

**ANRE-DEMONSTRATIEPROJECT:
BEJAARDENFLATS MET DOORGEDREVEN ISOLATIE,
CONDENSERENDE KETEL EN ZONNEBOILER BIJ
MOLSE BOUWMAATSCHAPPIJ, MOL**

Eindrapport

J. Desmedt, N. Robeyn en P. Jannis

Studie uitgevoerd in opdracht van ANRE

Vito

Augustus 2004

SAMENVATTING

In het kader van de bevordering van nieuwe energietechnologieën (KB van 10/02/1983) heeft de Vlaamse Gemeenschap aan de Molse bouwmaatschappij te Mol een investeringssubsidie toegekend van 16.543,67 € voor doorgedreven isolatie van bejaardenflats en een energiezuinige stookplaats met geïntegreerde zonneboiler.

Het project bestaat uit de bouw van 28 bejaardenflats en een ontmoetingsruimte in de Postelarenweg te Mol. In het project werd met volgende aandachtspunten rekening gehouden:

- doorgedreven isolatie van de buitenschil van de bejaardenflats;
- de keuze van een centrale energievriendelijke stookplaats met een condenserende en een hoogrendementsketel op aardgas;
- het gebruik van thermische zonnecollectoren voor de productie van sanitair warm water.

Vito voerde in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap een evaluatie van dit demonstratieproject uit. Gedurende een meetperiode van 1 jaar werden de energiestromen op kwartierbasis opgemeten en geregistreerd. Dit eindrapport beschrijft de meetresultaten van de maanden april 2002 tot en met maart 2003, de technische prestaties van de installatie, de bereikte besparing op primaire energie, de vermindering van de CO₂-emissie en de economische evaluatie van het project.

Gedurende de meetperiode werd in totaal 181.844 kWh/jaar (654,6 GJ/jaar) warmte geproduceerd door de condensatie- en de hoogrendementsketel. Het totaal jaarlijks aardgasverbruik bedroeg 21.934 m³ of 213.251 kWh/jaar (767,7 GJ_{ovw}/jaar). Dit geeft een specifiek jaarlijks aardgasverbruik van 11,4 m³/m² vloeroppervlakte of 111 kWh/m² (0,40 GJ/m²). Het gemiddeld waterzijdig rendement op de onderste verbrandingswaarde bedroeg 85,3%.

Tijdens de registratieperiode werd vastgesteld dat de parameters voor de cascadereregeling tussen de condensatie en de hoogrendementsketel niet optimaal ingesteld waren. De condenserende ketel condenseerde niet omwille van een te hoog ingestelde stooklijn en een te hoog ingestelde temperatuur in de ontmoetingsruimte. Verder schakelde de hoogrendementsketel te snel in bij een warmtevraag. Door Vito zijn een aantal parameters heringesteld zodat de installatie optimaler werkte.

Gedurende de registratieperiode werd 22.883 kWh/jaar (82,4 GJ/jaar, 67,8%) warmte door de ketels aan de voorraadboilers voor SWW toegevoerd en 10.867 kWh/jaar (39,1 GJ/jaar, 32,2%) door de zonnecollectoren. De totale warmte geleverd aan de voorraadboilers bedroeg 33.750 kWh/jaar (121,5 GJ/jaar) waarvan slechts 8.060 kWh/jaar (29,1 GJ/jaar, 23,9%) nuttig aangewend werd voor SWW, de rest is verlies. Het gemiddeld verlies door het rondpompen van het SWW bedraagt 3,5 kW. Vaak kan door isolatie van de SWW leidingen het verlies beperkt worden.

Het rendement van de zonnecollector bedroeg 26,2% en de dekkingsgraad 32,2%. Het gemiddelde specifieke kengetal voor de zonneboiler bedraagt 1,18 GJ geproduceerde warmte per m² collectoroppervlakte of 328,1 kWh/m² bij een gemiddelde buitentemperatuur van 11,5°C.

Van de totale warmtevraag van het project (192.711 kWh/jaar; 693,8 GJ/jaar) gaat 140.896 kWh/jaar (507,2 GJ/jaar, 73,2%) naar de verwarming van blok 1 & 2, 18.065 kWh/jaar (65,1 GJ/jaar, 9,3%) naar de verwarming van de ontmoetingsruimte en 33.750 kWh/jaar (121,5 GJ/jaar, 17,5%) naar het sanitair warm water. Van dit sanitair warm water wordt 22.883 kWh/jaar (82,4 GJ/jaar, 67,8%) door de ketels en 10.867 kWh/jaar (39,1 GJ/jaar, 32,2%) door de zonneboiler geproduceerd.

Het primair energieverbruik van de huidige installatie bedroeg 734 GJ/jaar. Indien we uitgaan van hetzelfde gebouw maar met een klassieke isolatie (K-55 isolatiepeil), een ketelrendement van 75% en zonder zonneboiler bekomen we een primair energieverbruik van 1.219 GJ/jaar. Dit betekent dus een besparing van 485 GJ/jaar (of 40%) in de huidige situatie ten opzichte van de referentiesituatie.

De CO₂-emissie van de huidige installatie bedroeg 40 ton/jaar. De CO₂-emissie in het klassiek gebouw met een klassieke ketel en geen zonneboiler zou 67 ton/jaar bedragen. Dit betekent dus een reductie van 27 ton/jaar CO₂ (of 40%).

De totale investeringen voor de extra isolatie, de extra kosten voor de condenserende ketel en de zonnecollectoren bedragen 60.653 € of 2.166 € per appartement (inclusief ontmoetingsruimte). Door toepassing van deze energiezuinige technieken wordt een aardgasbesparing van 485 GJ/jaar of 7.232 €/jaar bereikt. De besparing per appartement bedraagt 258 €/jaar/appartement. We bekomen een terugverdientijd van 8,4 jaar zonder subsidie. Indien de subsidie mee in rekening gebracht wordt, dan bedraagt de terugverdientijd 6,1 jaar.

Uit de meetresultaten kunnen we besluiten dat zowel de condenserende ketel als de zonnecollectoren goed functioneren en bijdragen tot een energiezuinige stookplaats. De bewoners van de bejaardenflats genieten hierdoor van een lage energierekening.

INHOUD

1	INLEIDING	5
2	TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE.....	6
2.1	<i>Omschrijving van de installatie</i>	6
2.2	<i>Inplantingschema.....</i>	9
3	METING EN REGISTRATIE VAN DE ENERGIESTROMEN.....	11
3.1	<i>Overzicht van de metingen.....</i>	11
4	TECHNISCHE EVALUATIE.....	13
4.1	<i>Ketels</i>	13
4.2	<i>Thermische zonnepanelen en sanitair warm waterverbruik.....</i>	17
4.3	<i>Overzicht.....</i>	23
4.4	<i>Evaluatie verwarmingsverbruik door extra isolatie</i>	24
5	PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO₂-REDUCTIE.....	25
6	ECONOMISCHE EVALUATIE	27
7	MENING VAN DE EIGENAAR	28
8	BESLUIT.....	31
	Bijlage 1: Samenvatting resultaten.....	33
	Bijlage 2: Verband tussen T* en rendement zonnecollector IZEN	35

1 INLEIDING

In het kader van de bevordering van nieuwe energietechnologieën (KB van 10/02/1983) heeft de Vlaamse Gemeenschap aan de Molse bouwmaatschappij te Mol een investeringssubsidie van 16.543,67 € toegekend voor doorgedreven isolatie van bejaardenflats en een energiezuinige stookplaats met geïntegreerde zonneboiler. De Molse Bouwmaatschappij is werkzaam in de sociale woningsector in de Kempen sinds 1922 en erkend door de Vlaamse Huisvestigingsmaatschappij (VHM). Zij bezit sociale woningen gelegen in de straten Egelsvennen, Bosveld, Kerkelanden, Keirlandse zillen, ... te Mol.

Het project bestaat uit de bouw van 28 bejaardenflats (verdeeld over 2 losstaande blokken van 14 flats) en een ontmoetingsruimte in de Postelarenweg te Mol. In het project werd met volgende aandachtspunten rekening gehouden:

- doorgedreven isolatie van de buitenschil van de bejaardenflats;
- de keuze van een centrale energievriendelijke stookplaats met condenserende en hoogrendementsketel op aardgas;
- het gebruik van thermische zonnecollectoren voor de productie van sanitair warm water.

Vito voerde in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse Gemeenschap een evaluatie van dit demonstratieproject uit. Gedurende een meetperiode van 1 jaar werden de energiestromen op kwartierbasis opgemeten en geregistreerd. De eerste meetmaand was april 2002. Dit eindrapport beschrijft de meetresultaten van de maanden april tot en met maart 2003, de technische prestaties van de installatie, de bereikte besparing op primaire energie, de vermindering van de CO₂-emissie en de economische evaluatie van het project.

In dit eindrapport wordt in hoofdstuk 2 een technische beschrijving van de installatie gegeven. In hoofdstuk 3 wordt de meetprocedure beschreven en in hoofdstuk 4 worden de meetresultaten geanalyseerd. Vervolgens wordt in hoofdstuk 5 de besparing op primaire energie en de CO₂ reductie berekend. In hoofdstuk 6 wordt een economische evaluatie weergegeven en tenslotte wordt in hoofdstuk 7 een besluit geformuleerd.

Het project werd ontworpen door het architectenbureau p.ed uit Oud-Turnhout en studiebureau J. Daenen uit Leuven voor de verwarmingsinstallatie. De centrale verwarmingsinstallatie werd geplaatst door de installateur L. Vermaelen uit Stabroek.

2 TECHNISCHE BESCHRIJVING VAN DE INSTALLATIE

2.1 Omschrijving van de installatie

Figuur 1 geeft een schematische weergave van de verwarmings- en zonneboilerinstallatie voor de bejaardenflats.

Voor de bejaardenflats (2 * 14 flats, totale vloeroppervlakte: 1.804 m²) en de ontmoetingsruimte (totale vloeroppervlakte: 117 m²) werd gekozen voor één centrale stookplaats die in verwarming en sanitair warm water voorziet. De energiezuinige stookplaats bestaat uit de integratie van een condenserende aardgasketel met een vermogen van 122 kW (Viesmann) en een hoogrendementsketel op aardgas met een vermogen van 122 kW en 33 m² thermische vlakkeplaatcollectoren (IZEN) met 2 voorraadboilers van 800 liter.

De geproduceerde warmte van de ketels wordt geleverd aan een collector met 4 distributieleidingen (2 kringen voor de verwarming van bejaardenflats, 1 voor de verwarming van de ontmoetingsruimte en 1 voor sanitair warm water). Via een spiraalvormige buis in de voorraadboilers wordt de warmte van de ketels overgedragen naar het sanitair warm water (SWW).

