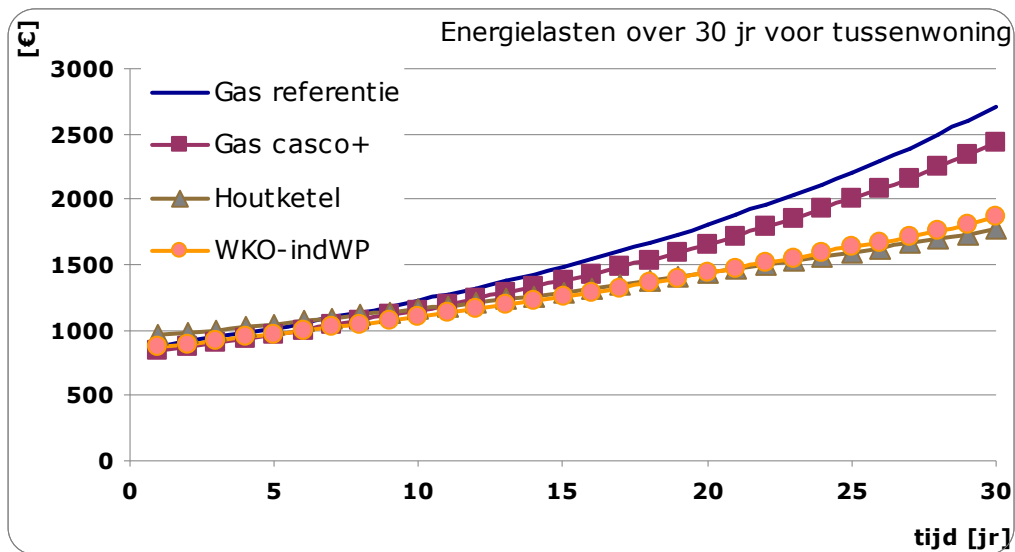
Figuur 5 - 12 Woonlasten 1e jaar voor tussenwoning (incl. BTW) **voor tijdvak III**

5.2.3 Ontwikkeling energielasten

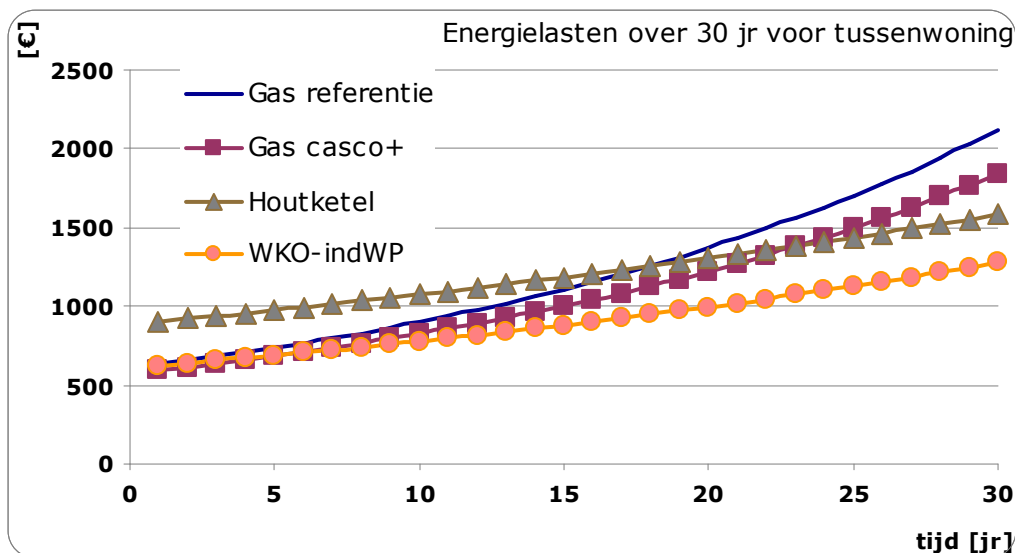
In figuren 5 – 13 t/m 5 – 15 staat per tijdvak weergegeven wat de afhankelijkheid van prijsstijgingen is voor de energielasten. Er wordt uitgegaan van een prijsstijging van 5% voor gas en 3% voor elektriciteit, zowel voor ingekochte als verkochte elektriciteit (uit zonnepanelen). Historische gegevens van het CBS tonen respectievelijk 8% en 4%, maar hier is gekozen voor een conservatieve stijging. Voor warmte is een prijsstijging aangehouden van 2% en voor het vastrecht 2,5%.



Figuur 5 - 13 Ontwikkeling energielasten voor tussenwoning **voor tijdvak I**



Figuur 5 - 14 Ontwikkeling energielasten voor tussenwoning voor tijdvak II



Figuur 5 - 15 Ontwikkeling energielasten voor tussenwoning voor tijdvak III

Uit de figuren blijkt het volgende:

- Voor woningen in tijdvak I is de ontwikkeling nagenoeg identiek voor de concepten met houtketel en individuele warmtepomp.
- Dit geldt eveneens voor woningen in tijdvak II, al zijn de verschillen met de gas concepten kleiner. Dit is te verklaren door een relatief grote hoeveelheid zonnepanelen in de gas concepten, waardoor meer terugleververgoeding wordt verkregen.

Voor woningen in tijdvak III is de ontwikkeling van energielasten van het individuele warmtepomp concept het meest stabiel én zijn de lasten het laagst na 30 jaar.

6 Organisatievormen

Andere vormen van energievoorziening kunnen ook andere organisatievormen met zich mee brengen. Anders dan bij gas- en elektriciteitslevering, waarbij alleen de energiemaatschappijen een rol spelen, kunnen bepaalde concepten ook in eigen beheer gehouden of alsnog door derden geëxploiteerd worden. In de navolgende secties zullen de mogelijke manieren van organisatie besproken worden, waarna in de laatste paragraaf de risico's geschetst worden.

6.1 Eigen beheer - individuele concepten

Voor individuele concepten is het mogelijk om alles in handen van de bewoner/bouwer te houden. Dit geldt voor de concepten met houtketel en verzwaard casco en gedeeltelijk voor het concept met individuele warmtepompen, aangesloten op de collectieve WKO. In het laatste geval kunnen de warmtepompen geheel zelf beheerd worden, mits dat past in de overeenkomst die met de leverancier van de WKO gesloten is⁹. Eigen beheer heeft de volgende voordelen:

- Flexibiliteit voor bouwer;
- Keuzevrijheid voor systeem en concept voor zover niet vastgelegd.

De volgende nadelen zijn aan te wijzen:

- Geen schaalvoordeel bij inkoop in geval van zelfbouwers;
- Onderhoud in eigen hand, af te kopen door een onderhoudscontract af te sluiten;
- Onderlinge afstemming systemen bij bodemwarmtewisselaar is lastig te organiseren/garanderen.

Het eigen beheer is een organisatievorm die zeker zelfbouwers in grote mate zal aanspreken. De gemeente kan het negatieve effect van het schaalvoordeel wegnemen door te ondersteunen in het organiseren van gezamenlijke inkoop.

6.2 Outsourcing

Voor vormen van energievoorziening waarbij een groot deel van de installatie buiten de woning gelegen is, is het laten exploiteren door een derde partij geschikt. Bij outsourcing ligt de organisatie, aanleg, beheer en risico's bij een derde partij. Dit kan bijvoorbeeld een vereniging van eigenaren zijn, een exploitatiemaatschappij of de traditionele energiebedrijven.

⁹ Partijen die WKO ontwikkelen willen het liefst de zekerheid van afname van warmtepompen en zullen proberen om dit in de overeenkomst vast te leggen.

De voordelen van outsourcing zijn:

- Investering door derde partij, doorberekend in een Bijdrage AansluitKosten (BAK) die lager is dan de investering;
- Ontzorgen van de bouwer die veelal niet de juiste kennis en kunde heeft;
- Financiële risico ligt bij exploitant.

Outsourcing is mogelijk bij het collectieve WKO concept, waarbij de keuze gemaakt kan worden om het gehele systeem, inclusief de warmtepompen te outsourcen, of de warmtepompen in eigen beheer te houden. De ontwikkelaar zal altijd prestatie-eisen aan de warmtepompen stellen om te zorgen dat de systemen goed op elkaar aansluiten en vanuit dat oogpunt is het ook aan te bevelen het gehele systeem te outsourcen. Als de warmtepomp onderdeel van het systeem is, zal onderhoud bij de exploitant liggen; in het geval dat de bewoner eigenaar is, zal deze een onderhoudscontract met een installateur af kunnen sluiten.

Hieronder staan de verschillen tussen de mogelijke partijen die de energievoorziening op zich kunnen nemen.

Energiebedrijven

Een logische partij voor het aanleggen van een collectieve voorziening, zoals warmtelevering of collectieve WKO zijn de traditionele energiebedrijven. Deze partijen hebben veel ervaring met facturering, klantenservice en realisatie en beheer van energievoorzieningen. De partijen zijn betrouwbaar en vaak een speler die al geruime tijd op de markt aanwezig is. Voor duurzame energievoorzieningen hebben zij vaak aparte afdelingen die zich daarmee bezig houden.

Een energiebedrijf kan aanspraak maken op EIA wat een voordeel oplevert. De EIA werkt via een aftrekpost voor vennootschaps- of inkomstenbelasting. Bij deze regeling kan een deel van de investering (44%) in een duurzaam productiemiddel afgetrokken worden van de fiscale winst. Het energiebedrijf heeft ook een rendementseis waardoor eventueel voordeel niet direct bij de consument komt te liggen.

Exploitatiemaatschappijen

Er zijn diverse partijen, zoals woningcorporaties, projectontwikkelaars, installateurs en waterleidingbedrijven, die zich ook richten op de exploitatie van duurzame energievoorzieningen. Deze partijen kunnen net zo betrouwbaar en geschikt zijn als de traditionele energiebedrijven. Ook een exploitatiemaatschappij kan gebruik maken van de EIA en zal ook een rendementseis hebben zodat voordeel niet direct bij de consument komt te liggen.

