

De Kroeven, Roosendaal

Passiefhuizen Beetslaan 91, 93 en 95



Rapportage Monitoring

Opdrachtgever: Aramis AlleeWonen
Participanten: Han van Zwieten Architecten BNA, VDM Woningen, Brink Climate Systems, Rockwool, De Vries Kozijnen, Trecodome
februari 2010

De Kroeven, Roosendaal

Passiefhuizen Beetslaan 91, 93 en 95

Rapportage Monitoring

dossier : A2963

registratienummer : LJ.A2963.R01

versie : 3

Opdrachtgever: Aramis AlleeWonen

Participanten: Han van Zwieten Architecten BNA, VDM Woningen, Brink Climate Systems, Rockwool, De Vries Kozijnen, Trecodome

februari 2010

INHOUD	BLAD
SAMENVATTING	3
1 INLEIDING	5
2 UITGANGSPUNTEN	6
2.1 Situatie	6
2.2 Passieffhuis	7
2.3 Bouwkundige uitgangspunten	8
2.4 Installaties	9
3 AANPAK MONITORING	11
4 VERWACHTE PRESTATIES	12
4.1 Energie	12
4.2 Binnenmilieu	13
5 VERLOOP MONITORING	15
5.1 Metingen	15
5.2 Luchtdichtheidsmetingen	15
5.3 Thermografische opnamen	16
6 RESULTATEN MOMENTOPNAMEN	17
6.1 Ventilatiegebieten	17
6.2 Installatiegeluid	18
6.3 Nachtventilatie	18
7 RESULTATEN BINNENKLIMAATMETINGEN	20
7.1 Woning Z2 (nr. 93)	20
7.2 Woning Z1 (nr. 91)	29
7.3 Woning Z3 (nr. 95)	32
8 ERVARINGEN BEWONERS	33
8.1 Bevindingen	33
8.2 Analyse	34
9 ENERGIEGEBRUIK EN ENERGIELEVERING	35
9.1 Energieverbruiken per woning	35
9.2 Analyse	37
10 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	39
10.1 Conclusies	39
10.2 Aanbevelingen en vervolgstappen	42
11 COLOFON	43

BIJLAGEN

- 1 Tekeningen van woning nr. 91 (Z1)
- 2 Tekeningen van woning nr. 93 (Z2)
- 3 Tekeningen van woning nr. 95 (Z3)
- 4 Overzicht gebruikte meetapparatuur
- 5 Voorbeeldpagina uit het logboek
- 6 Metingen luchtdichtheid
- 7 Metingen ventilatiedebieten
- 8 Energiegebruik woning nr. 93 (Z2)
- 9 Klimaatmetingen woning nr. 91 (Z1)
- 10 Klimaatmetingen woning nr. 93 (Z2)
- 11 Klimaatmetingen woning nr. 95 (Z3)

SAMENVATTING

In opdracht van en in samenwerking met Aramis AlleeWonen en met financiële ondersteuning van SenterNovem is door DHV een onderzoek verricht naar de prestaties van de 3 passiefhuizen in de wijk de Kroeven in Roosendaal. De 3 woningen in Roosendaal betreffen één van de eerste gerealiseerde passiefhuizen in Nederland. De woningen zijn gerealiseerd in opdracht van Aramis Allee Wonen in samenwerking met Han van Zwieten Architecten BNA, VDM Woningen, advies- en ingenieursbureau DHV, Brink Climate Systems, Rockwool Isolatie, De Vries Kozijnen en Trecodome. Dit rapport geeft de resultaten van het onderzoek naar de energie- en binnenmilieuprestaties. Het onderzoek bestaat uit een monitoring waarin wordt onderzocht in hoeverre het gerealiseerde project voldoet aan de in de ontwerpfase voorspelde prestaties ten aanzien van het energiegebruik en binnenmilieu.

De term Passiefhuis staat voor een specifieke manier van bouwen voor woningen met een goed binnenklimaat gedurende zowel winter als zomer, zonder traditioneel verwarmings- of koelsysteem. Dit wordt bereikt door een zeer goede thermische isolatie zonder koudebruggen en zeer goede luchtdichtheid van de constructie. Een goed binnenklimaat is verzekerd door zonwering, zomernachtventilatie en gebalanceerde ventilatie met een hoge mate van warmteterugwinning. De 3 passiefhuizen in Roosendaal zijn gebouwd met een houtskeletbouw constructie. De woningen bestaan uit 3 bouwlagen.