Voor de productie van SWW wordt tevens gebruikt gemaakt van thermische vlakkeplaat zonnepanelen met leegloopsysteem (12 vlakke plaatcollectoren van 3 m² totale oppervlakte, nuttige oppervlakte 33,1 m²) geplaatst op het dak van de ontmoetingsruimte. De zonnepanelen zijn geplaatst onder een hoek van 35° en zuid/west georiënteerd (235°). De warmte van de zonnecollectoren wordt via een spiraalvormige buis opgeslagen in dezelfde voorraadboilers. De spiraalvormige buis van de zonnepanelen bevindt zich in het onderste gedeelte van de voorraadboilers. Deze van de ketels bevindt zich in het bovenste gedeelte. Het SWW wordt via een ringleiding vanuit de voorraadboilers en over een 4-weg mengkraan naar de verschillende gebruikers rondgepompt.

De circulatiepompen van de zonneboiler draaien enkel indien de temperatuur gemeten in de zonnecollector (op het hoogste punt van de zonnecollector) 10°C hoger is dan de temperatuur in de voorraadboilers. Indien het temperatuursverschil lager is dan 2°C, dan worden de circulatiepompen uitgeschakeld.

In het project werd een energiebeheersysteem (Siemens) geplaatst. Het energiebeheerssysteem biedt de mogelijkheid van individuele regeling van de binnentemperatuur en individuele afrekening van het energieverbruik (elektriciteit, verwarming en SWW). Per flat werd een calorimeter (verwarming) en een debietmeter (sanitair warm water) voorzien.

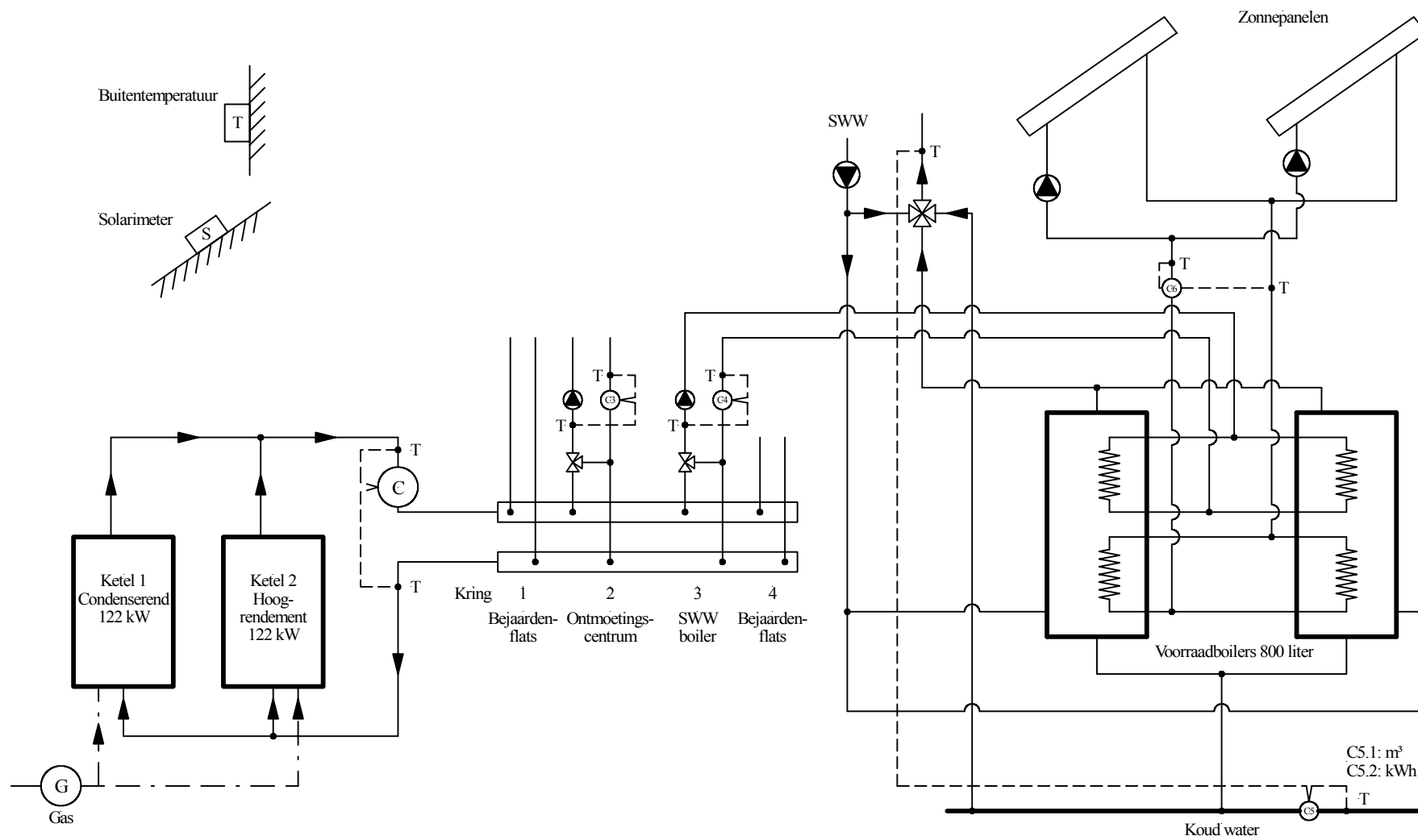
Tabel 1 geeft een samenstelling van de bouwdeelen van het project weer. In het ontwerp werd 20 cm rotswol voorzien op het dak, 8 cm polystyreen (PS) voor de vloeren en verbeterd dubbel glas voor de vensters. Hoe hoger (lager) de compactheid van een gebouw

hoe lager (hoger) het energieverbruik voor verwarming. De gemiddelde warmtedoorgangscoefficiënt en de compactheid van een gebouw worden samengebracht in het peil van globale warmte-isolatie (= K-peil). Hoe beter de isolatiegraad en de compactheid hoe lager het K-peil en omgekeerd. Op dit moment bedraagt het wettelijk vereiste K-peil voor eengezinswoningen (!) K55. Voor bejaardenflats is er op dit moment geen regelgeving en dus geen verplicht K-peil. De VHM hanteert echter voor sociale woningen een K-peil van K45. In het project bedraagt het K-peil van de bejaardenflats K40.

Tabel 1: Samenstelling bouwdelen flats Molse bouwmaatschappij

Bouwdeel	Um (W/m².K)	Materiaal
Buitenmuur	0,319	10 cm minerale wol
Scheidingsmuur	3,830	geen isolatie
Vloer op volle grond	0,295	8 cm PS
Hellend dak	0,169	20 cm rotswol
Buitendeur	2,33	-
Raam + vensters	2,71	aluminium met thermische onderbreking + verbeterd dubbel

Figuur 1: Schematische weergave van de installatie



2.2 Inplantingschema

Figuur 2 geeft een aantal foto's weer van de inplanting van de verschillende delen van de verwarmings- en zonneboilerinstallatie.

Figuur 2: Foto's van de installatie



Zicht op de voorgevel van blok 1



Zicht op de verwarmingskringen



Zicht op zonnepanelen geplaatst op het dak van de ontmoetingsruimte



Zicht op 2 buffervaten in de stookplaats

3 METING EN REGISTRATIE VAN DE ENERGIESTROMEN

3.1 Overzicht van de metingen

Tabel 2 geeft de benodigde energiemeters voor de evaluatie van het project weer. Alle energiemeters zijn ingebouwd tijdens de realisatie van het project. Vito heeft een datalogger, een zonne-instralingsmeter en verschillende temperatuursensoren toegevoegd (zie figuur 1).

De gegevens worden geregistreerd via een datalogger en aparte temperatuursensoren die door Vito zijn geplaatst. De gegevens van de datalogger worden om de 15 minuten opgeslagen en verwerkt naar uurlijkse meetwaarden. De gegevens van de temperatuursensoren worden om de 5 minuten opgeslagen en verwerkt naar uurlijkse meetwaarden. Deze gegevens worden maandelijks door Vito afgehaald en verwerkt.

Het aardgasverbruik van de ketels (meter G op figuur 1) wordt maandelijks genoteerd daar het technisch niet mogelijk was om de meetwaarden van de gasmeter uurlijks uit te lezen en op te slaan. Ook de meterstand van de warmte geleverd aan de ontmoetingsruimte (meter C3) wordt maandelijks genoteerd. Deze meetwaarden worden herrekend naar maandverbruiken op basis van het aantal dagen van de maand.

Tabel 2 : Benodigde energiemeters voor de evaluatie van het demonstratieproject “Molse bouwmaatschappij”

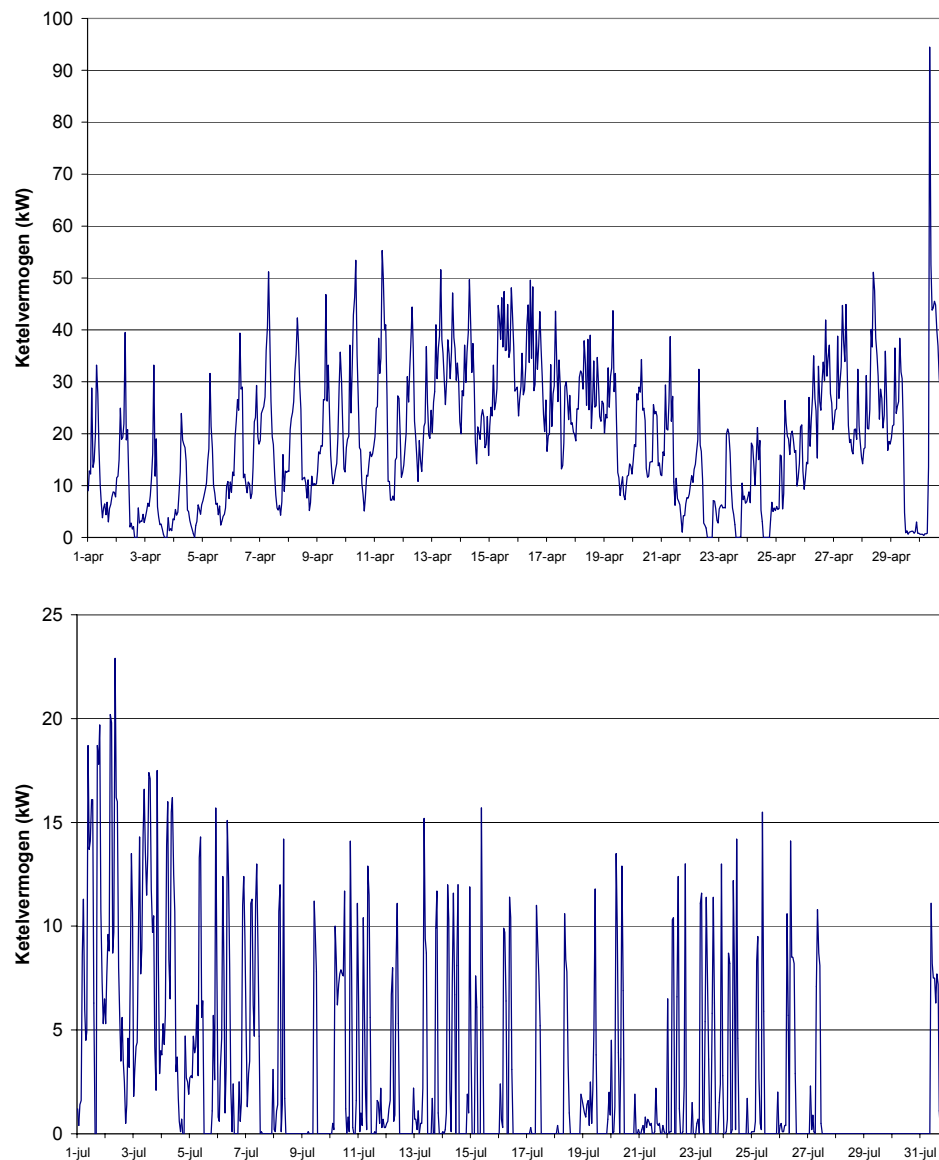
Nummer	Wat wordt gemeten?	Hoe wordt gemeten?	Leverancier meter	Plaatsing meter	Opmerkingen
G	Aardgasverbruik ketel 1 + ketel 2	Aardgasmeter	Electrabel	Aannemer CV	Maandelijks aflezen
C	Geproduceerde warmte ketel 1 + ketel 2	Debietmeter in watercircuit, temperatuursensor retour en vertrek ketel	Vito	Aannemer CV	
C3	Warmte ontmoetingscentrum	Debietmeter in watercircuit, temperatuursensor retour en vertrek	Landis&Staefa	Aannemer CV	Maandelijks aflezen
C4	Warmte aan sanitair warm waterkring via ketels	Debietmeter in watercircuit, temperatuursensor retour en vertrek	Landis&Staefa	Aannemer CV	
C5.1	Sanitair warm waterverbruik	Waterteller in sanitair warm watercircuit	Vito	Aannemer CV	
C5.2	Warmte aan sanitair warm waterkring via buffervat	Debietmeter in watercircuit, temperatuursensor retour en vertrek	Vito	Aannemer CV	
C6	Warmte van zonnecollector aan buffervat	Debietmeter in watercircuit zonnecollector, temperatuursensor retour en vertrek	Vito	Aannemer CV	
S	Zonne-instraling	Zonne-instralingsmeter	Vito	Vito	
T	Buitentemperatuur	Temperatuursensor	Vito	Vito	
-	Verschillende temperaturen	Temperatuursensor	Vito	Vito	