Vereniging van Eigenaren

Een VVE kan de exploitatie op zich nemen en de benodigde expertise voor ontwerp, aanleg, beheer en exploitatie inkopen. Indien een VVE de exploitatie op zich neemt is mogelijk een voordeel te behalen omdat de rendementseisen op de financiering van de energievoorziening lager kunnen zijn en het voordeel dus direct naar de bewoners

vloeit. Het verkopen van warmte (en koude) maakt het bovendien mogelijk om (een deel van) de investering terug te verdienen. Het nadeel van outsourcing door een VVE is dat alle financiële en juridische risico's bij de VVE liggen en de buffer voor problemen niet groot zal zijn omdat de VVE zich met één specifiek systeem bezig houdt. Een VVE is een logische organisatievorm bij een appartementencomplex waarbij een VVE vaak al aanwezig is. Bij grondgebonden woningen is deze organisatievorm niet gebruikelijk.

Gemeentelijk energiebedrijf

De gemeente kan er ook zelf voor kiezen om een energiebedrijf op te zetten voor Hoogkamer. De investering zal dan zoveel mogelijk gedaan worden met geleend geld, eventueel gecombineerd met een leaseconstructie. Gemeentes zijn betrouwbare partijen die relatief gemakkelijk financiering kunnen krijgen waardoor er een lagere rendementseis kan gelden dan bij exploitatiemaatschappijen of energiebedrijven, afhankelijk van de doelstelling van het gemeentelijk energiebedrijf, waardoor voordeel eerder bij de bewoner kan komen te liggen. Een gemeentelijk energiebedrijf kan aanspraak maken op de EIA en via de inkomsten van energielevering de investering terug verdienen. Het opzetten van een gemeentelijk energiebedrijf vergt echter ook een investering op het gebied van arbeid en kennis en het opzetten van een nieuwe organisatie. Risico's van een technisch niet goed functionerend systeem komen bij de gemeente te liggen, zo ook de klachtenafhandeling van de bewoners. Daar tegenover staat dat gelden binnen het energiebedrijf gecreëerd lokaal blijven en dat er eventueel lokaal werkgelegenheid gecreëerd wordt.

6.2.1 Keuze voor een partij

De keuze voor een partij die de energievoorziening aanlegt en exploiteert kan door middel van een openbare of niet-openbare aanbestedingsprocedure (met openbare voorselectie). Bij een niet-openbare aanbestedingsprocedure met openbare voorselectie worden een voorselectie gemaakt op basis van een aantal aspecten (bijvoorbeeld ervaring, vermogens- en liquiditeitseis) en vervolgens worden een vooraf bepaald aantal partijen gevraagd om een uiteindelijke aanbieding te doen voor de aanleg en exploitatie van het systeem. In de aanbestedingsprocedure kan een bepaalde voorziening worden gevraagd waarbij een techniek wordt voorgeschreven, maar deze keuze kan ook aan de markt over gelaten worden. De aanbesteding wordt dan op grond van prestatie-eisen gedaan. Bijvoorbeeld voor de levering (comfort, temperatuurniveau, betrouwbaarheid, leveringszekerheid), kosten en milieuprestaties (energiebesparing en CO₂ reductie). De financiële haalbaarheid is een verantwoordelijkheid en risico van de aanbiedende partij.

6.3 Risico's bij alternatieve energielevering

Een belangrijke vraag bij een alternatieve vorm van energielevering is welke risico's er komen kijken bij de gekozen energielevering. Ook de traditionele energielevering is niet risicoloos. Het risico bij gaslevering is dat er tijdelijk geen levering plaats kan

vinden door een gaslek. Dit komt echter weinig voor per huishouden. Daarnaast is het mogelijk dat er een faillissement optreedt. In de wet is geregeld dat de levering dan door andere partijen in de markt overgenomen wordt. Een laatste risico, van een andere orde, is dat het gas te zijner tijd opraakt of moeilijker te verkrijgen is. Dit kan grote prijsstijgingen veroorzaken. Voor elektriciteitslevering geldt dat er een tijdelijke storing kan zijn. Dit komt wat vaker voor dan een storing in de gaslevering, maar Nederland heeft één van de zekerste elektriciteitsnetten in Europa en de verwachting is dat dit zo blijft. Ook bij een faillissement van het elektriciteitsbedrijf is in de wet geregeld dat andere partijen de levering overnemen indien nodig.

Eigen beheer

Bij systemen in eigen beheer komt het werkzaam houden van het systeem voor rekening van de eigenaar van het systeem voor zover mogelijk. Elektriciteitslevering als onderdeel van het systeem valt daar niet onder. Alle concepten kunnen geheel of gedeeltelijk in eigen beheer uitgevoerd worden. Bij het concept met de houtpelletketel geldt een verhoogd risico van uitval door verhoogde residuen na verbranding. Met betrekking tot de individuele warmtepompen is het goed om te realiseren dat het systeem goed ontworpen en aangelegd moet worden én dat bij een gemiddeld koude winter het rendement van de warmtepomp lager zal zijn dan waarmee gerekend is, met hogere energielasten tot gevolg. Daarnaast kan er een storing in de warmtepomp optreden, maar de kans hierop is lager dan de kans op storing bij een HR-ketel. Verder heeft het systeem met individuele warmtepompen als risico dat de bodem uitgekoeld wordt doordat de warmtevraag in de winter de koudevraag in de zomer overstijgt met een rendementsverslechtering en dus een energierekeningstijging tot gevolg. Het is daarom heel belangrijk dat dit systeem goed ontworpen en dat er geregenereerd wordt. Het nadeel van een dergelijk individueel systeem is dat individuele uitschieters niet uitmiddelen. Het risico bij de individuele warmtepomp aangesloten op de collectieve bron ligt daarin, dat - bij een slecht functionerend systeem - de eigenaar van de warmtepomp en de eigenaar van de bron naar elkaar zullen gaan wijzen. Goede prestatieafspraken naar beide kanten kunnen dit voorkomen. Risico's op het gebied van de bron komt hierna aan de orde.

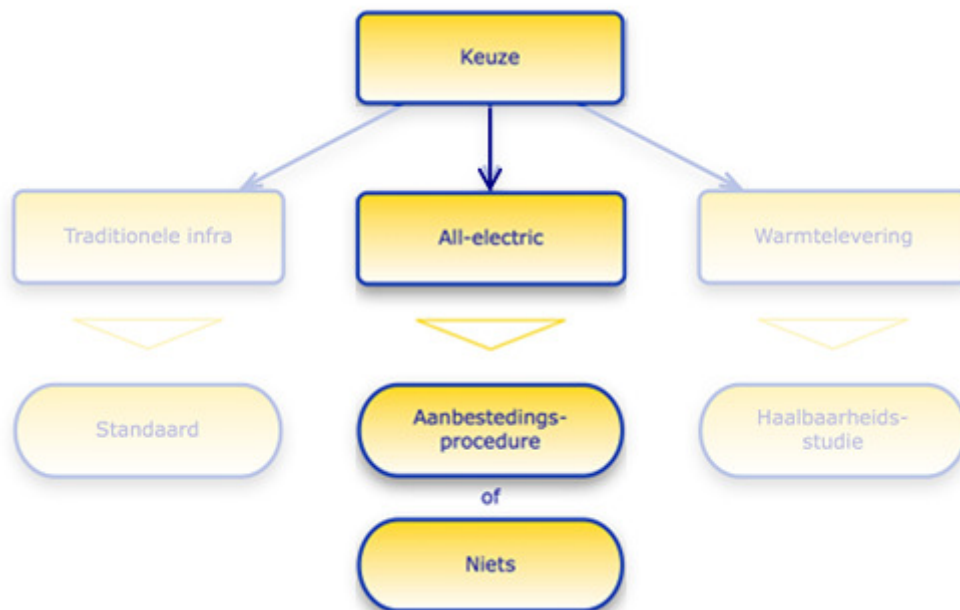
Outsourcing

Een faillissement van de partij die het warmtesysteem in exploitatie heeft is een gebeurtenis met een grote impact. Net als bij gas- en elektriciteit is in de wet geregeld dat de levering van warmte door moet gaan en overgenomen zal worden door een andere partij. In de wet staat ook opgenomen dat de Minister opdracht kan geven om een gastransportnet aan te leggen. De vraag is of er snel genoeg geschakeld kan worden om te zorgen dat de levering voor de consument veilig gesteld wordt. De gemeente zou een logische partij zijn om een korte periode te overbruggen tot een nieuwe partij gevonden is. WKO of individuele bodemwarmtewisselaars met warmtepompen zijn systemen die draaien zonder dat er veel direct menselijk handelen bij komt kijken. Bij een faillissement moet vooral gezorgd worden dat de elektriciteit, die nodig is om het systeem te laten draaien, nog geleverd wordt. Ook hier zou de gemeente een korte periode kunnen overbruggen in samenspraak met de curator.

Op technisch vlak heeft de WKO nog als risico dat de bron uitkoelt of stagneert. Beide zijn op te vangen door een goed ontwerp te maken van het systeem. Dit risico is voor de exploitant die door middel van prestatie-eisen gedwongen kan worden een goed ontwerp te maken en dat ook uit te voeren.

7 Vervolgstappen

De te nemen vervolgstappen hangen deels af van de keuze voor het energiesysteem. Wanneer wordt gekozen voor het concept met individuele warmtepompen, geeft figuur 7 - 1 de stappen aan; in dit geval wordt gekozen voor een all-electric infrastructuur.



Figuur 7 - 1 Vervolg bij keuze voor een all-electric systeem

Bij een collectief WKO systeem met individuele warmtepompen moet vastgelegd worden dat er in de wijk geen gas aangelegd zal worden naar de woningen. Indien de gemeente de keuze maakt voor de infrastructuur met bodemwarmtewisselaars in de meer geïsoleerde gebieden zoals deelgebieden 1a (eerste zuidelijke enclave van 70 woningen) en 2d (26 vrije kavels), kan ze er voor kiezen om geen aanbestedingsprocedure te starten maar de keuze geheel bij de ontwikkelaars/bouwers te laten, ingeval deze de keuzevrijheid willen houden of wellicht zelf de exploitatie op zich willen nemen (in geval van ontwikkelaar of corporatie). Goede voorlichting naar zelfbouwers is hier zeer belangrijk. Zowel zelfbouwers als ontwikkelaars kunnen er overigens voor kiezen om bijvoorbeeld houtketels te gaan gebruiken, of luchtwarmtepompen. Het is daarom raadzaam om de milieuprestatie af te spreken.