De woningen zijn opgeleverd en in gebruik vanaf de zomer en het najaar van 2008. De metingen zijn direct na oplevering en ingebruikname begonnen en hebben ruim een jaar geduurd. Tijdens de metingen is 1 woning (Z3) nog niet bewoond en alleen incidenteel in gebruik bij bezichtigingen of vergaderingen. 1 woning (Z2) is vanaf september bewoond. De andere woning (Z1) vanaf november. Woning Z2 is het meest uitgebreid gemeten. De metingen bestonden uit binnenklimaatmetingen (T, RV en CO₂) en momentopnamen (o.a. ventilatiedebieten en installatiegeluid).

In dit rapport zijn de metingen verwerkt. Als resultaat van de metingen is zeer veel data beschikbaar gekomen, welke in dit rapport tot de essentie teruggebracht. De metingen geven per woning inzicht in:

- Het energiegebruik
- Ventilatiecapaciteit
- CO₂ concentratie
- Luchttemperatuur
- Relatieve vochtigheid

Door middel van een logboek is inzicht verkregen in het gebruik en de ervaringen van de bewoners. Hierbij konden ook bijzonderheden vermeld worden.

Op basis van de metingen zijn geen algemeen geldende conclusies met betrekking tot passiefhuizen getrokken. Voor de in dit onderzoek onderzochte passiefhuizen kan worden gesteld dat ze op een aantal punten goed presteren, met name de kwaliteit van de binnenlucht en het stille ventilatiesysteem. De binnentemperaturen zijn soms aan de hoge kant. Met betrekking tot zomercomfort wordt voldaan aan de eisen van het GIW en PHPP. De hoge temperaturen worden veroorzaakt door onder andere het ontwerp, de uitvoering en het gebruik door de bewoners.

Het energiegebruik van de woningen wijkt af van de voorspellingen tijdens de ontwerpfase. De verdeling gas/elektra en verwarming/tapwater is anders dan voorspeld. Bovendien zijn de verschillen tussen de woningen groot, doordat de bezetting van de woningen afwijkt van de verwachte bezetting. In alle 3 de woningen is het gasverbruik voor verwarming aanzienlijk hoger dan verwacht. De belangrijkste oorzaken hiervan zijn hoge binnentemperaturen in het stookseizoen, een strenge winter, vermoedelijk lagere rendementen van de installaties en slechtere luchtdichting van de gebouwschil.

1 INLEIDING

In opdracht van en in samenwerking met Aramis Allee Wonen en met financiële ondersteuning van SenterNovem is door DHV een onderzoek verricht naar de prestaties van de 3 passiefhuizen in de wijk de Kroeven in Roosendaal. De 3 woningen in Roosendaal betreffen één van de eerste in Nederland gerealiseerde passiefhuizen. De woningen zijn ontworpen en gerealiseerd in opdracht van Aramis Allee Wonen in samenwerking met Han van Zwieten Architecten BNA, VDM Woningen, Adviesbureau DHV, Brink Climate Systems, Rockwool, De Vries Kozijnen en Trecodome.

Dit rapport beschrijft de resultaten van het onderzoek naar de energie- en binnenmilieuprestaties van de woningen. Het onderzoek bestaat uit een monitoring waarin wordt onderzocht in hoeverre het gerealiseerde project voldoet aan de in de ontwerpfase voorspelde prestaties ten aanzien van het energiegebruik en binnenmilieu.