4 TECHNISCHE EVALUATIE

In deze paragraaf wordt een technische evaluatie van de ketels en de thermische zonnepanelen gemaakt op basis van de meetgegevens over de periode april tot en met maart 2003. In bijlage 1 worden de resultaten over de meetperiode in tabelvorm weergegeven.

4.1 Ketels

Figuur 3 toont de evolutie van het totaal geproduceerd thermisch vermogen van de condenserende ketel en hoogrendementsketel gedurende de maanden april en juli 2002.



Figuur 3: Verloop thermisch vermogen van condenserende en hoogrendementsketel

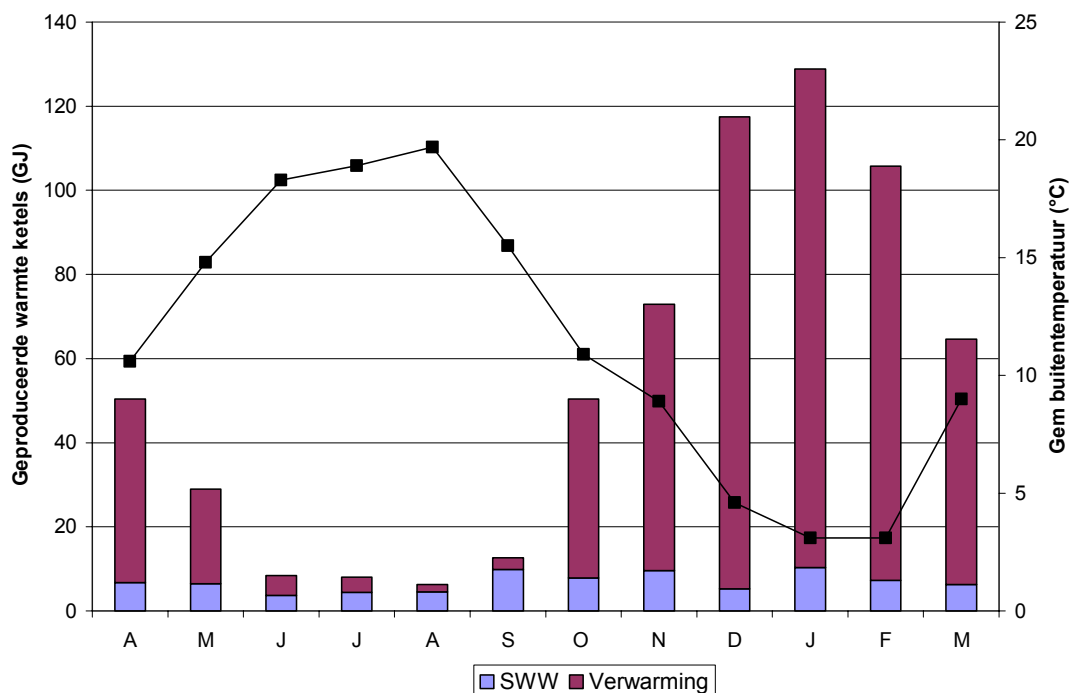
Uit de figuur blijkt dat het thermisch vermogen gedurende de registratieperiode varieerde van 0 tot 94 kW in de maand april 2002 met een gemiddeld vermogen van 19,4 kW. Tijdens de maand juli 2002 is het thermisch vermogen van de ketels echter laag (maximum 22 kW). De warmtevraag in de maand juli 2002 bestaat voor 50% uit sanitair warm water en voor 50% uit verwarming. Bejaarden vragen over het algemeen een hogere binnentemperatuur dan 20°C, bijv. 22°C.

Gedurende de meetperiode werd in totaal 181.844 kWh/jaar (654,6 GJ/jaar) warmte geproduceerd door de condensatie- en hoogrendementsketel. Het totaal jaarlijks aardgasverbruik bedroeg 21.934 m³ of 204.006 kWh/jaar (734,4 GJ_{ovw}/jaar).

Dit geeft een specifiek aardgasverbruik van 11,4 m³/m² vloeroppervlakte of 106 kWh/m² (0,38 GJ/m²). Het waterzijdig rendement op de onderste verbrandingswaarde bedroeg 89,1%. De energievraag voor verwarming is natuurlijk sterk afhankelijk van het gebruikersgedrag.

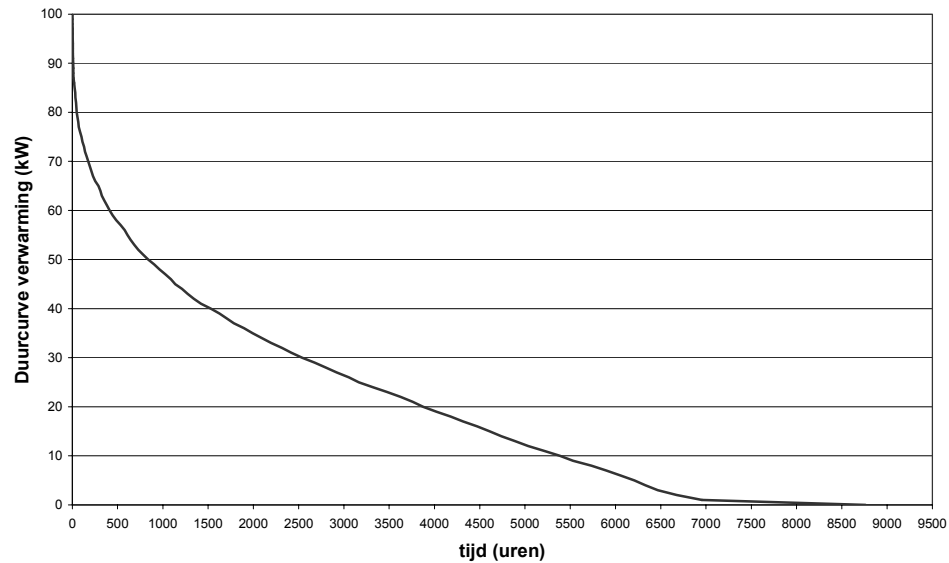
De belastingsgraad over de registratieperiode bedroeg 10% voor beide ketels. Het niveau van de belastingsgraad wordt sterk bepaald door een correcte dimensionering van het ketelvermogen (zie figuur 5).

Figuur 4 geeft een overzicht van de geproduceerde warmte (verwarming + sanitair warm water) door de ketels op maandbasis.



Figuur 4: Geproduceerde warmte door de ketels op maandbasis

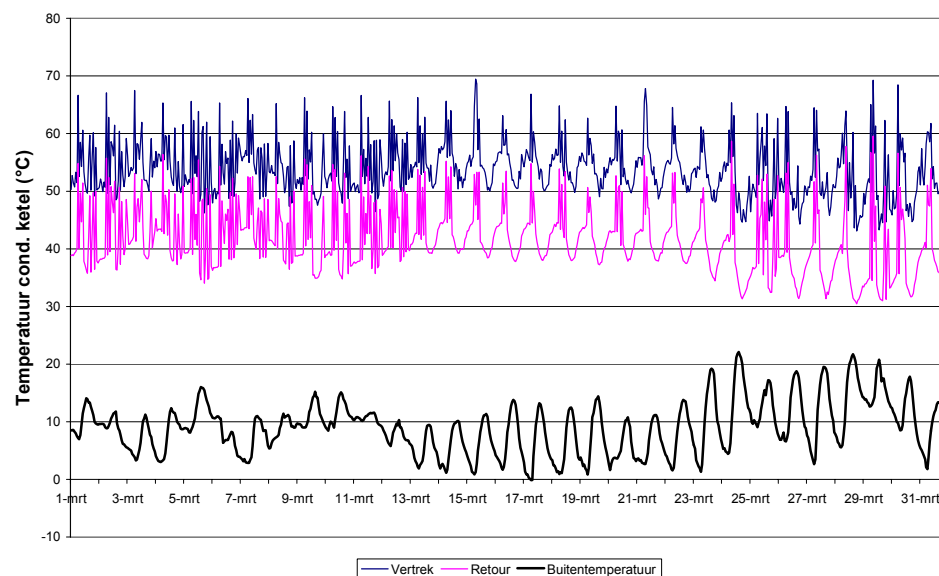
Figuur 5 geeft de jaarbelastingduurcurve van het geproduceerd thermisch vermogen (verwarming + sanitair warm water) van beide ketels weer. Uit deze grafiek kan afgelezen worden hoeveel uren een bepaald thermisch vermogen of meer geleverd werd.