De gemeente kan er ook voor kiezen om wel een aanbestedingsprocedure te starten. Ecofys raadt aan om de markt met een voorstel voor een concept te laten komen die voldoet aan een bepaalde milieueis zodat daar de financieel gunstigste aanbieder uit gekozen kan worden. Mengvormen tussen bodemwarmtewisselaars met centraal opgestelde warmtepompen zijn bijvoorbeeld mogelijk.

7.1 Aanbestedingsprocedure

Indien de keuze valt op het doorlopen van een aanbestedingsprocedure zullen de volgende stappen doorlopen moeten worden:

- 1 Bodemgeschiktheid voor WKO en bodemwarmtewisselaars
Naar aanleiding van een eerste quickscan lijkt de ondergrond geschikt te zijn voor beide systemen. Ook naar aanleiding met de ervaringen in De Graafschap te Biddinghuizen zal een proefboring voor WKO ter plekke de ondergrond exact in kaart moeten brengen, waarbij gekeken wordt naar de opbouw van de bodemlagen, de zoet-zout-grens, de temperatuur van het grondwater, eventuele vervuiling en de redox-grens.
- 2 Vaststellen procedure aanbesteding
De gemeente zal in samenspraak met de ontwikkelaars moeten bepalen welke vorm van aanbesteding zij wil volgen: openbaar of niet openbaar, eventueel met voorselectie.
- 3 Voorbereiden tenderdocumenten
 - a. In geval van een aanbestedingsprocedure met voorselectie zal een **selectieleidraad** opgesteld moeten worden. Het doel hiervan is om partijen te selecteren die de uiteindelijke aanbesteding in gaan.
 - b. Een **tenderdocument** moet opgesteld worden met daarin de informatie waarop de aanbidding te doen is. De volgende zaken komen daarin aan de orde:
 - Vraagstelling.
 - Beschrijving project inclusief fasering.
 - Eisen en randvoorwaarden.
 - Energievragen.
 - Tariefstelling.
 - Indexatie van de tarieven.
 - Contractvoorwaarden.
 - Beschrijving gunningprocedure.
- 4 Aanschrijven marktpartijen of plaatsing op de aanbestedingskalender
- 5 Beantwoorden vragen marktpartijen in **Nota van Inlichtingen**
- 6 Beoordelingen aanbiedingen en selectie vooraf zijn heldere selectiecriteria opgesteld, waaronder:
 - a. financiële criteria - bijvoorbeeld hoogte BAK, indexering tarieven
 - b. milieucriteria - bijvoorbeeld CO₂ reductie, besparing tov referentie
 - c. kwaliteit - bijvoorbeeld functioneren, visie dienstverlening.

7 Go / No Go beslissing

Op basis van de aanbiedingen kan de gemeente beslissen om wel of niet door te gaan met het proces

8 Contractonderhandelingen

9 Realisatie energieconcept door de partij die geselecteerd is.

Een aanbestedingsprocedure zal minimaal 4 maanden in beslag nemen, vanaf publicatie van de voorgenomen opdracht.

Vergunningtraject

Naast deze aanbestedingsprocedure moet in geval van WKO ook het vergunningentraject doorlopen worden, dit neemt ongeveer 8 maanden in beslag. Omdat de vergunning doorgaans wordt aangevraagd door de partij die de energievoorziening realiseert, en deze partij pas bekend is nadat het aanbestedingstraject is doorlopen, kost dit veel extra tijd. De planning is om Hoogkamer vanaf 2011 te ontwikkelen, zodat zo snel mogelijk gestart dient te worden om de aanbestedingsprocedure en het vergunningstraject op elkaar te laten volgen. Een deel van het proces kan parallel gedaan worden indien bekend is dat er inderdaad WKO aangelegd wordt.

8 Conclusies en aanbevelingen

Uit de resultaten blijkt dat als de gemeente haar energieambitie wil behalen de keuze voor het WKO concept met individuele warmtepompen de eerste keuze is. Hiervoor dient wel een haalbaarheidsstudie gedaan te worden, waarin meer specifiek de locaties van regeneratie en differentiatie binnen Hooghkamer onderzocht worden. Het houtpelletketel concept heeft naast praktische bezwaren ook het bezwaar dat het onderhoud relatief duur is, waardoor deze financieel eveneens de voorkeur niet geniet. Het concept met warmtepomp en collectieve WKO (of individuele bodemwarmtewisselaars) is een goede optie, die ook goed scoort op comfort omdat koeling integraal onderdeel is. Zoals beschreven is het mogelijk om voor dit concept een aanbestedingsprocedure in werking te zetten waarbij de markt de keuze maakt voor de ene of de andere vorm. Hiervoor is het noodzakelijk een prestatie-eis op bijvoorbeeld CO₂ vast te stellen als uitgangspunt. Indien de individualiteit hoog gewaardeerd wordt, dan ligt een keuze voor individuele warmtepompen met individuele bodemwarmtewisselaars het meest voor de hand. Meer specifiek gelden de volgende conclusies:

- De keuze valt op collectieve WKO met individuele warmtepompen
 - In tijdvakken II en III geldt nagenoeg geen meerinvestering
 - Het is een bewezen techniek
 - Woonlasten zijn gelijk aan de referentie
 - Extra comfort door koeling
- Organisatorisch wordt volledige uitbesteding aanbevolen
- Het vervolg ziet er als volgt uit:
 - Proefboring grond
 - Collectief bronnensysteem (evt. met warmtepompen) in concurrentie aanbieden
 - Voorbereiden tenderprocedure
 - Go / No Go
 - Realisatie

Verder raadt Ecofys de gemeente en de ontwikkelaars het volgende aan:

- 1** Maak een keuze om geen gas te leveren in de wijk. Gas is moeilijker te vergroenen dan elektriciteit en daarnaast is de verwachting dat, mede daarom, de gasprijs harder zal stijgen dan de elektriciteitsprijs. Leg deze keuze vast in de bouwverordening en bij gronduitgifte.
- 2** Laat de mogelijkheid van collectieve WKO met individuele warmtepompen uitzoeken in een haalbaarheidsstudie.
- 3** Maak de keuze voor outsourcing. Eventueel kan dit proces parallel lopen met de haalbaarheidsstudie in stap 2 als dat in de planning mogelijk is.

- 4 Eenmaal gekozen voor outsourcing, laat dan de markt bepalen welk concept meer kans van slagen heeft, het WKO concept of een hybride variant, waarin bijvoorbeeld een gedeelte van Hooghkamer wordt uitgerust met individuele bodemwarmtewisselaars en de rest met een collectief opslagsysteem via een aanbestedingsprocedure.

Het is belangrijk dat vastgelegd wordt aan welke milieueisen het systeem moet voldoen. Hiertoe zullen heldere prestatie-eisen opgesteld moeten worden. Omdat de gemeente geen mogelijkheid heeft om deze eisen af te dwingen, is het belangrijk om goed te informeren en na te denken over stimuleringsmogelijkheden.

Bijlage A Afkortingen

Algemene afkortingen

BWW	Bodem Warmte Wisselaar - Gesloten bronnen systeem, ook gebruikt voor warmtewisselaar met water
DWTW	Douchewater warmte terugwinning
EIA	Energie Investeringsaftrek
EPC	Energie Prestatie Coëfficiënt
EPL	Energie Prestatie op Locatie
OEI	Optimale Energie Infrastructuur
MEP	Milieukwaliteit elektriciteitsproductie
PV panelen	Photovoltaic - Zonnepanelen
RWZI	Riool Water ZuiveringsInstallatie
SDE	Stimulering Duurzame Energieproductie
WKK	Warmte Kracht Koppeling - gelijktijdige opwekking van warmte en elektriciteit
WKO	Warmte Koude Opslag - Open bronnen systeem
WTW	Warmte terugwinning

Bijlage B Vloerbedekking bij vloerverwarming

In onderstaande tabel staat voor verschillende soorten vloerbedekking of deze toepasbaar zijn in combinatie met vloerverwarming. Als uitgangspunt geldt dat de warmteweerstand minder moet zijn dan $13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

Type vloerafwerking	Geschiktheid
Natuursteen	Altijd toepasbaar
Tegels, siergrind	Altijd toepasbaar
Linoleum, marmoleum	Altijd toepasbaar
Zeil, laminaat	Altijd toepasbaar, maar alleen als gelijmd aan de vloer
Tapijt(tegels)	Over het algemeen toepasbaar, met uitzondering van hoogpolig tapijt of tapijt met foamrug
Hout, parket	Over het algemeen toepasbaar, met uitzondering van parket van zacht hout (vuren, beuk en berk). Lange planken zijn niet toepasbaar
Kurk	Niet toepasbaar

Bijlage C Warmtepompen

De temperatuur van de energie die aan de ondergrond wordt onttrokken (circa 11°C) is te laag om te voorzien in ruimteverwarming en warm tapwater bereiding (> 60 °C vanwege legionellapreventie). Daarom wordt met behulp van een warmtepomp de temperatuur naar de gewenste temperatuur "gepompt".

Het opwaarderen van de temperatuur kan zowel centraal gebeuren door middel van een collectieve warmtepomp als decentraal door individuele warmtepompen in iedere woning/voorziening.

In een individueel warmtepompconcept is iedere aansluiting voorzien van een eigen warmtepomp. De individuele (combi)warmtepomp "pompt" de lage temperatuur warmte dan ter plaatse naar het gewenste temperatuurniveau. Een individuele warmtepomp levert zowel warmte voor ruimteverwarming als voor warm tapwater. Doordat energie met een lage temperatuur (grondwatertemperatuur) via het distributienet wordt getransporteerd, zijn de warmteverliezen beperkt. Doordat alle warmte met behulp van de elektrische warmtepomp wordt geleverd is geen gasaansluiting en daarom ook geen schoorsteen nodig.