2 UITGANGSPUNTEN

2.1 Situatie

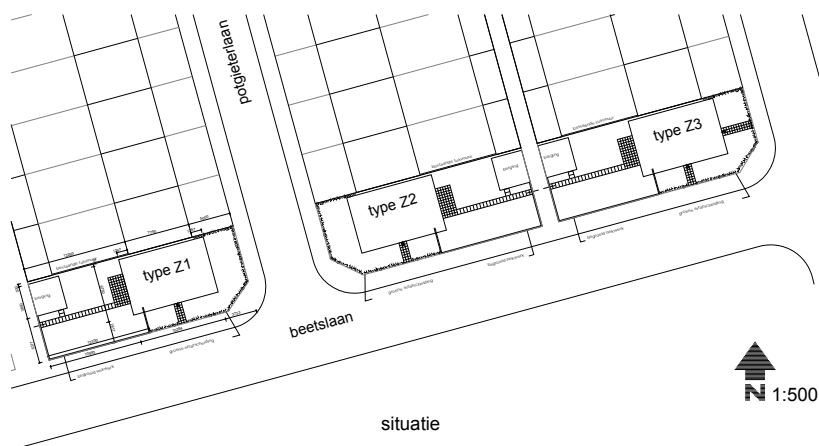
De wijk De Kroeven te Roosendaal betreft een woonwijk uit de jaren '70. Een aantal woningen zijn gesloopt en vervangen door nieuwbouw. Een andere groot deel van de woningen wordt gerenoveerd, variërend van gevelisolatie en gevelreiniging tot volledige renovatie op passiefhuis niveau.

Op de kop van 3 rijen woningen, op de plaats waar eerst plantsoenen aanwezig waren, zijn 3 nieuwe passiefhuizen gebouwd. De woningen zijn bewoond sinds de zomer en herfst van 2008.



Figuur 1: De 3 passiefhuizen zoals gebouwd op de kop van enkele rijwoningen (foto Han van Zwieten Architecten BNA)

In onderstaande figuur is de ligging van de 3 woningen weergegeven.



Figuur 2: Ligging van de 3 woningen (Z1 is nr. 91, Z2 is nr. 93 en Z3 is nr. 95)

Twee woningen beslaan volledig een woonfunctie (Z1 en Z2), de derde woning heeft op de begane grond een kantoorfunctie en op de 1^e en 2^e verdieping een woonfunctie (Z3).

In onderstaande tabel zijn de algemene kenmerken van de 3 woningen weergegeven.

Tabel 1: Algemene kenmerken van Z1, Z2 en Z3

Woning	Z1	Z2	Z3
Adres	Beetslaan 91	Beetslaan 93	Beetslaan 95
Ligging	Links (west)	Midden	Rechts (oost)
Functie	Woonfunctie	Woonfunctie	BG: Kantoorfunctie 1e + 2e verd.: Woonfunctie
Gebruiksoppervlak	161,6 m ²	161,6 m ²	149,6 m ²
Aantal bewoners	1 à 2	2	Geen
			Incidentele vergaderingen en bezichtigingen

In bijlage 1, 2 en 3 zijn de tekeningen van de woningen (Z1, Z2 en Z3) opgenomen.

2.2 Passiefhuis

Een passiefhuis is een comfortabele woning met een zeer lage warmtebehoefte. Door een specifieke manier van bouwen voor woningen met een goed binnenklimaat gedurende zowel winter als zomer, zonder traditioneel verwarmings- of koelsysteem.

Dit wordt bereikt door een zeer goede thermische isolatie zonder koudebruggen en zeer goede luchtdichtheid van de constructie. Een goed binnenklimaat is verzekerd door zonwering, zomernachtventilatie en gebalanceerde ventilatie met een hoge mate van warmteterugwinning.

Op basis van het voorgaande is het ontwerp-verwarmingsvermogen beperkt tot het vermogen dat kan worden getransporteerd door de minimaal vereiste ventilatielucht¹. Echter, in de daadwerkelijke ruimteverwarming kan ook anders worden voorzien dan via het ventilatiesysteem. Voor Nederland en België, onder omstandigheden vermeld in het PHPP rekenmodel, geldt dat:

- De totale energievraag voor ruimteverwarming en koeling moet beperkt blijven tot 15 kWh/m² gebruiksoppervlakte.
- De totale primaire energievraag voor alle toepassingen, sanitair warm water en ruimteverwarming en koeling is beperkt tot 120 kWh/m² gebruiksoppervlakte.
- De luchtdichtheid van de gebouw bedraagt maximaal 0,5 h⁻¹ bij een drukverschil van 50 Pa.

Overige kenmerken:

- Duurzame energiebronnen kunnen worden ingezet om aan de resterende energiebehoefte tegemoet te komen.
- Passief Bouwen is ook geschikt voor utiliteitsgebouwen zoals scholen en kantoren.
- Passiefbouw-technologieën zijn ook toepasbaar voor renovatie van bestaande gebouwen.