Figuur 5: Jaarbelastingduurcurve thermisch vermogen (op basis van kwartaurlijkse gegevens)

Uit deze grafiek kan afgeleid worden dat gedurende ongeveer 5.400 uren een thermisch vermogen van 10 kW of meer geleverd werd. Dit komt overeen met 61% van de tijd. Gedurende 3.000 uren bedroeg de warmtevraag 25 kW of meer. Het hoogste thermische vermogen dat geleverd werd bedroeg 94 kW m.a.w. met één ketel zou de warmtevraag voor verwarming en SWW geleverd kunnen worden over de beschouwde meetperiode. Uit de figuur is ook af te leiden dat er warmtevraag was gedurende 7.500 uren.

Figuur 6 geeft de vertrek- en retourtemperatuur van de condenserende ketel gedurende de maand maart 2003 weer.



Figuur 6: Vertrek- en retourtemperatuur condenserende ketel (maand maart 2003)

Uit de figuur blijkt dat de retourtemperatuur van de condenserende ketel heel frequent onder de 55°C ligt (gemiddelde temperatuur 42°C) wat condensatie mogelijk maakt. Vanaf december 2002 (na aanpassingen aan de regeling) kon de condenserende ketel meer condenseren dan voorheen.

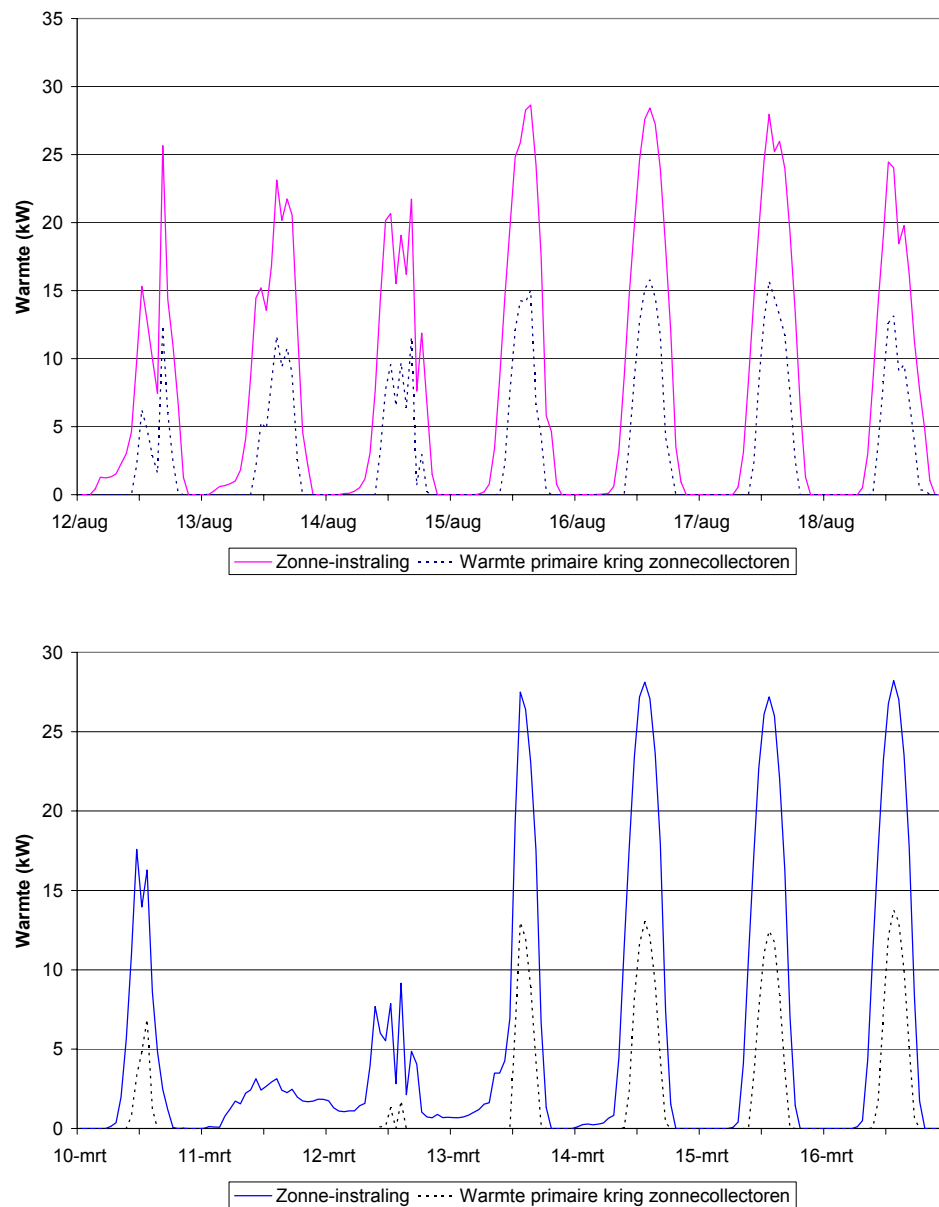
Tijdens de registratieperiode werd echter vastgesteld dat de parameters voor de cascaderегeling tussen de condensatie en hoogrendementsketel niet optimaal ingesteld waren. De hoogrendementsketel schakelde te frequent in omwille van een te hoog ingesteld stooklijn en regeling van de binnentemperatuur in de gemeenschappelijke ruimte. Door Vito zijn een aantal parameters heringesteld (december 2002) voor een optimale werking van de installatie.

Volgende aanpassingen werden uitgevoerd aan de installatie:

- De communicatie tussen de verschillende Siemens regelaars was niet optimaal zodat de condenserende ketel en de HR ketel gelijktijdig opstarten in plaats van in cascade. Bovendien bleek de retourtemperatuur te hoog waardoor geen condensatie kon optreden in de condenserende ketel. Het setpunt van de algemene Siemens regelaar werd niet goed overgenomen door de aparte regelaars per ketel. Hierdoor was het setpunt van de aparte regelaar lager dan op de algemene regelaar waardoor de gevraagde temperatuur niet bereikt werd en de HR ketel bij in kwam en ze dus allebei op vol vermogen branden. Dit werd verholpen door een andere conversiefactor in de 2 aparte regelaars in te stellen. Nu is het setpunt op de aparte regelaars ongeveer 3 graden hoger dan het setpunt op de algemene regelaar. (Deze meet immers in de vertrekcollector en de 2 aparte regelaars meten in de ketels zelf)
- De instelling van de stooklijnen voor de drie kringen werden aangepast naar een aanvoertemperatuur van 35°C bij een buitentemperatuur van 15°C en 60°C aanvoer bij -5°C buitentemperatuur voor alle 3 kringen van de ketel. De stooklijnafstand werd verlaagd van 10°C naar 5°C. De maximale temperatuur van de ketel werd verlaagd van 90°C naar 80°C. De schakeldifferentie van de ketel bedraagt 6°C.
- Voor de ontmoetingsruimte kan de stooklijn tijdelijk verhoogd worden in functie van het verschil tussen de gewenste temperatuur en de gemeten temperatuur. De radiatorcranken van 4 radiatoren werden verwijderd zodat ze niet meer volledig dichtgedraaid kunnen worden. De andere radiatoren in deze gemeenschappelijke ruimte zijn voorzien van thermostatische cranken.
- Voor het sanitair warm water werd de gewenste watertemperatuur in de piekboiler ingesteld op 55°C met een schakeldifferentie van 6°C. De ketel wordt opgestookt naar 55°C + 15°C = 70°C bij warmtevraag van de piekboiler.
- Na deze wijzigingen was de vertrektemperatuur van de ketels al wat lager en kon de condenserende ketel meer condenseren dan voorheen, de HR ketel werd waterzijdig afgeschakeld. Indien de warmtevraag te hoog is wordt de HR ketel automatisch bijgeschakeld.

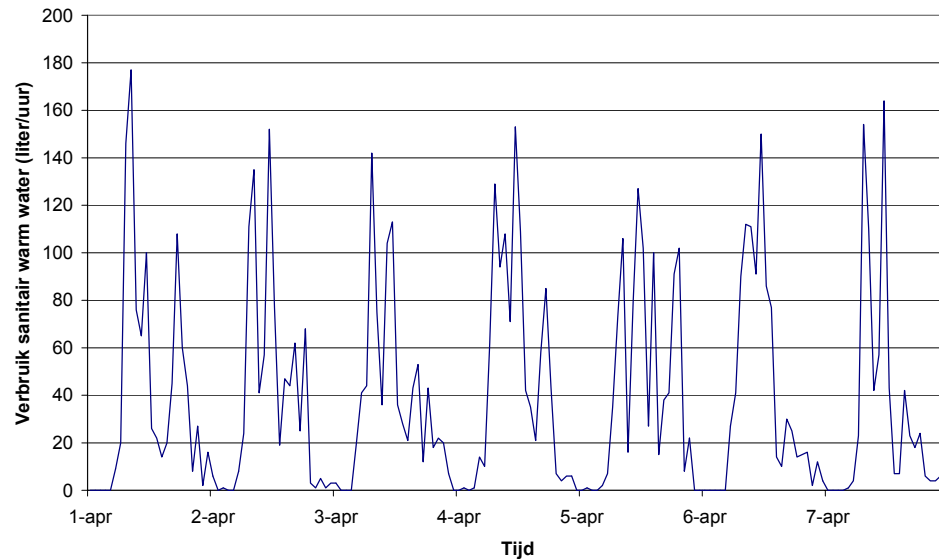
4.2 Thermische zonnepanelen en sanitair warm waterverbruik

Figuur 7 toont de zonne-instraling en de geproduceerde warmte door de primaire kring van de zonneboiler gedurende een week in augustus 2002 (12/08 tot en met 18/08) en maart 2003 (10/03 tot en met 16/03).



Figuur 7: Zonne-instraling en geproduceerde warmte primaire kring zonneboiler (week uit augustus 2002 en maart 2003)

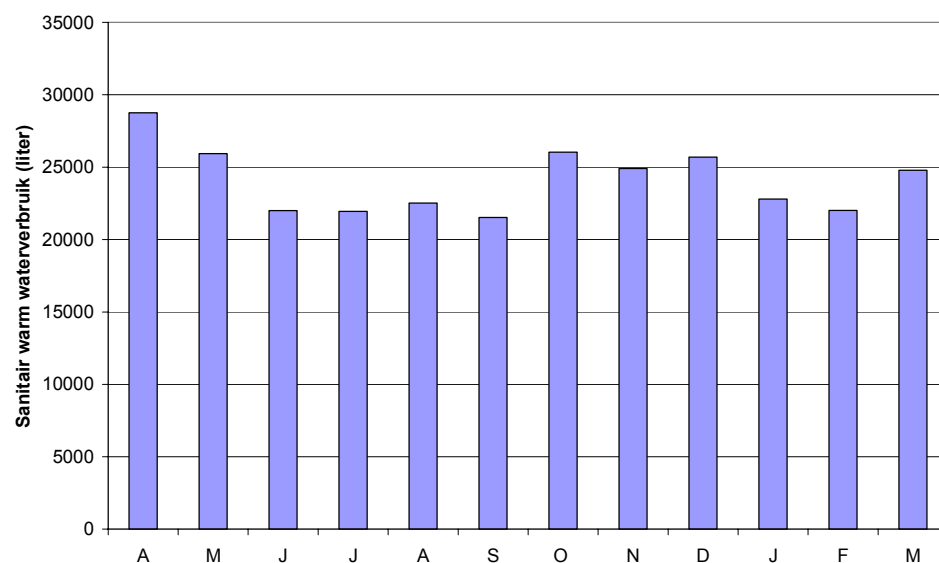
Figuur 8 geeft het verloop weer van het SWW verbruik gedurende een week in april 2002 (1/04 – 7/04/2002).