In een collectief warmtepompconcept wordt in een centrale technische ruimte de temperatuur naar het gewenste temperatuurniveau "gepompt". Het grootste deel van de warmtevraag wordt geleverd door de collectieve warmtepomp. Daarnaast staat vaak een collectieve gasketel (of andere voorziening) opgesteld om het piekvermogen aan warmte te leveren. In een woningbouwproject wordt op deze manier ca. 70-80% van de warmtebehoefte geleverd door de warmtepomp, het resterende deel van 30-20% door de gasketel. De combinatie van warmtepomp en CV ketel wordt vaak vanuit economisch oogpunt zo gekozen: de warmtepomp (inclusief bron) is voordelig in de exploitatie maar relatief duur in de aanschaf, de ketel daarentegen is goedkoper in aanschaf en duurder in exploitatie.

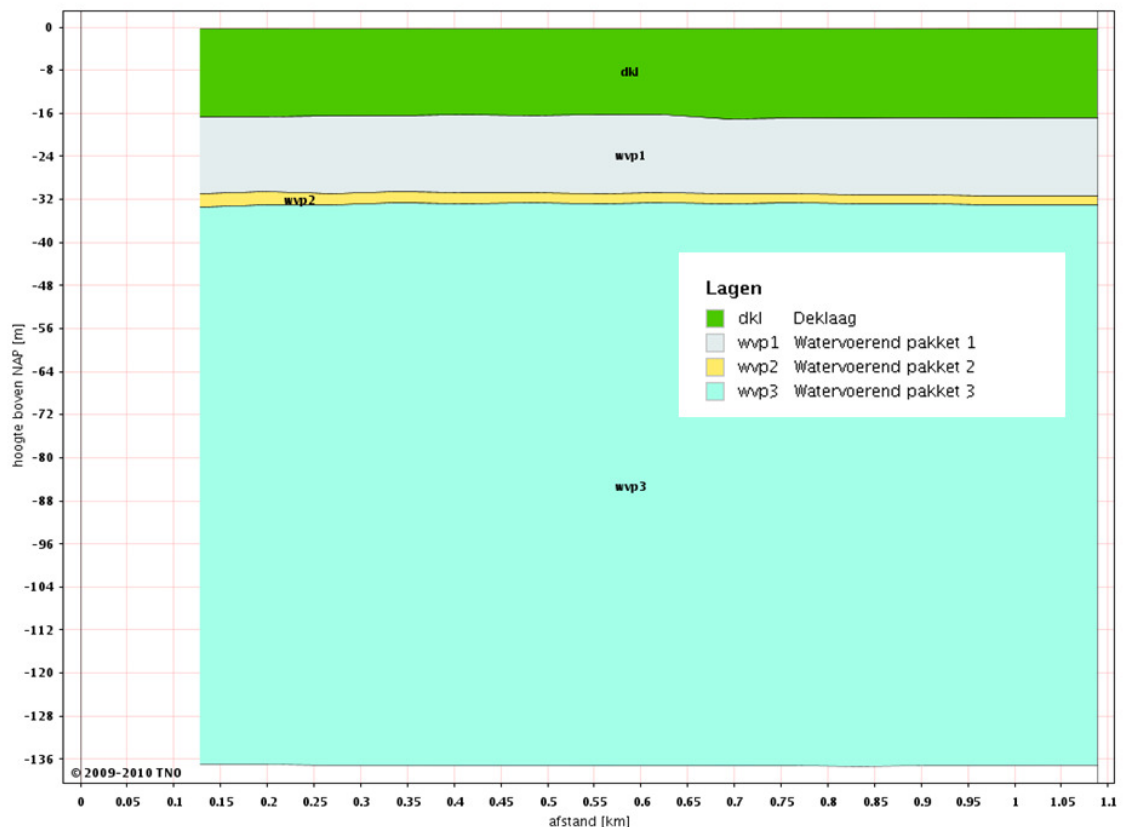
Via een geïsoleerd distributienet wordt de warmte naar de afleverset op iedere aansluiting getransporteerd. Afhankelijk van het ontwerp van het systeem bestaat dit net uit 5 of 6 leidingen:

- een aanvoer en retourleiding voor de ruimteverwarming;
- een aanvoer en retourleiding voor het warme tapwater;
- een aanvoer en retourleiding voor de levering van koude.

De totale investeringskosten in een collectief concept zijn lager dan die van het concept met individuele warmtepompen. Omdat bij het collectieve concept de kosten van een geïsoleerd distributienet (met name van warm tapwater) hoog zijn, en de warmteverliezen relatief groot, is de bebouwingsdichtheid van belang. Wanneer het distributienet (lengte geïsoleerde leidingen) beperkt kunnen blijven (en daarmee de thermische verliezen) verdient een collectief warmtepompconcept de voorkeur.

Bijlage D Bodemgeschiktheid Duurzaam Hoogkamer

Het is mogelijk om een snelle indruk te krijgen van de ondergrond ter plaatse van de projectlocatie door middel van REGIS. Onderstaande figuren zijn allemaal afkomstig uit dit pakket. Het geohydrologische model van de Provincie Noord-Holland laat zien dat er 1 groot watervoerend pakket is (van 35 tot 140 m diepte); hieronder aangegeven in het lichtblauw (WVP3).



Figuur D - 1 Geohydrologisch model, Provincie Noord-Holland

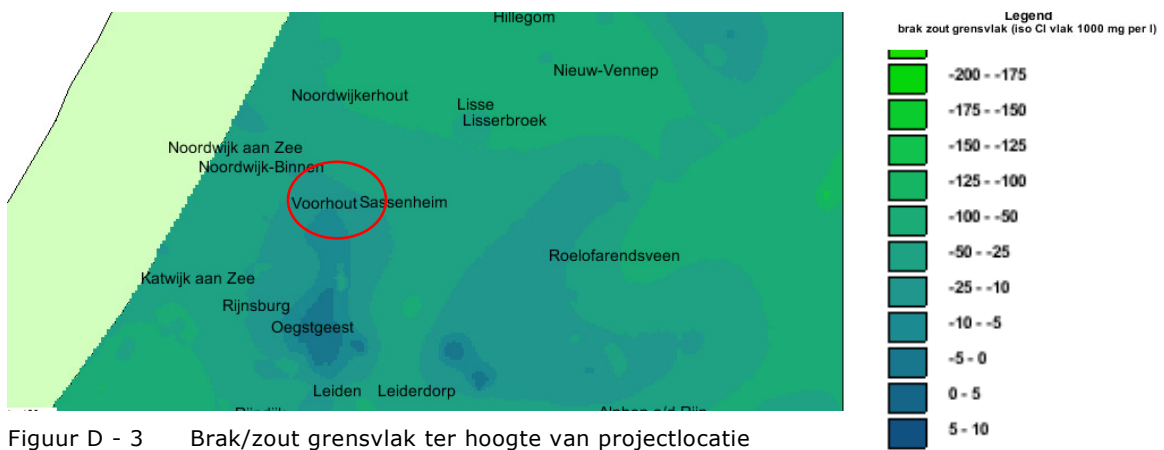
Voor dit pakket is het mogelijk om ter plekke van de projectlocatie te kijken wat de dikte is en wat de transmissiviteit. Dit laatste is een maat voor het gemak waarmee het water onttrokken kan worden. In figuren D - 2 en D - 3 zijn beide waarden weergegeven en samengevat in onderstaande tabel. Deze waarde zijn gunstig voor warmte-/ koudeopslag.

Watervoerend pakket	Dikte (m)	Transmissiviteit (m ² /d)
3	90 - 100	1000 - 1500



Figuur D - 2 Transmissiviteit van WVP3 ter hoogte van de projectlocatie (rode lijn)

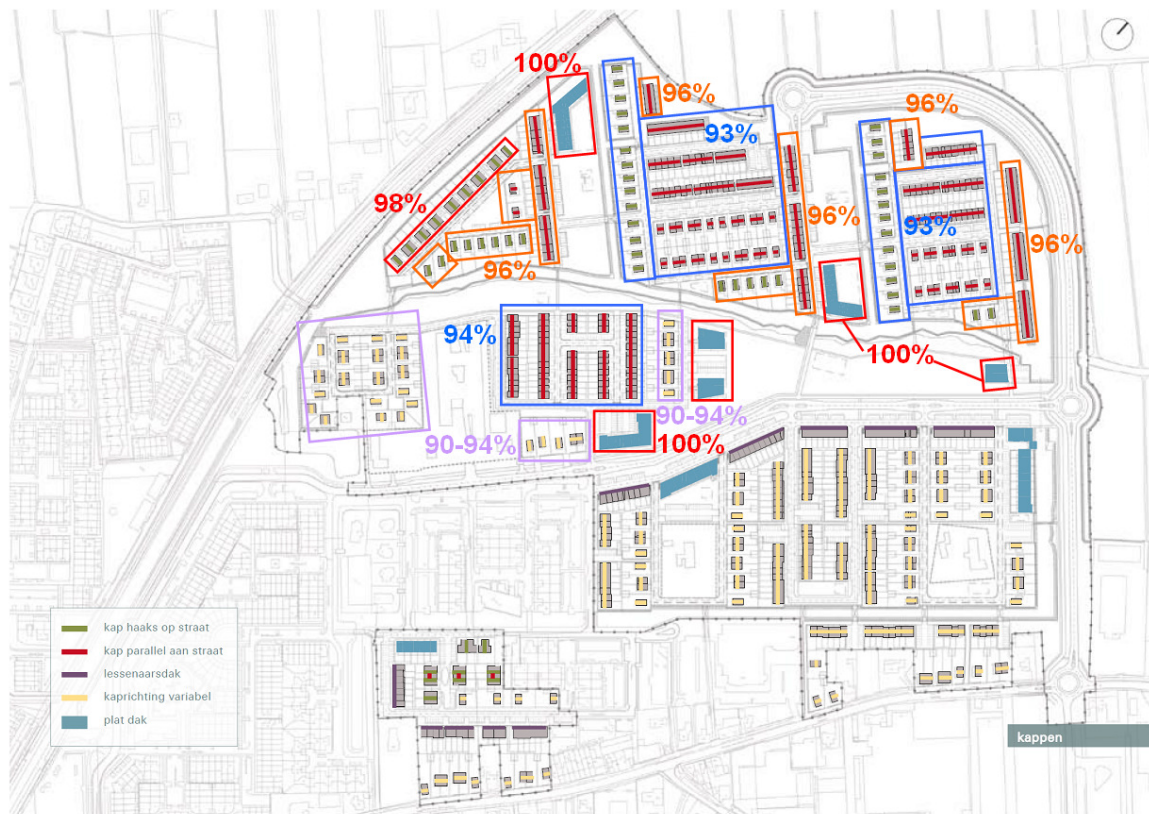
De brak/zoutgrens is circa -25 tot -10 m onder NAP, wat gunstig is in dit geval, aangezien WVP3 begint op een diepte van circa 35 m.