¹ gebaseerd op een ventilatievoud van 0,3 h¹ en een maximale luchttemperatuur van 52°C

2.3 Bouwkundige uitgangspunten

Gebouwschil

In de gebouwschil bedraagt de warmte weerstand (Rc-waarde) van de dichte delen 10 (m²K)/W. Dit is gerealiseerd in een houtskeletbouw constructie met houten I-profielen met daar tussenin in totaal 380 mm steenwol.

In de ramen is drievoudig glas toegepast met een warmtegeleiding (U-glas) van 0,58 W/(m²K). De ramen zijn geplaatst in nieuw ontwikkelde kozijnen van de Vries, met een warmtegeleiding (U-kozijn) van 1,09 W/(m²K).

De ramen maken gebruik van passieve zonne-energie mogelijk. De ramen zijn zowel op oost, west als zuid toegepast. Het grootste glasoppervlak bevindt zich in de zuidgevel.

Koudebruggen in de constructie zijn vermeden door aansluiting van kozijnen op de isolatie, en door doorlopende isolatie ter plaatse van aansluitingen.

Uitgangspunt voor realisatie van een passiefhuis betreft een luchtdichte gebouwschil. De $q_{v;10;kar}$ van een passiefhuis bedraagt maximaal 0,15 dm³/s.m², overeenkomend met een ventilatievoud van 0,5 h⁻¹ bij 5- Pa drukverschil.

Ventilatievoorzieningen voor nachtventilatie

In de gevels en in het dak zijn nachtventilatievoorzieningen opgenomen. Met deze voorzieningen is mogelijk om in de zomer de woning 's nachts af te koelen met buitenlucht. De voorzieningen zijn inbraakveilig te openen. Op de begane grond zijn ventilatieluiken opgenomen met roosters en insectengaas, zie Figuur 3. In het dak is een dakraam toegepast welke met afstandbediening geopend kan worden, zie Figuur 4. Het raam is voorzien van een regensensor en sluit automatisch bij regen. Op de verdiepingen bestaan de te openen delen uit draai-kiepramen.



Figuur 3: Nachtventilatie-rooster in woonkamer



Figuur 4: Dakraam op 2e verdieping ten behoeve van zomernachtventilatie

Buitenzonwering

In de zuid-, oost- en westgevel is buitenzonwering middels screens toegepast, zie Figuur 5. De screens zijn van binnenuit handmatig door de bewoners te bedienen. De pui in de woonkamer grenzend aan de tuin is voorzien van een uitvalscherf bij iedere woning.



Figuur 5: Buitenzonwering in de vorm van handmatig te bedienen screens is voorzien in vrijwel alle ramen en deuren

2.4 Installaties

De woningen zijn uitgevoerd met luchtverwarming en gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning. De warmteopwekking geschiedt met een zogenaamd passiefhuistoestel, dit is een geïntegreerd toestel voor passiefhuizen. Het toestel zorgt voor verwarming, voor ventilatie met een hoog rendement warmteterugwinning en voor warm tapwater. Daarbij wordt in woning Z1 en Z3 ook met collectoren zonnewarmte benut zowel voor verwarming als voor warmtapwaterbereiding.

In de woonkamer is een thermostaat opgenomen. Het systeem kan verder geregeld worden met een standenschakelaar voor het ventilatiesysteem. Het ventilatiesysteem is uitgerust met een recirculatieklep ter voorkomen van noodzaak van een ontvriezer in de toevoerlucht. Het systeem heeft geen bypass, er vanuit gegaan is dat dit overbodig is aangezien nachtventilatie wordt toegepast in warme perioden.



Figuur 6: Passiefhuistoestel (Foto Brink Climate Systems)

Toepassing van duurzame energieopwekking verschilt voor de drie woningen. Woning Z1 heeft verticale thermische zonnecollectoren in de gevel, woning Z2 heeft verticale PV-panelen voor elektriciteitsopwekking in de gevel en woning Z3 heeft een thermische zonnecollector op het dak. Beide thermische collectoren zijn aangesloten op de geïntegreerde zonneboiler combi.



Figuur 7: Woningen Z1 t/m Z3 (foto's Han van Zwieten Architecten BNA)

In onderstaande tabel zijn de specificaties van de zonnepanelen weergegeven.