Figuur 8: Verloop SWW verbruik (week in april 2002)

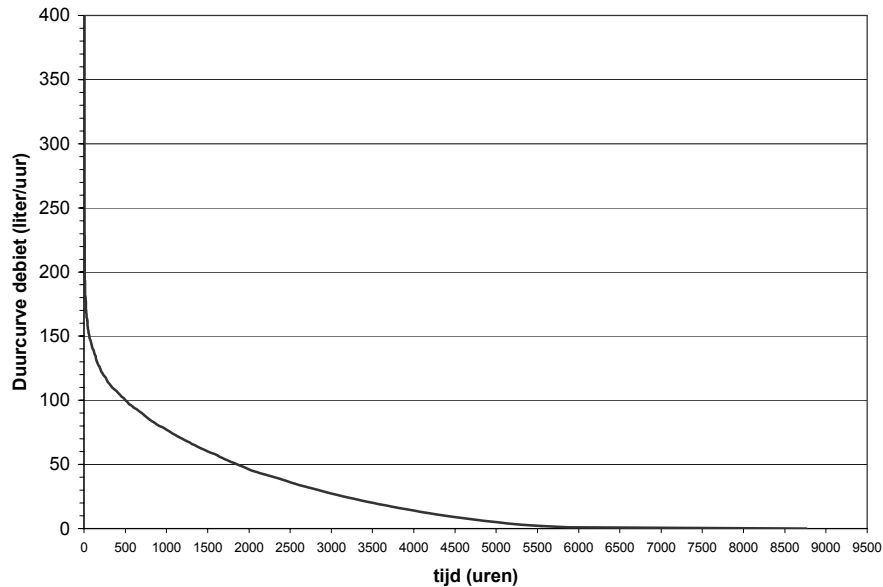
Een gemiddeld verbruik van 40 liter/uur werd opgemeten met pieken tot 180 liter/uur. De pieken in het SWW treden op tussen 7:00 en 9:00, 11:00 en 13:00 en een laatste piek tussen 17:00 en 19:00. Gedurende de meetperiode werd 288.895 liter/jaar koud water toegevoerd voor de productie van SWW. Het gemiddeld maandelijks koud waterverbruik voor SWW bedroeg 24.075 liter/maand of 802 liter/dag (of 22 liter per dag per persoon). Een algemeen gemiddeld verbruik van 30 liter/dag/persoon wordt gebruikt in verzorgingsinstellingen [1].

Figuur 9 geeft een overzicht van het sanitair warm waterverbruik op maandbasis.



Figuur 9: Sanitair warm waterverbruik op maandbasis

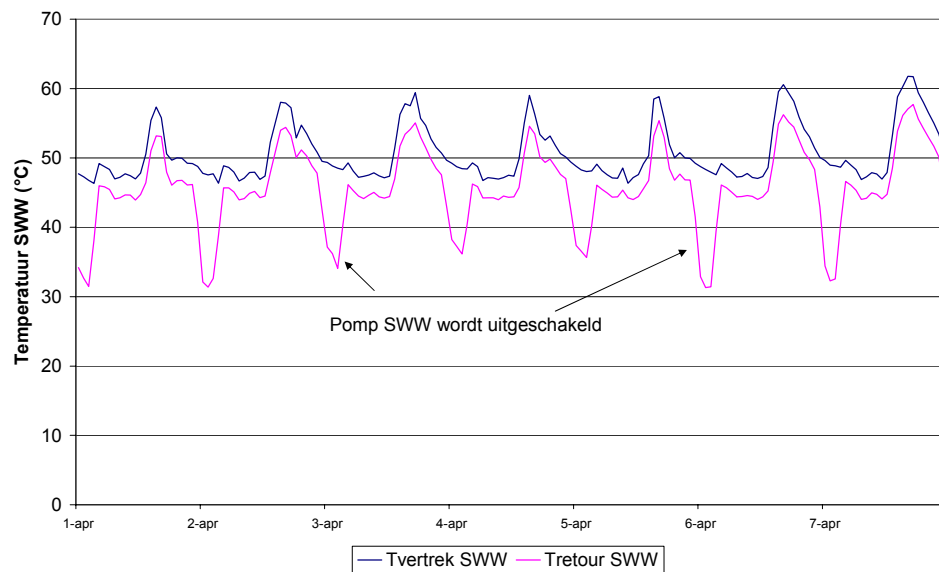
Figuur 10 geeft voor de jaarbelastingduurcurve van het sanitair warm waterverbruik weer.



Figuur 10: Belastingduurcurve sanitair warm waterverbruik

Uit deze grafiek kan afgeleid worden dat gedurende ongeveer 3.000 uren een debiet van 25 liter/uur of meer afgenomen werd. Gedurende 2.000 uren bedroeg het debiet 50 liter/uur of meer. Het hoogste debiet bedroeg 660 liter/uur (niet op de figuur te zien).

Figuur 11 geeft het verloop van de vertrek- en retourtemperatuur van het SWW gedurende een week in april 2002 weer (week van 1/04 tot en met 7/04/2002).



Figuur 11: Verloop vertrek- en retourtemperatuur SWW (week in april 2002)

De vertrektemperatuur van het SWW bedroeg gemiddeld 48°C en de retourtemperatuur 43°C, een gemiddeld temperatuursverschil van 5°C. Er treden pieken op tot 62°C omstreeks 16:00. Vanaf middernacht tot 4:00 's morgens wordt de circulatiepomp van het SWW uitgeschakeld (daling van de retourtemperatuur tot 30°C).

Gedurende de registratieperiode werd 22.883 kWh/jaar (82,4 GJ/jaar, 67,8%) warmte door de ketels aan de voorraadboilers voor SWW toegevoerd en 10.867 kWh/jaar (39,1 GJ/jaar, 32,2%) door de zonnecollectoren. De dekkingsgraad van de zonneboilerinstallatie (=overgedragen warmte zonnecollectoren aan buffervat/totale productie SWW) bedroeg 32,2% wat een hoge waarde is. Dit betekent dat 32,2% van het sanitair warm waterverbruik door de zonnecollectoren wordt geleverd. De totale warmte geleverd aan de voorraadboilers bedroeg 33.750 kWh/jaar (121,5 GJ/jaar) waarvan slechts 8.060 kWh/jaar (29,1 GJ/jaar, 23,9%) effectief nodig is voor opwarming van SWW (meting met C5.2). Het gemiddeld verlies door het rondpompen van het SWW bedraagt 3,5 kW (=33.750 – 8060 kWh/7.300 uren). Vaak kan door isolatie van de SWW leidingen het warmteverlies beperkt worden.

De totale invallende zonne-instraling op de collectoren bedroeg 41.436 kWh/jaar (149,2 GJ/jaar). Het rendement van de zonnecollector (=geproduceerde warmte zonnecollector/invallende zonne-instraling =) bedroeg 26,2%. De gemiddelde factor T* van de zonnecollectoren bedroeg 0,11 wat overeenkomt met een berekend collectorrendement van 29,9% volgens de specificaties van de leverancier IZEN (zie bijlage 2).

Uit deze cijfers kunnen we het collectorrendement en de dekkingsgraad over de registratieperiode berekenen. Het collectorrendement over de registratieperiode bedroeg zoals eerder vermeld 26,2% en de dekkingsgraad 32,2%. Het collectorrendement haalde een maximum van 37,4% in februari 2003 en een minimum van 15,0% in november 2002. De dekkingsgraad bereikte een maximumwaarde van 59,3% in juni 2002 en een minimumwaarde van 6,2% in januari 2003.

Ter informatie geven we voor deze installatie een aantal specifieke kengetallen. Het aantal liter voorraad per m² collectoroppervlakte bedraagt 48 liter/m² (volgens [2] 45 – 50 liter/m²).

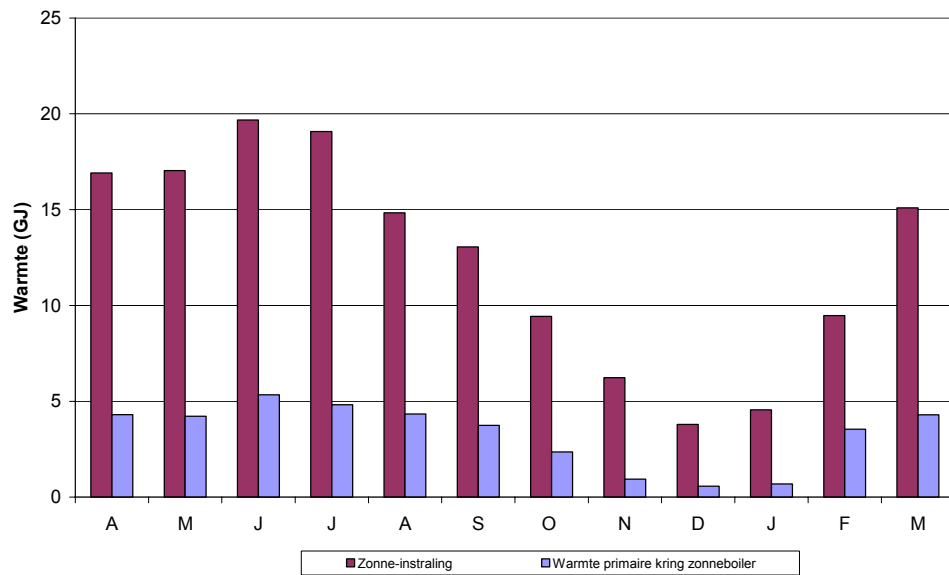
Het aantal m² collectoroppervlakte per 100 liter SWW verbruik bedraagt 4,1 m²/100 liter (volgens [2] 2,5 – 4,5 m²/100 liter).

Het gemiddelde specifieke kengetal voor de zonneboiler bedraagt 1,18 GJ geproduceerde warmte per m² collectoroppervlakte of 328,1 kWh/m² bij een gemiddelde buitentemperatuur van 11,5°C.