Figuur D - 3 Brak/zout grensvlak ter hoogte van projectlocatie

Bijlage E Zonnepanelen

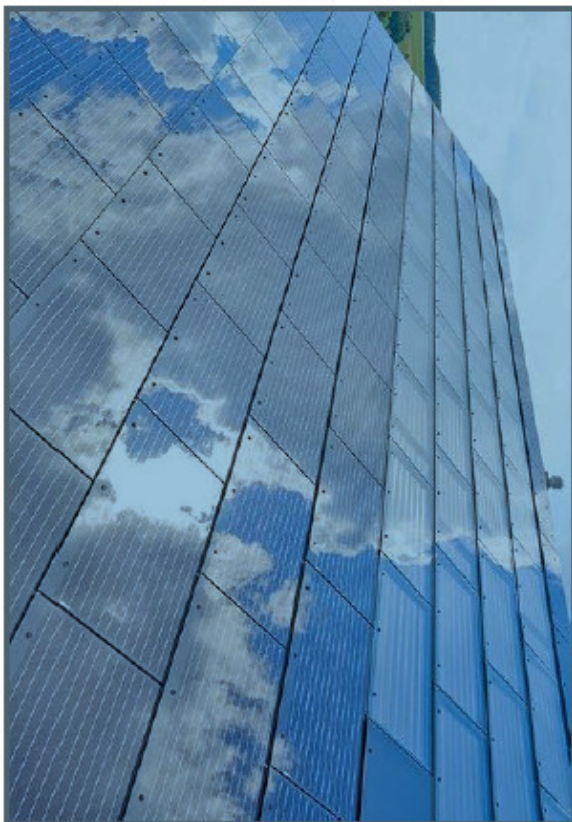
Onderstaand figuur geeft een idee van het verlies in opbrengst als gevolg van oriëntatie van de daken op de zonnestand. De mindere opbrengst lijkt voor de meeste woningen beperkt.

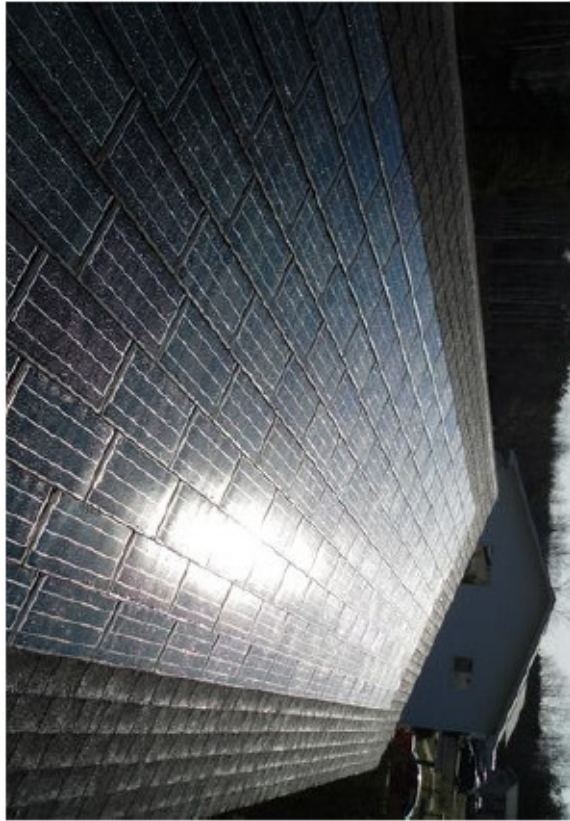


Onderstaande tabel geeft aan hoeveel m² benodigd is voor welke type woning bij toepassing van een bepaald energieconcept. Duidelijk is dat bij toepassing van de houtketel, zonnepanelen pas nodig zijn bij woningen die gebouwd worden in tijdvak III.

m ²	Gas referentie			Gas casco+			Houtketel			WKO-indWP		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Tussenwoning	6.7	16.6	36.5	1.8	11.8	31.7	0	0	12.5	0	6.2	26.1
2-onder-1-kap	11.5	24.4	50.1	2.8	15.7	41.4	0	0	15.3	0	9.5	35.2
Vrijstaand	15	30.4	61.2	2.3	17.7	48.4	0	0	18.8	0	11.6	42.4
Appartement	7.3	15.7	32.6	3.3	11.7	28.6	0	0	11.7	0	6.3	23.1

Voorbeelden van dak-geïntegreerde toepassingen van zonnepanelen

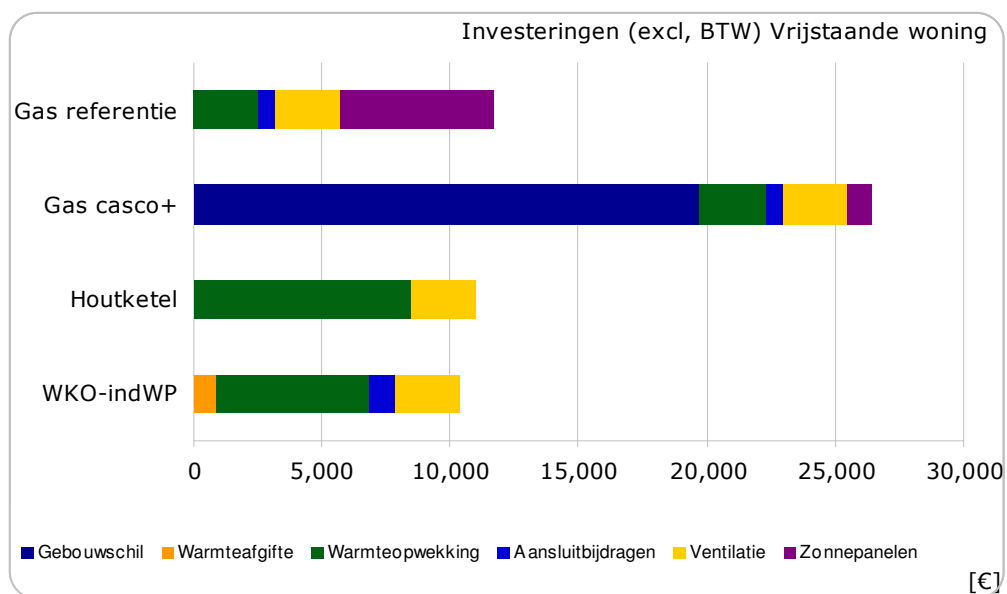
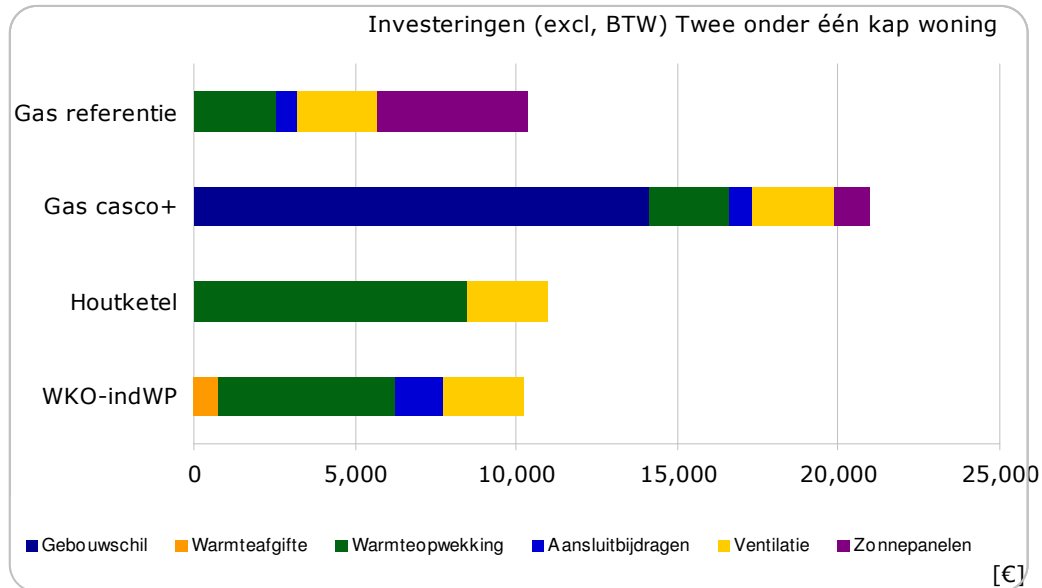