Woning	Z1	Z2	Z3
Zonnecollector	Verticale collectoren + boiler, opp.: 8,8 m ²	-	Schuin geplaatst, op het dak $\alpha=27^\circ$ opp.: 3,12m ²
PV-cellen	-	Würth Solar WS 11007 12,4m ² ZW, 18 m ² ZO → tot 30,6 m ²	-
Overig	2x boiler vat ATAG S12 039 15 ltr	-	Serre met glazen lamellen

3 AANPAK MONITORING

Gedurende 1 jaar zijn metingen met betrekking tot energie en binnenmilieu uitgevoerd. In bijlage 4 is een overzicht opgenomen van gebruikte meetapparatuur.

Woningkeuze

Woning Z1 en Z2 zijn het meest uitvoerig gemeten. Z3 viel af voor uitgebreide metingen omdat deze woning niet bewoond is en slechts incidenteel in gebruik is. Bij aanvang van de metingen waren de woningen opgeleverd, maar kleine werkzaamheden moesten nog uitgevoerd worden. Woning Z1 was nog niet bewoond ten tijde van de start van het onderzoek.

Klimaatmetingen

Ten aanzien van het binnenmilieu is het verloop van de temperatuur (T), de relatieve vochtigheid (RV) en het CO₂-concentratie in de woningen gemeten, onderstaand een overzicht van welke metingen in welke ruimten per woning zijn uitgevoerd. Naast binnenklimaatmetingen zijn ook metingen van het buitenklimaat op 2 posities uitgevoerd. De metingen van de temperatuur en relatieve luchtvochtigheid hebben plaatsgevonden met intervallen van 20 minuten. De intervaltijd voor de CO₂ metingen bedraagt 10 minuten.

Tabel 2: Overzicht gemeten parameters per woning per ruimte

	Woning Z1			Woning Z2			Woning Z3		
	T	RV	CO ₂	T	RV	CO ₂	T	RV	CO ₂
Woonkamer	x	x		x	x	x	x	x	x
Keuken	x	x	x	x	x	x*			x
Slaapkamer 1	x	x		x	x	x			
Slaapkamer 2	x*	x*		x	x				
Slaapkamer 3				x	x	x*			
Hobbykamer	x	x		x	x				
Installatieruimte	x	x		x	x				
Luchtverwarming	x			x					
Gang (BG, verd 1, verd 2)	x*	x*		x	x				

* deze metingen zijn alleen uitgevoerd in de winter- en lenteperiode 2008-2009.

Metingen ten behoeve van woninggebruik

Informatie over het gebruik van de woning is deels gebeurd door het aanbrengen van sensoren in het ventilatiekanaal waarmee het aan/uit schakelen van verwarming is gemeten. Verder is het gebruik van de woning geregistreerd door de bewoners in logboeken. Ter illustratie is een pagina van het logboek opgenomen in bijlage 5.

Het logboek is van belang omdat hierin de bijzonderheden bijgehouden zijn, zoals hoeveel personen er in huis zijn (bijvoorbeeld in geval van een feestje, visite of vakantie), het gebruik van de zonwering, etc. Tevens kunnen de bewoners hierin aangeven hoe de woning bevalt ten aanzien van het comfort.

Momentopnamen

Naast de lange duur metingen, zijn ook momentopnamen in de woningen gedaan. Deze momentopnamen betreffen ventilatiedebiet metingen, nachtventilatiemetingen en geluidmetingen van installaties.

4 VERWACHTE PRESTATIES

4.1 Energie

Tijdens de ontwerpfase zijn berekeningen uitgevoerd om het energiegebruik van de woningen te voorspellen. Het betreft het energiegebruik voor ruimteverwarming, warm tapwater, ventilatie, verlichting. Ook is de verwachte opbrengst van de zonnecollectoren en PV-cellen bepaald.

De energiegebruiken zijn bepaald aan de hand van twee rekenmethoden, namelijk het rekenprogramma van de NPR 5128:2004, hieruit volgt de EPC-waarde welke nodig is voor het aanvragen van een bouwvergunning en het rekenprogramma PHPP (Passiv Haus Projektierung Paket). Het laatste is speciaal ontwikkeld voor het berekenen van passiefhuizen. Aan de hand van dit rekenprogramma kan bepaald worden of een woning voldoet aan de gestelde eisen voor een passiefhuis. Dit programma neemt ook het huishoudelijke energiegebruik mee in de berekening. Ten aanzien van klimaatdata is gerekend met klimaatgegevens van de Bilt uit PHPP.