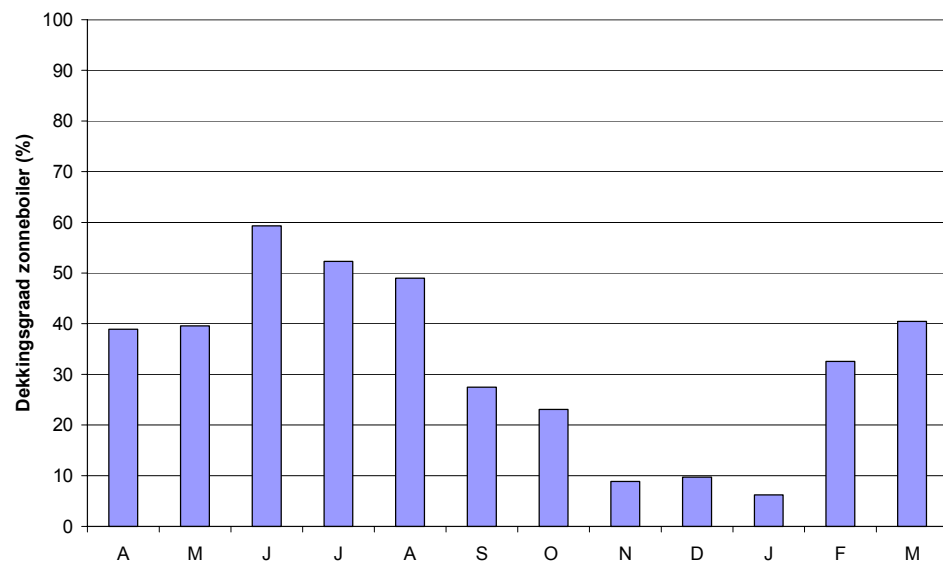
Figuur 12 geeft een maandelijks overzicht van de geproduceerde warmte (primair) door de zonneboiler en de zonne-instraling.

Figuur 13 geeft een overzicht van de dekkingsgraad op maandbasis.

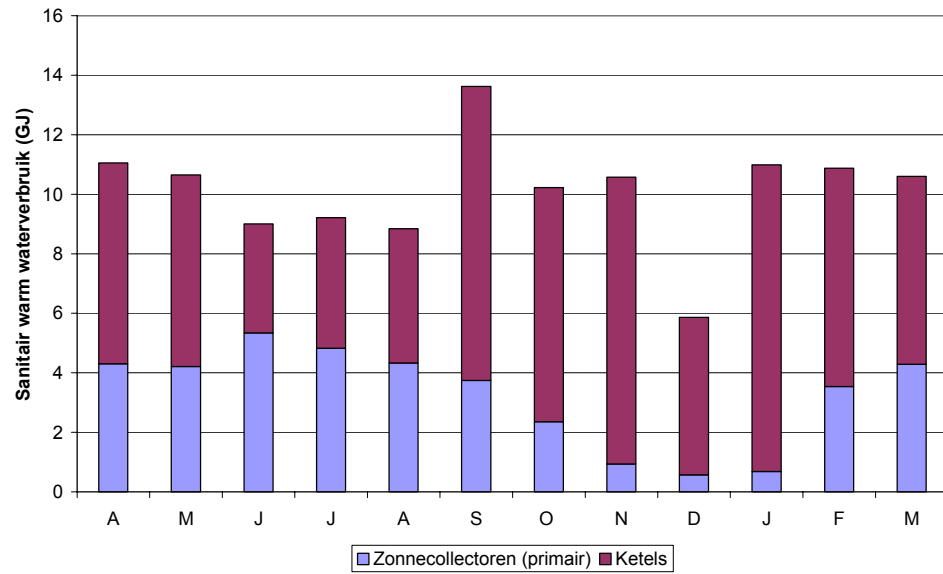
Figuur 14 geeft een maandelijks overzicht van de warmte (primair) geleverd door de zonneboiler aan het sanitair warm water en de geproduceerde warmte voor sanitair warm water door de ketel.



Figuur 12: Zonne-instraling en geproduceerde warmte zonneboiler (primair) op maandbasis



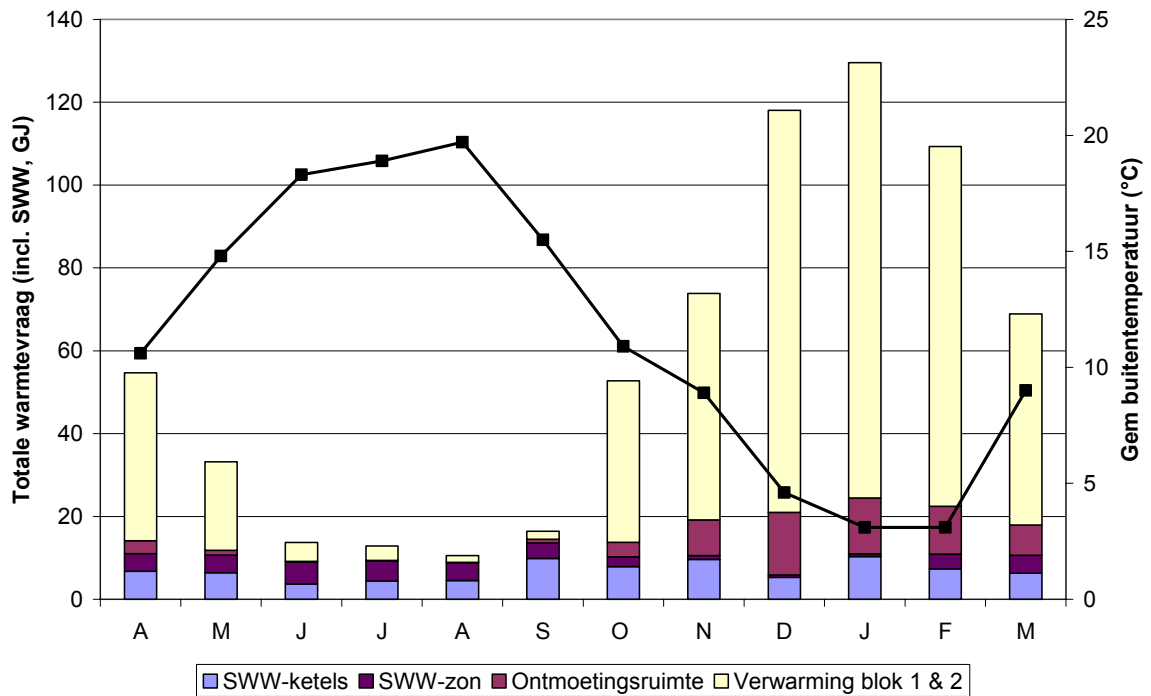
Figuur 13: Dekkingsgraad op maandbasis



Figuur 14: Warmtevrage sanitair warm water op maandbasis

4.3 Overzicht

Figuur 15 toont de totale warmtevraag (verwarming + sanitair warm water) van het project op maandbasis tezamen met de gemiddelde buitentemperatuur.



Figuur 15: Warmtevraag project op maandbasis

Van de totale warmtevraag van het project 192.711 kWh/jaar (693,8 GJ/jaar) gaat 140.896 kWh/jaar (507,2 GJ/jaar, 73,2%) naar de verwarming van blok 1 & 2, 18.065 kWh/jaar (65 GJ/jaar, 9,3%) naar de verwarming van de ontmoetingsruimte en 33.750 kWh/jaar (121,5 GJ/jaar, 17,5%) naar het sanitair warm water. Van dit sanitair warm water wordt 22.883 kWh/jaar (82,4 GJ/jaar, 67,8%) door de ketels en 10.867 kWh/jaar (39,1 GJ/jaar, 32,2%) door de zonneboiler geproduceerd.

4.4 Evaluatie verwarmingsverbruik door extra isolatie

Om de invloed van de extra isolatie, de extra isolerende beglazing en de condensatieketel te bepalen wordt een vergelijking gemaakt tussen dit gebouw met een k-peil van K40 en hetzelfde gebouw met minder energiebesparende maatregelen. (K55-peil, norm is enkel geldig voor eengezinswoningen!).

Door simulatie met het computerpakket K-energ van het WTCB kunnen we de nettoenergiebehoefte bepalen in beide situaties. Het verschil geeft de besparing die bereikt wordt door de energiebesparende maatregelen. Bij de referentiesituatie gaan we uit van een binnentemperatuur van 22°C en een ketelrendement van 75%.

In de huidige situatie bekomen we een specifieke totale warmtevraag (ruimteverwarming + SWW) van 100 kWh/m² en een specifiek verbruik voor ruimteverwarming van 83 kWh/m². Dus het verschil tussen beiden is het SWW verbruik (=17 kWh/m²).

In de referentiesituatie bekomen we een specifieke warmtevraag voor ruimteverwarming van 115 kWh/m². De totale warmtevraag (verwarming + SWW) bedraagt dan 132 kWh/m².

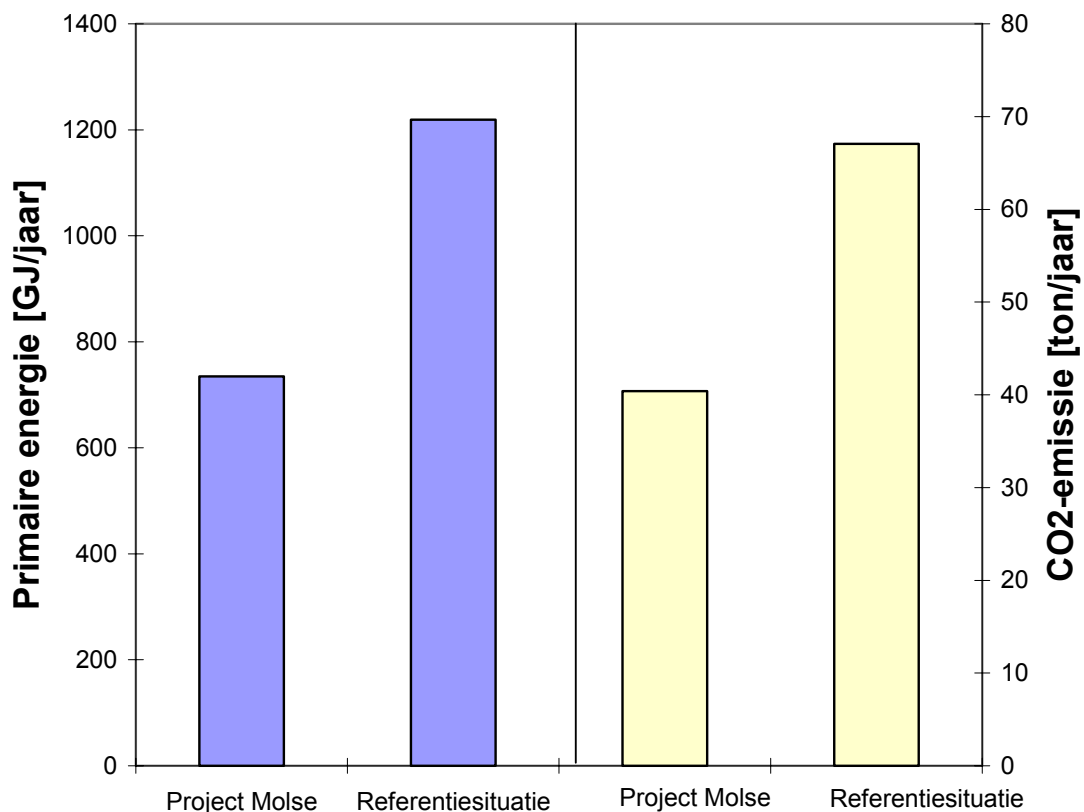
Door deze isolatiemaatregelen wordt de warmtevraag gereduceerd met 28% zijnde 61.472 kWh (221,3 GJ) ten opzichte van een klassiek geïsoleerd gebouw.