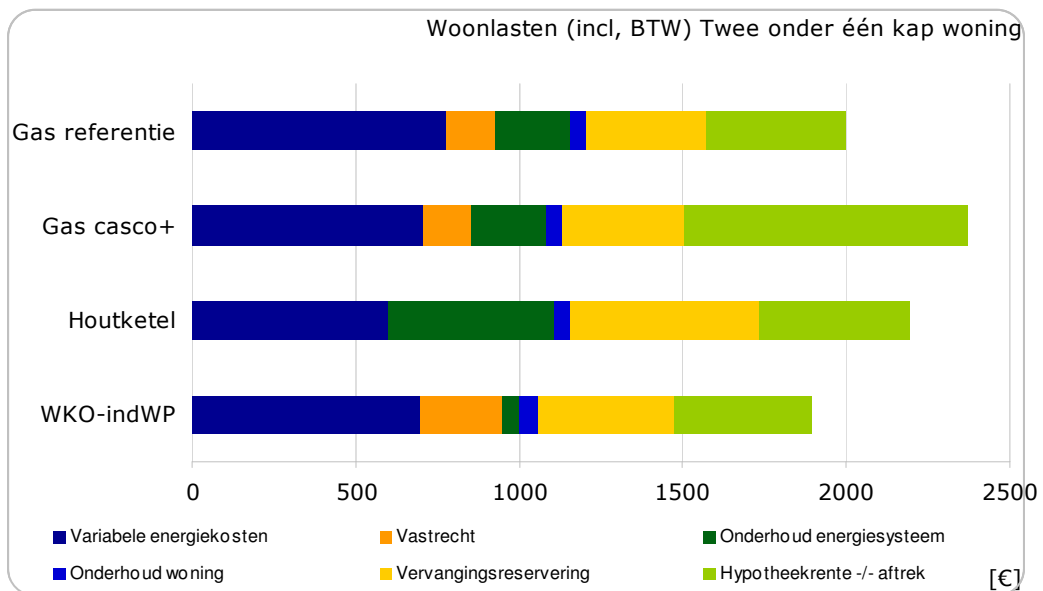
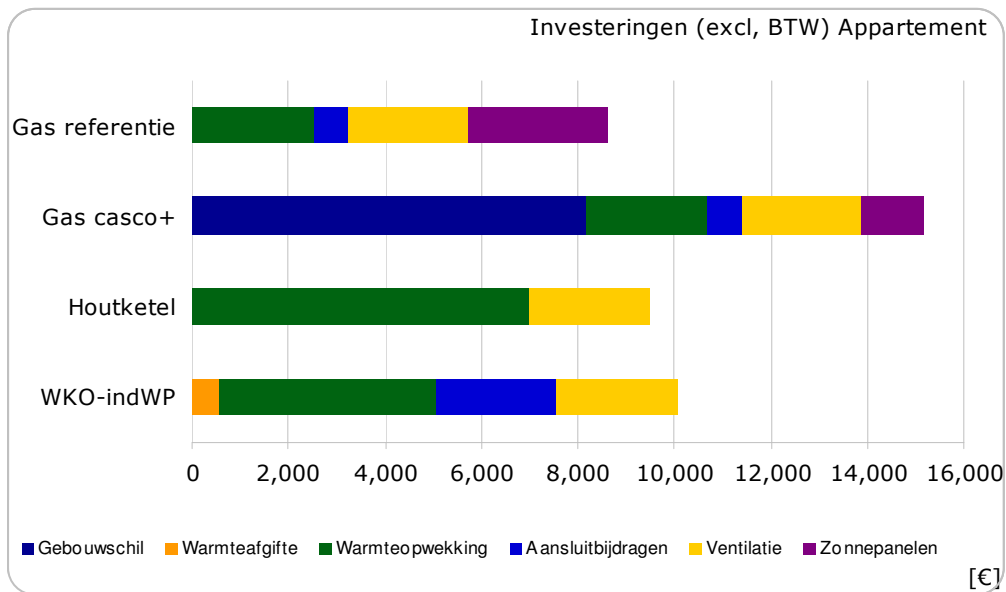


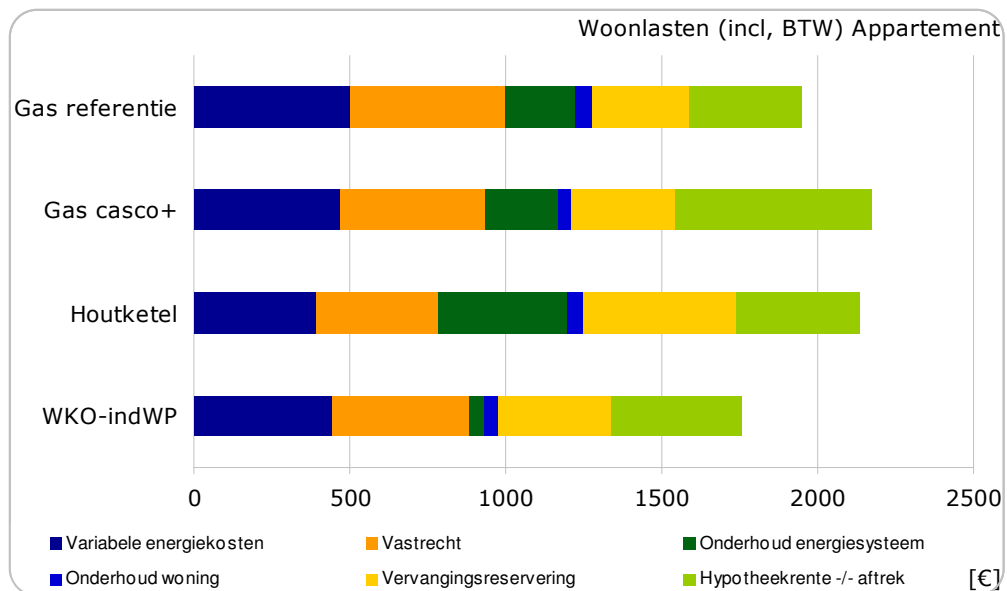
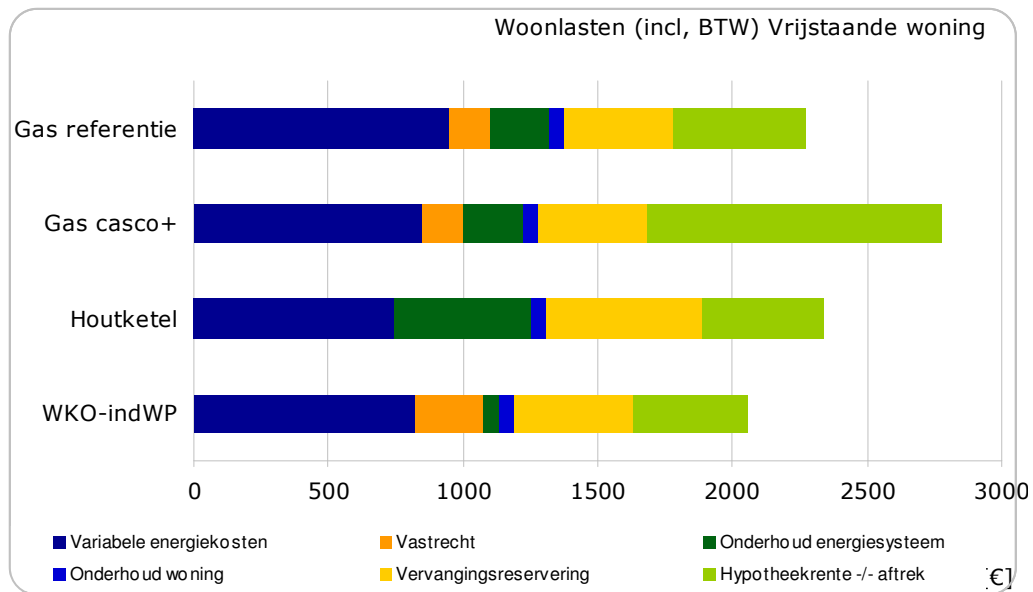
Bijlage F

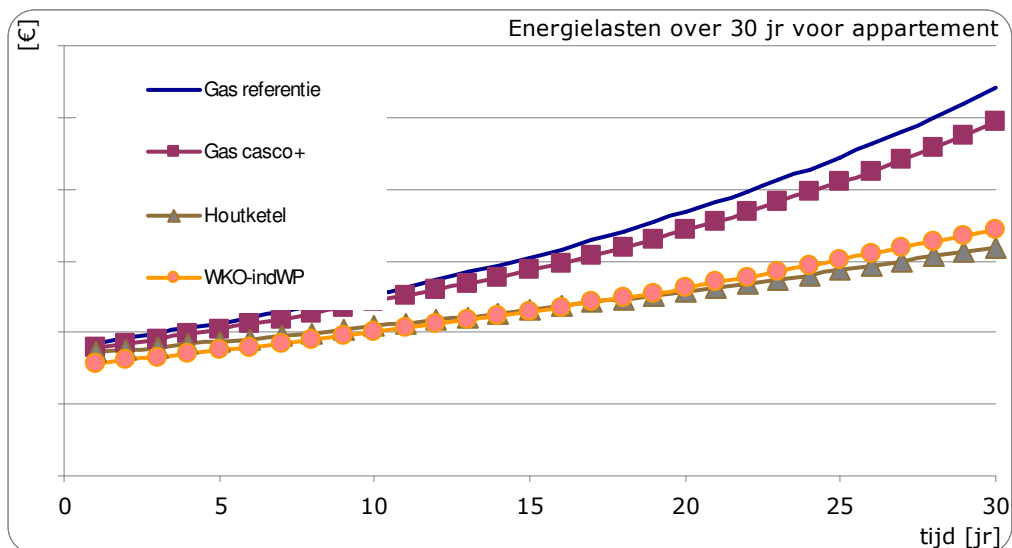
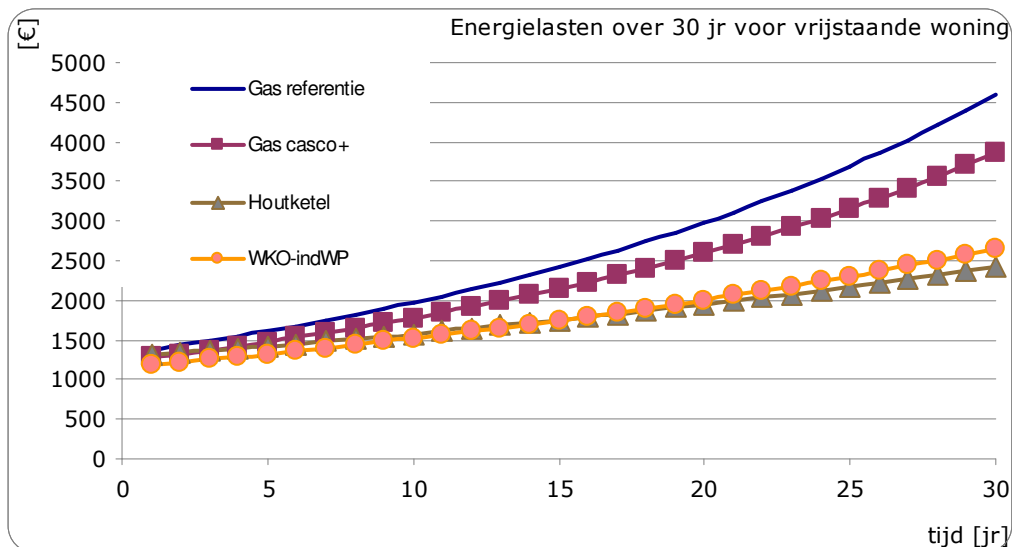
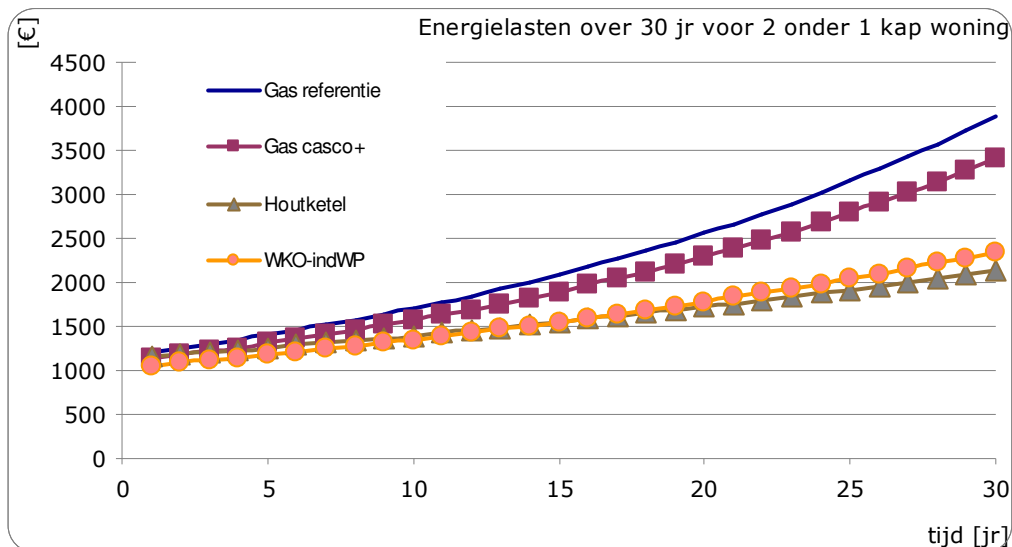
Figuren en tabellen overige woningtypen