Het verwachtte energiegebruik per woning volgens de PHPP en NPR 5128:2004 methode is weergegeven in Tabel 3. N.B. in het elektriciteitsgebruik is ook huishoudelijke elektriciteit opgenomen, gebaseerd op een gemiddeld gezin.

Tabel 3: Energieverbruiken herleid uit EPC en PHPP (vetgedrukt weergegeven betreffen het passiefhuis criterium van maximaal 15 kWh/m² warmtevraag, maximaal 120 kWh;prim/m² en het daarbij verwachte gas en elektriciteitsverbruik van de woningen).

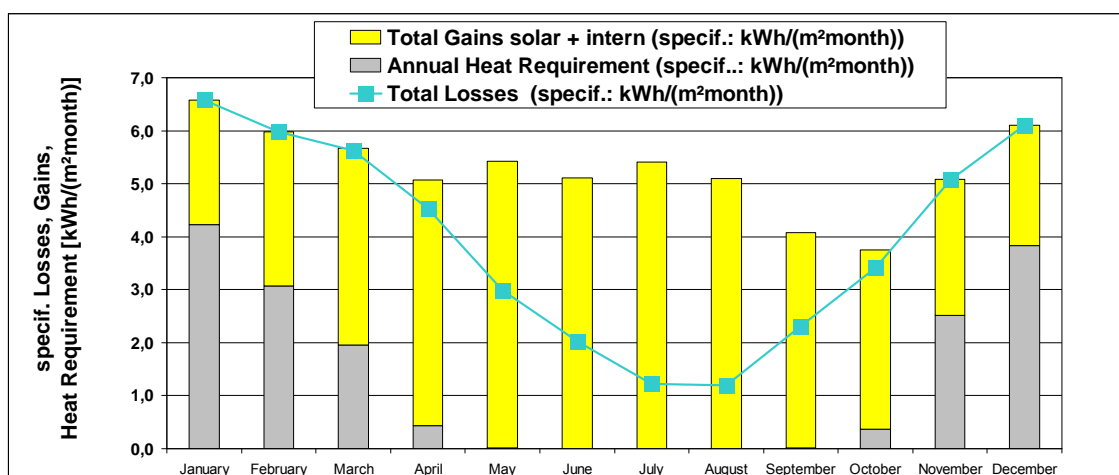
Woning Z1		PHPP	kWh;prim/m ²	Energiegebruiken	
		kWh/m ²		m ³	kWh
Gas	verwarming	15,5	17	312	
	tapwater		15	347	
	huishoudelijk		3	60	
Elektriciteit	gebruik		77		4842
Totaal			112	719	4842

Woning Z2		PHPP	kWh;prim/m ²	Energiegebruiken	
		kWh/m ²		m ³	kWh
Gas	verwarming	15,5	17	312	
	tapwater		26	483	
	huishoudelijk		3	60	
Elektriciteit	gebruik		77		4842
	opwekking		-20		-1257
Totaal			103	855	3585

Woning Z3		PHPP	kWh;prim/m ²	Energiegebruiken	
		kWh/m ²		m ³	kWh
Gas	verwarming	17,0	19	315	
	tapwater		15	275	
	huishoudelijk		3	60	
Elektriciteit	gebruik		77		4842
Totaal			114	650	4842

Het te verwachten energiegebruik van woning Z3 is in bovenstaande tabel bepaald voor een normale gezinssituatie. Deze voorspelling zal niet overeenkomen met het te verwachten verbruik tijdens de monitoring, aangezien de woning onbewoond is.

In onderstaande figuur zijn voor woning Z2 de te verwachten warmteverliezen en -winsten per maand weergegeven, bepaald met PHPP.



Figuur 8: Weergave van te verwachten warmteverliezen en -winsten per maand voor woning Z2, bepaald met PHPP

Het stookseizoen loopt naar verwachting van oktober t/m april.