5 PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN CO₂-REDUCTIE

Voor de besparing op primaire energie en de CO₂ reductie wordt rekening gehouden met de invloed van de extra energiebesparende maatregelen inclusief de zonnecollectoren. Volgende uitgangspunten worden gebruikt voor de bepaling van de besparing op primaire energie en CO₂-reductie:

- de warmte die door de zonnecollectoren wordt geproduceerd (huidige situatie), wordt vergeleken met een referentiesituatie waarbij deze warmte wordt geproduceerd door een aardgasketel;
- het verbruik voor ruimteverwarming in de huidige situatie bedraagt 83 kWh/m² (K40) en in de referentiesituatie wordt dit 115 kWh/m² (K55);
- voor het rendement van een aardgasketel wordt 75% aangenomen;
- de CO₂-emissiefactor van aardgas bedraagt 55,5 g/MJ.

Figuur 16 toont de aangewende primaire energie en de CO₂-emissie in de huidige situatie en in de referentiesituatie.



Figuur 16: Primaire energie en CO₂-emissie tijdens registratieperiode

Het primair energieverbruik van de huidige installatie bedroeg 734 GJ/jaar. Indien we uitgaan van hetzelfde gebouw maar met een klassieke isolatie (K-55 isolatiepeil) en een

ketelrendement van 75% en geen zonneboiler bekomen we een primair energieverbruik van 1.219 GJ/jaar. Dit betekent dus een besparing van 485 GJ/jaar (of 40%) in de huidige situatie ten opzichte van de vergelijkings situatie.

De CO₂-emissie van de huidige installatie bedroeg 40 ton/jaar. De CO₂-emissie in het klassiek gebouw met een klassieke ketel en geen zonneboiler zou 67 ton/jaar bedragen. Dit betekent dus een reductie van 27 ton/jaar CO₂ (of 40%).

6 ECONOMISCHE EVALUATIE

Voor de economische evaluatie worden enkel de investeringskosten van de extra isolatie, de extra kosten van de condenserende ketel en de zonnecollectoren tegenover de energiebesparingskost geplaatst. De investeringskosten zijn de opgegeven kosten door de Molse bouwmaatschappij. Voor de aardgasprijs wordt het tarief A februari 2003 gebruikt (verbruik tussen 4.298 en 19.444 kWh/jaar) met een kostprijs van 4,88 cEURO/kWh [3]. Enkel de variabele kosten voor het aardgas worden in rekening gebracht. Alle vermelde bedragen zijn exclusief 21% BTW.

Tabel 2 toont de economische evaluatie van het project.

Tabel 2: Economische evaluatie project Molse bouwmaatschappij

Investeringskosten (€)	
Extra isolatie (*)	33.152
Zonnecollector (*)	26.141
Condenserende ketel (extra kosten) (*)	1.360
Energiebeheersysteem	26.879
Extra kelder (30%)	14.368
Extra vermogen radiatoren (30%)	5.554
Regenwaterput	29.420
Totaal	136.874
Totaal (in rekening gebracht) (=*)	60.653
Energiebesparing (€/jaar)	
Aardgasbesparing	7.232
Totaal	7.232
Terugverdientijd (exclusief subsidie) (jaar)	8,4
Terugverdientijd (inclusief subsidie) (jaar)	6,1

De totale investeringen voor de extra isolatie, de extra kosten voor de condenserende ketel en de zonnecollectoren bedragen 60.653 € of 2.166 € per appartement (inclusief ontmoetingsruimte). Door toepassing van deze energiezuinige technieken wordt een aardgasbesparing van 485 GJ/jaar of 7.232 €/jaar bereikt. De besparing per appartement bedraagt 258 €/jaar/appartement. We bekomen een terugverdientijd van 8,4 jaar zonder subsidie. Indien de subsidie mee in rekening gebracht wordt, dan bedraagt de terugverdientijd 6,1 jaar.

Uit de meetresultaten blijkt dat deze woningen een toonbeeld van energie-efficiëntie zijn en dat komt natuurlijk ten goede aan de bewoners van deze sociale woningen door een lage energierekening.

7 MENING VAN DE EIGENAAR

BESCHRIJVING PROJECT:

Betreft een nieuwbouwproject, waarin 28 bejaarden, een gemeenschapsruimte en 11 garages te Mol, langs de Postelarenweg.

Doelgroep: valide bejaarden, t.t.z. oudere mensen, die nog niet (volledig) hulpbehoevend zijn en zelfstandig willen wonen in een voor hen aangepaste omgeving, met de mogelijkheid tot dienstverlening.

De rol en de inbreng van de bouwheer en andere berokkenen:

Op initiatief van de Molse Bouwmaatschappij ontstond een dialoog met het O.C.M.W. te Mol, met de bedoeling gezamenlijk een dergelijk ontwerp te realiseren op hun perceel grond gelegen in de Postelarenweg. Uiteindelijk werd de grond aangekocht door de Molse Bouwmaatschappij en werd het project autonoom gerealiseerd in samenspraak met de VHM. Het O.C.M.W. zorgt voor de dienstverlening aan de huurders, indien deze erom vragen.

De globale visie, de motivatie en de doelstellingen:

Bedoeling was een aangename woonomgeving realiseren voor de gestelde doelgroep waarbij ook het aspect "ecologie" een belangrijke rol speelde. Dit vanuit het oogpunt van de "voorbeeldfunctie" die elke sociale bouwmaatschappij dient te vervullen. Er werd daarom gestreefd naar een maximale energiebesparing en het aanwenden van alternatieve en duurzame energieën.

De ruimtelijke context:

Gelegen langs de Postelarenweg, een terrein van 56 a, breedte langs de straatzijde 61 m, diepte 88 m. Maakt deel uit van een woonzone en omringd door eengezinswoningen, garages, duiventillen enz. .. : de typisch Belgische situatie. Het terrein lag braak, had geen begroeiing noch bebouwing, kortom er diende met niets "bestaands" rekening te worden gehouden.

Historiek en inhoud van de concepten, ontwerpen en realisaties

Vooraleer de ontwerpers begonnen met hun concept, werden een aantal referentieprojecten bezocht, waarbij de nadruk werd gelegd op de twee hierboven vermelde aspecten: huisvesting van bejaarden en toepassing van alternatieve energieën. Zo werden een aantal serviceflats bezocht en enkele projecten, waarin zonne-energie werd toegepast.

Voor het energetische aspect deden we beroep op een bureau dat de nodige ervaring kon voorleggen op het vlak van zonne-energie: ir. Johan Daenen. Deze man werd reeds vanaf de eerste ontwerpschetsen betrokken bij het project, samen met Vito, Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek en Electrabel. Kortom: er werd een gans team samengesteld om

het project in goede banen te leiden, dit alles onder leiding van de Molse Bouwmaatschappij.

Uiteraard werden ook van bij het begin de diensten van Stedenbouw Antwerpen en de sectorarchitect van de VHM geraadpleegd.

In die context werden de volgende gebouwen ontworpen:

- 2 blokken met telkens 14 bejaardenflats, waarvan 7 gelijkvloers en 7 op de verdieping. Elke flat is van buitenuit bereikbaar via een voordeur: op het gelijkvloers is dit evident, op de verdieping werden er passerellen gecreëerd, bereikbaar via buitentrap en buitenlift. Deze doorgangen werden wel maximaal overdekt met glas en voorzien van glazen borstweringen, enerzijds om de circulatie droog te houden, anderzijds om het geheel een luchtige indruk te geven. Het gebouw lange de straatzijde is enigszins uitgekapt, zodat een binnenplein ontstaat tussen deze blokken. Dit is de gemeenschappelijke binnenruimte waarop alle leefruimtes van de flats uitkijken en waar de gemeenschappelijke ontmoetingsruimte staat. De flats zelf zijn ca. 65 m² groot en hebben een inkomhal, slaapkamer, badkamer met lavabo, douche en toilet, leefruimte met open keuken en tenslotte een bergplaats. Elk appartement heeft een terras.
- Het gemeenschappelijk gebouw op de binnenplaats heeft een ontmoetingsruimte, waar eventueel maaltijden kunnen worden toebedeeld, doch de functie is veel ruimer: kaarten, gezellig samenzijn, optredens, feesten, ... Hiervoor is een opwarmkeuken voorzien en een berging. Verder is er een inkomhal, sanitaire voorzieningen en een gemeenschappelijke wasplaats + stookplaats. In deze stookplaats staat de gemeenschappelijke verwarminginstallatie, met zonneboiler. De zonnepanelen zijn opgesteld op het platte dak, het overige gedeelte van dit dak is aangeplant als groen dak, zodat de bewoners op de verdieping ook een aangenaam uitzicht hebben.
- Achteraan op het terrein de 11 garages, de gemeenschappelijke fietsen- en containerberging.
- Structuur: klassiek opgebouwd met dragende muren en betonvloeren, met de nodige aandacht voor akoestische isolatie (zwevende vloeren en massieve scheidingsmuren). Eenvoudig van concept en opbouw - dit om kostprijreden.
- Technieken: hierbij halen we aan: een ver doorgedreven isolatie / het gebruik van passieve zonne-energie voor het bereiden van het sanitaire warme water / de toepassing van een gemeenschappelijke stookplaats met condenserende gasketel / herbruik van het regenwater.
- Het geheel is op dit moment aangeplant. Uiteindelijk zullen de gebouwen in een groene omgeving staan, met de nodige klinkerverhardingen, banken enz.... om maximaal gebruik te kunnen maken van de buitenlucht.
- De gebouwen zijn duidelijk geïntegreerd in de omgeving: er werden de nodige afstanden gerespecteerd tot de perceelsgrenzen en de hoogtes zijn beperkt, komen zeker niet boven de bestaande bebouwingen.
- Op dit moment kunnen we zonder overdrijving stellen dat alle bewoners zich goed voelen in hun woonomgeving, ja zelfs trost zijn er te mogen wonen en spontaan meewerken aan het onderhoud van de gemeenschappelijke delen.

De organisatie en de procesaanpak:

Is hierboven reeds uitgebreid aan bod gekomen:

1. vertrekken vanuit een grondige voorstudie:
 - stedenbouwkundig;
 - functionaliteit;
 - vhm-normering (oppervlaktes en budgetten);
 - energetisch.