Tijdvak I

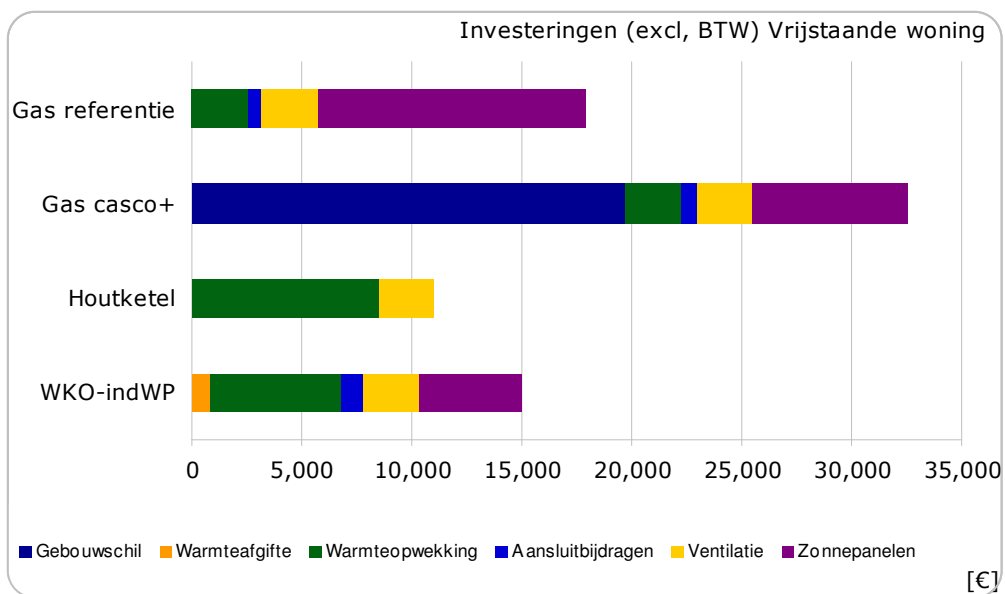
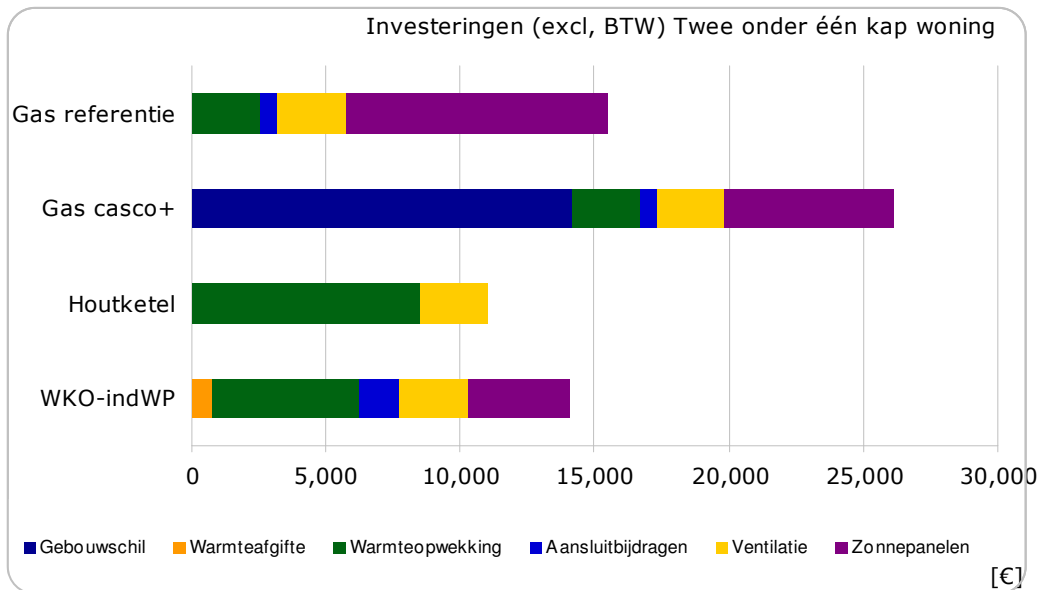


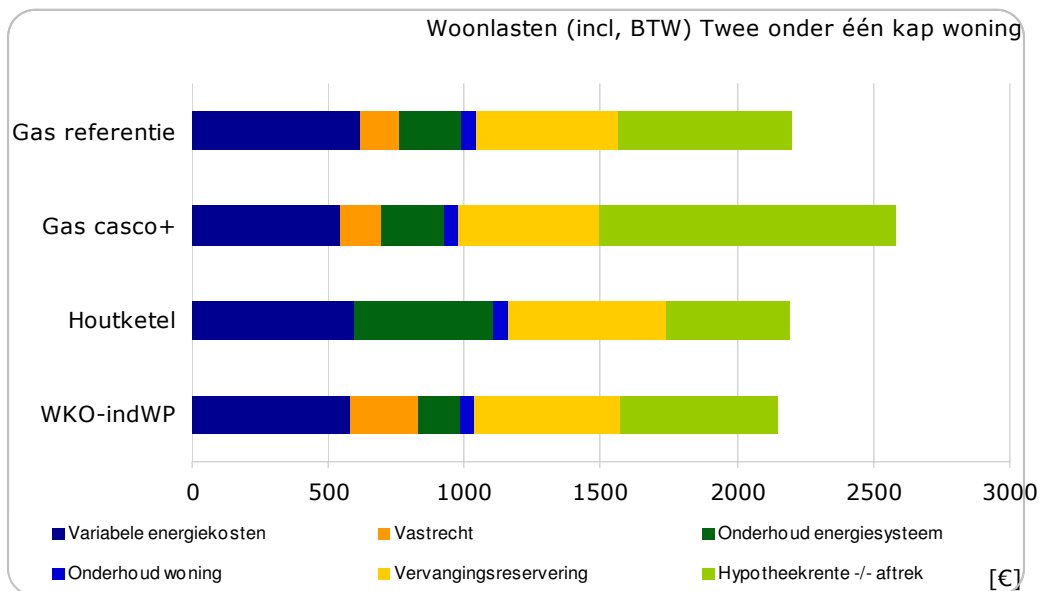
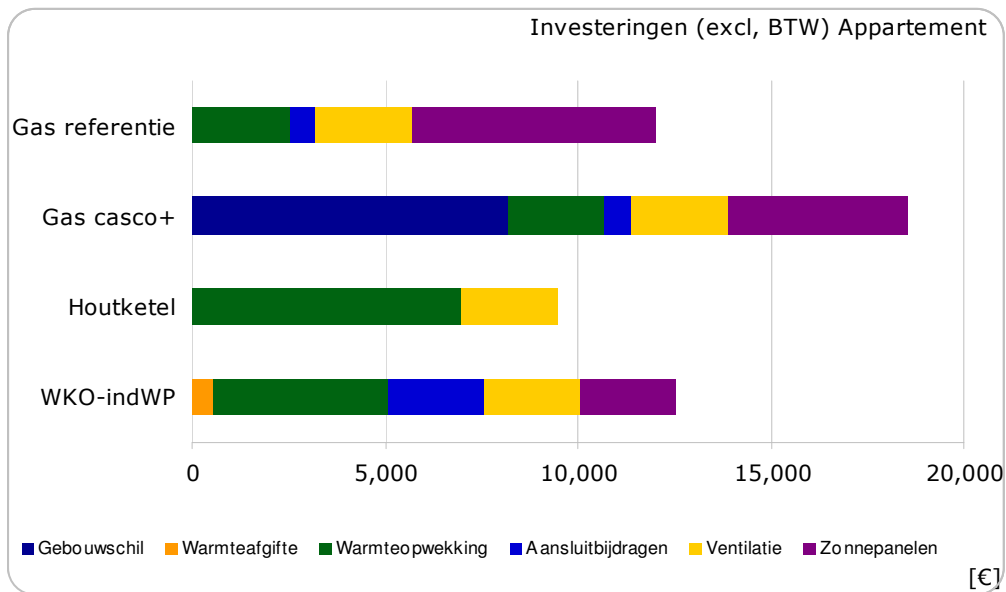


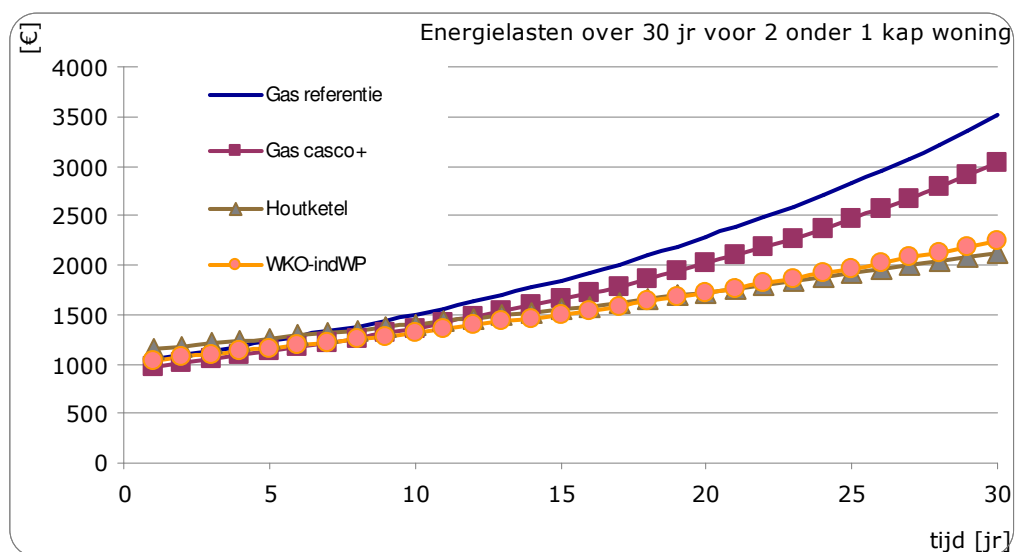
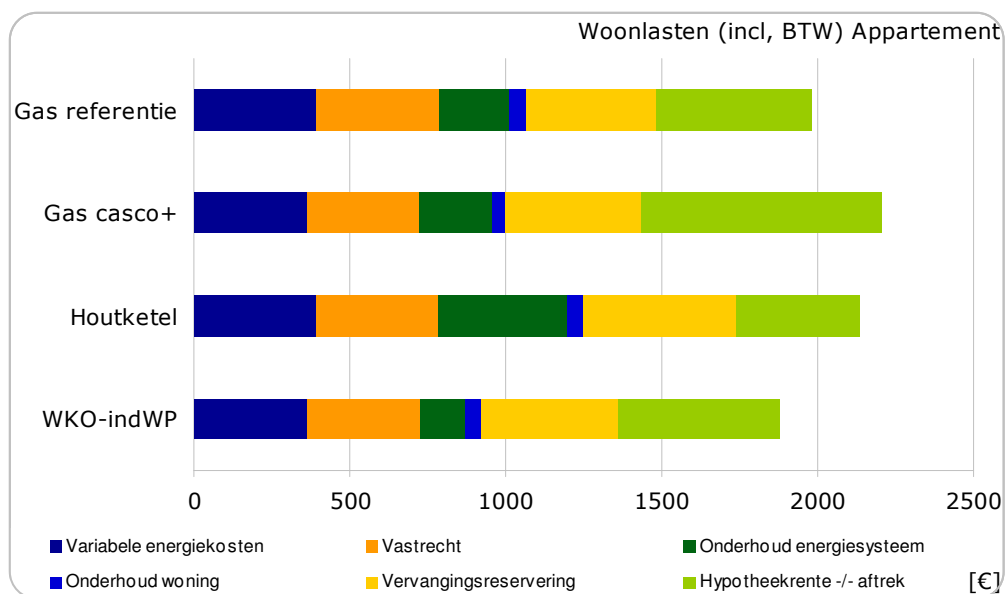
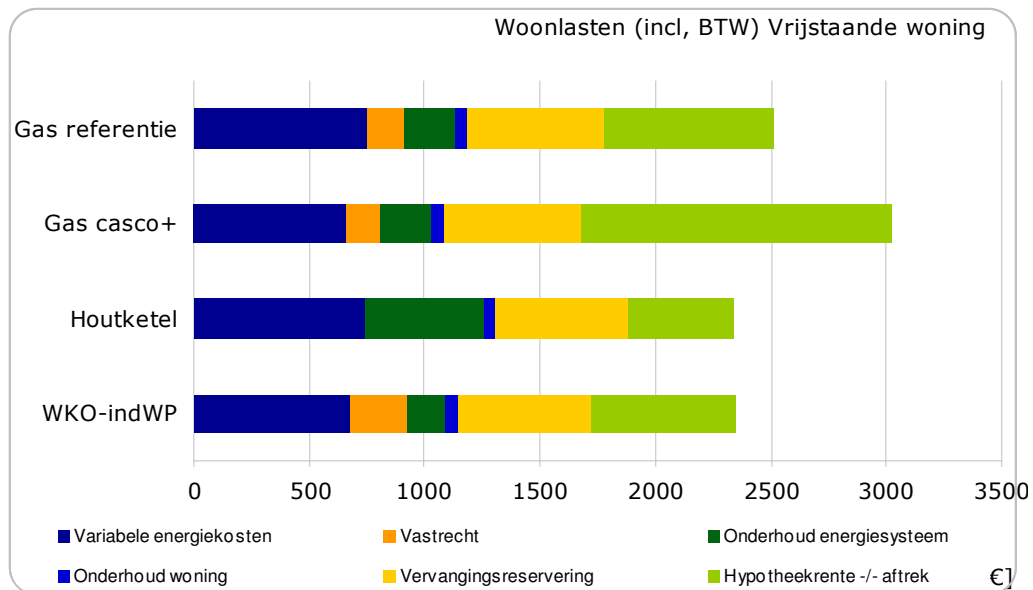


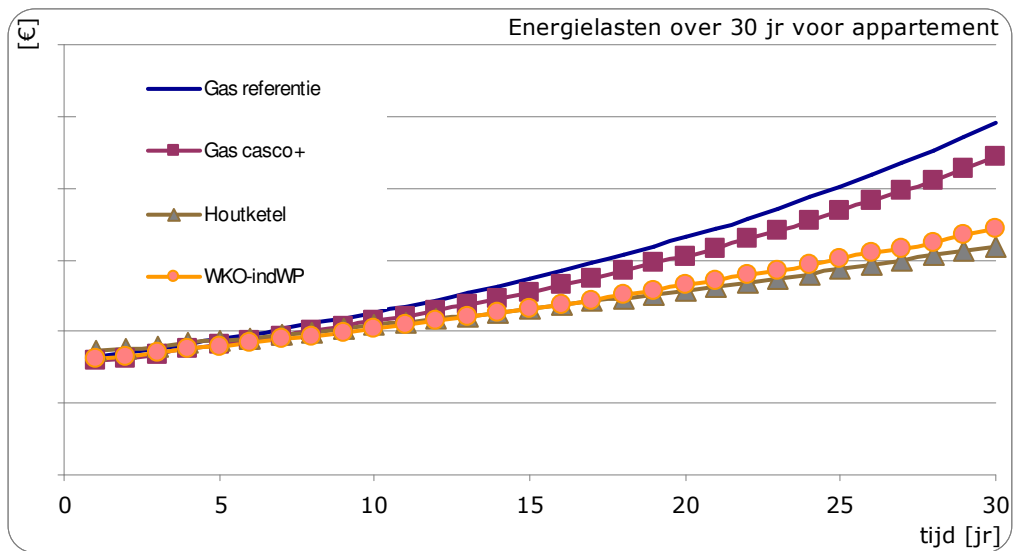
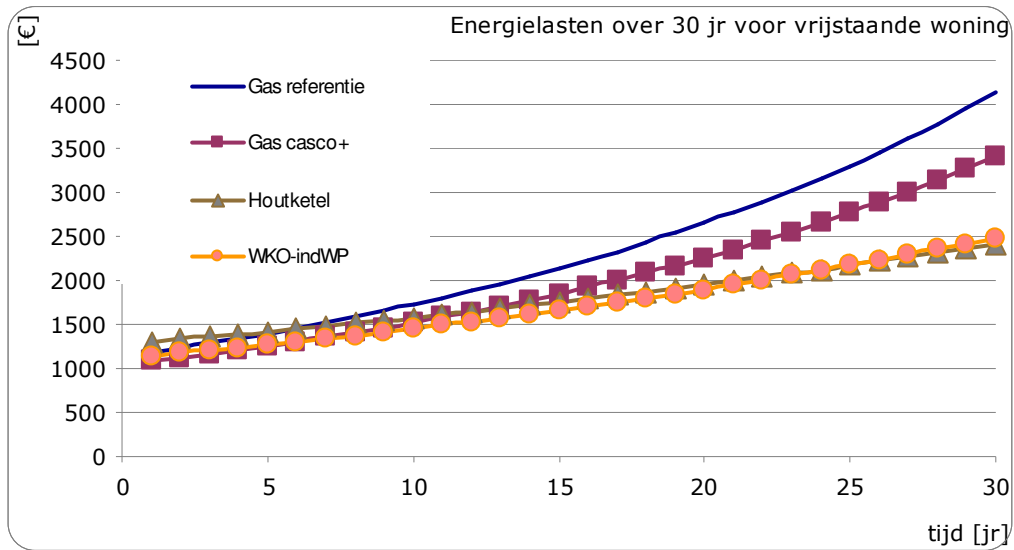


Tijdvak II









Tijdvak III