2. werken met vakbekwame mensen:
 - ontwerpers;
 - ingenieurs;
 - externe adviseurs.

Hierbij komt nog een strenge controle bij de uitvoering der werken, opdat de gestelde kwaliteiten niet zouden verloren gaan door gebrek aan motivatie bij de uitvoerende partijen.

Om de meerkosten, die toch steeds voortvloeien uit het toepassen van deze ongewone technieken, te compenseren, werd beroep gedaan op een aantal subsidiërende overheden en instanties, zoals daar zijn:

- de Gemeente Mol
- Electrabel
- de Administratie voor Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE): deze administratie subsidieert Innovatieve projecten.

Eric Schoofs
Directeur Molse bouwmaatschappij

8 BESLUIT

Gedurende de meetperiode werd in totaal 181.844 kWh/jaar (654,6 GJ/jaar) warmte geproduceerd door de condensatie- en de hoogrendementsketel. Het totaal jaarlijks aardgasverbruik bedroeg 21.934 m³ of 213.251 kWh/jaar (767,7 GJ_{ovw}/jaar). Dit geeft een specifiek jaarlijks aardgasverbruik van 11,4 m³/m² vloeroppervlakte of 111 kWh/m² (0,40 GJ/m²). Het gemiddeld waterzijdig rendement op de onderste verbrandingswaarde bedroeg 85,3%.

Tijdens de registratieperiode werd echter vastgesteld dat de parameters voor de cascaderегeling tussen de condensatie- en de hoogrendementsketel niet optimaal ingesteld waren. De condenserende ketel condenseerde niet omwille van een te hoog ingestelde stooklijn en een te hoog ingestelde temperatuur in de ontmoetingsruimte. Verder schakelde de hoogrendementsketel te snel in bij een warmtevraag. Door Vito zijn een aantal parameters heringesteld zodat de installatie optimaler kon werken.

Gedurende de registratieperiode werd 22.883 kWh/jaar (82,4 GJ/jaar, 67,8%) warmte door de ketels aan de voorraadboilers voor SWW toegevoerd en 10.867 kWh/jaar (39,1 GJ/jaar, 32,2%) door de zonnecollectoren. De totale warmte geleverd aan de voorraadboilers bedroeg dus 33.750 kWh/jaar (121,5 GJ/jaar) waarvan slechts 8.060 kWh/jaar (29,1 GJ/jaar, 23,9%) nuttig aangewend werd voor SWW, de rest is verlies. Het gemiddeld verlies door het rondpompen van het SWW bedroeg 3,5 kW. Vaak kan door isolatie van de SWW leidingen het verlies beperkt worden.

Het rendement van de zonnecollector bedroeg 26,2% en de dekkingsgraad 32,2%. Het gemiddelde specifieke kengetal voor de zonneboiler bedroeg 1,18 GJ geproduceerde warmte per m² collectoroppervlakte of 328,1 kWh/m² bij een gemiddelde buitentemperatuur van 11,5°C.

Van de totale warmtevraag van het project (192.711 kWh/jaar; 693,8 GJ/jaar) gaat 140.896 kWh/jaar (507,2 GJ/jaar, 73,2%) naar de verwarming van blok 1 & 2, 18.065 kWh/jaar (65,1 GJ/jaar, 9,3%) naar de verwarming van de ontmoetingsruimte en 33.750 kWh/jaar (121,5 GJ/jaar, 17,5%) naar het sanitair warm water. Van dit sanitair warm water wordt 22.883 kWh/jaar (82,4 GJ/jaar, 67,8%) door de ketels en 10.867 kWh/jaar (39,1 GJ/jaar, 32,2%) door de zonneboiler geproduceerd.

Het primair energieverbruik van de huidige installatie bedroeg 734 GJ/jaar. Indien we uitgaan van hetzelfde gebouw maar met een klassieke isolatie (K-55 isolatiepeil), een ketelrendement van 75% en zonder zonneboiler bekomen we een primair energieverbruik van 1.219 GJ/jaar. Dit betekent dus een besparing van 485 GJ/jaar (of 40%) in de huidige situatie ten opzichte van de referentiesituatie.

De CO₂-emissie van de huidige installatie bedroeg 40 ton/jaar. De CO₂-emissie in het klassiek gebouw met een klassieke ketel en geen zonneboiler zou 67 ton/jaar bedragen. Dit betekent dus een CO₂ reductie van 27 ton/jaar (of 40%).

De totale investeringen voor de extra isolatie, de extra kosten voor de condenserende ketel en de zonnecollectoren bedragen 60.653 € of 2.166 € per appartement (inclusief ontmoetingsruimte). Door toepassing van deze energiezuinige technieken wordt een aardgasbesparing van 485 GJ/jaar of 7.232 €/jaar bereikt. De besparing per appartement bedraagt 258 €/jaar. We bekomen een terugverdientijd van 8,4 jaar zonder subsidie. Indien de subsidie mee in rekening gebracht wordt, dan bedraagt de terugverdientijd 6,1 jaar.

Uit de meetresultaten kunnen we besluiten dat zowel de condenserende ketel als de zonnecollectoren goed functioneren en bijdragen tot een energiezuinige stookplaats in dit sociaal woningbouwproject. De bewoners van de bejaardenflats genieten hierdoor van een lage energierekening.

BIJLAGE 1: SAMENVATTING RESULTATEN

Resultaten ketels

	Aardgas ketels (m ³)	Aardgas ketels (GJ)	Warmte ketels (GJ)	Warmte ketels aan SWW (GJ)	Warmte ketels aan verwarming (GJ)	Warmte ontmoetings- ruimte (GJ)	Warmte Bejaarden- flats (GJ)
Metercode (*)	G	G	C	C4	= C-C4	C3	= C-C3-C4
April 2002	1.759	58,9	50,4	6,8	43,6	3,1	40,6
Mei 2002	986	33,0	29,0	6,4	22,5	1,2	21,3
Juni 2002	355	11,9	8,4	3,7	4,7	0,2	4,6
Juli 2002	360	12,0	8,0	4,4	3,6	0,2	3,4
Augustus 2002	298	10,0	6,2	4,5	1,7	0,1	1,7
September 2002	607	20,3	12,7	9,9	2,8	0,9	1,9
Oktober 2002	2.112	70,7	50,4	7,9	42,5	3,5	39,0
November 2002	2.633	88,2	72,9	9,6	63,2	8,6	54,7
December 2002	4.097	137,2	117,5	5,3	112,2	15,1	97,1
Januari 2003	3.700	123,9	128,9	10,3	118,6	13,5	105,1
Februari 2003	2.970	99,4	105,8	7,3	98,4	11,5	86,9
Maart 2003	2.058	68,9	64,6	6,3	58,3	7,3	51,0
Totaal	21.934	734,4	654,6	82,4	572,3	65,0	507,2

Resultaten thermische zonnepanelen

Maand	Zonne- instraling (GJ)	Warmte zonnecollector aan buffervat (GJ)	SWW warmte ketels + zonneboiler (GJ)	SWW verbruik (GJ)	SWW Debiet (liter/ maand)	Rendement Collector (%)	Dekkings- graad (%)
Metercode (*)	S	C6	=C6+C4	C5.2	C5.1	=(C6/S) *100	=C6/(C6+C4) *100
April	16,9	4,3	11,1	4,2	28.758	25,4	38,9
Mei	17,0	4,2	10,6	3,7	25.931	24,7	39,6
Juni	19,7	5,3	9,0	3,0	21.994	27,2	59,3
Juli	19,1	4,8	9,2	2,9	21.939	25,3	52,3
Augustus	14,8	4,3	8,8	2,8	22.520	29,2	49,0
September	13,1	3,7	13,6	2,7	21.530	28,7	27,5
Oktober	9,4	2,4	10,2	1,9	26.035	25,0	23,1
November	6,2	0,9	10,6	0,5	24.905	15,0	8,8
December	3,8	0,6	5,9	0,6	25.698	15,0	9,7
Januari	4,5	0,7	11,0	0,8	22.790	15,0	6,2
Februari	9,5	3,5	10,9	2,1	22.011	37,4	32,5
Maart	15,1	4,3	10,6	3,9	24.784	28,4	40,5
Totaal (som)	149,2	39,1	121,5	29,0	288.895	26,2	32,2
Totaal (gem)	-	-	-	-	24.705	-	-

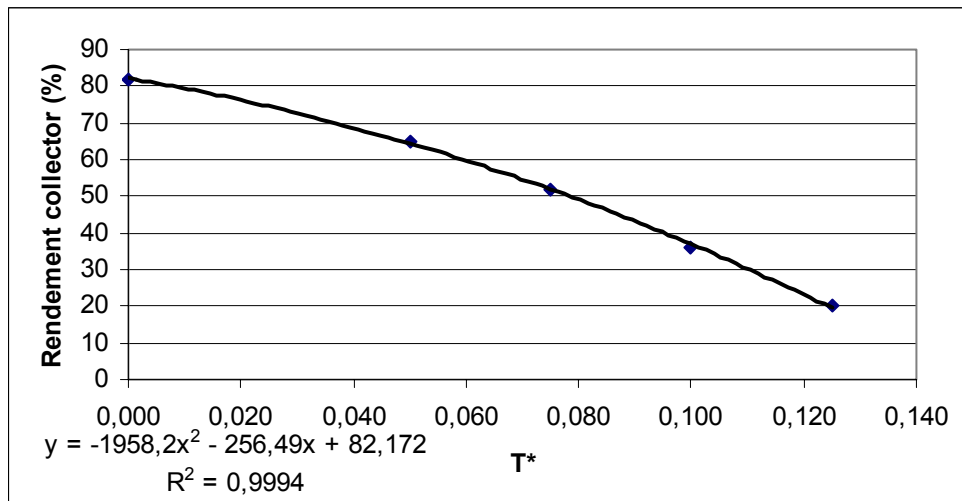
(*): zie figuur 1

BIJLAGE 2: VERBAND TUSSEN T* EN RENDEMENT ZONNECOLLECTOR IZEN

Het rendement van een zonnecollector wordt vaak weergegeven door een factor T* die rekening houdt met het temperatuursverschil tussen binnen- en buitentemperatuur en de invallende zonne-instraling. T* wordt echter dimensieloos weergegeven. De formule voor T* is:

$$T^* = T_{\text{collector}} (\text{°C}) - T_{\text{omgeving}} (\text{°C}) / \text{zonne-instraling} (\text{W/m}^2)$$

Figuur 17 geeft voor een IZEN zonnecollector het verband tussen T* en het rendement. Voor sanitaire toepassingen wordt vaak gewerkt in het gebied van T* tussen 0.075 en 0.1 [1].



Figuur 17: Verband tussen T en rendement zonnecollector [2]*

REFERENTIES

[1] Novem energiemap

[2] IZEN De Zonneboiler, Zonnemap 1999.

[3] Website <http://www.emis.vito.be>