4.2 Binnenmilieu

4.2.1 Ventilatie

Door de woning te ventileren wordt vervuilde lucht en vocht uit de woning geventileerd. Luchtvervuiling is afkomstig van personen en afkomstig van materialen.

Het ventilatiesysteem in een passiefhuis is een gebalanceerd ventilatiesysteem met een hoog rendement warmteterugwinning (HR-WTW).

De ventilatiecapaciteit is bepaald conform afdeling 3.10 van het Bouwbesluit en zal minimaal $82 \text{ dm}^3/\text{s} = 292 \text{ m}^3/\text{h}$ moeten bedragen in de hoogste stand van het ventilatiesysteem.

4.2.2 Nachtventilatie

Door voorzieningen op verschillende hoogtes in verschillende gevels en in het dak te openen kan de woning 's nachts sterk geventileerd worden. Bij zomernachtventilatie wordt een ventilatievoud van minimaal 4 aangehouden.²

² Bron: Uitwerkinstructie Toolkitconcepten Passiefhuis – SBR - 2009

4.2.3 Luchtkwaliteit

Als indicator van de kwaliteit van de binnenlucht wordt de concentratie koolstofdioxide (CO₂) gebruikt. De CO₂ concentratie wordt in de woningen gemeten.

Met betrekking tot de CO₂-concentratie in woonvertrekken bestaan er geen wettelijke eisen. Als uitgangspunt wordt vaak bijlage A van NEN 1089 gehanteerd, waarin op fysiologische grondslagen voor ventilatie een grenswaarde is aangegeven van 0,1 % (≈ 1.000 ppm) CO₂. Bij deze grenswaarde bedraagt de gewenste ventilatie ongeveer 25 m³/h per persoon.

4.2.4 Temperatuurverloop

Om de behaaglijkheid van het binnenklimaat te beoordelen kan gebruik worden gemaakt van een behaaglijkheidsdiagram. Een aanduiding van de vochtigheid in een woning kan worden verkregen uit het dampdrukverschil tussen binnen en buiten, waarbij in de regel wordt uitgegaan van het Van der Kooij diagram.

In het behaaglijkheidsdiagram zijn de contouren weergegeven waarbinnen het klimaat 'behaaglijk' en 'nog behaaglijk' is. In het mollierdiagram zijn de contouren opgenomen van 18 tot 23°C en 30 tot 70% relatieve luchtvochtigheid.

Ten aanzien van zomerfort gaat GIW/ISSO 2007 uit van een overschrijding van het behaaglijkheidsniveau van maximaal 300 uren in een referentie klimaatjaar. Passiefhuis, zijnde PHPP gaat uit van maximaal 876 uren temperatuuroverschrijding (is 10% van de gebruiksuren). De overschrijdingstemperatuur betreft 25 °C. De eis vanuit PHPP is daarmee soepeler dan GIW.

4.2.5 Installatiegeluid

In zowel het Bouwbesluit als GIW/ISSO-publicatie 2008 worden eisen gesteld aan het geluidniveau ten gevolge van een installatie. Onderstaand zijn beide eisen opgenomen:

- Bouwbesluit artikel 3.7; Een toilet met waterspoeling, een kraan, een mechanisch ventilatiesysteem, een warmwatertoestel, een installatie voor het verhogen van waterdruk of een lift van een gebruiksfunctie veroorzaakt in een verblijfsgebied van een gebruiksfunctie op een aangrenzend perceel een volgens NEN 5077 bepaald karakteristiek geluidsniveau van ten hoogste 30 dB(A).
- GIW/ISSO-publicatie 2008; Verwarmingsinstallaties, warmtapwaterinstallaties en ventilatieinstallaties mogen in de verblijfsgebieden van een woning niet meer geluid produceren dan 30 dB(A).

De eis uit het Bouwbesluit heeft betrekking op het geluidniveau in een verblijfsruimte in een aangrenzende woning, terwijl het GIW een eis stelt aan het geluidniveau in de eigen woning. De eis van het GIW is daarmee strenger dan de eis uit het Bouwbesluit. Toetsing zal derhalve plaatsvinden aan de GIW-eisen.

Bij een te hoog geluidsniveau zal de installatie overlast bezorgen aan de bewoners, waardoor de kans bestaat dat de bewoners de installatie zullen uitschakelen met alle gevolgen van dien.

5 VERLOOP MONITORING

Gedurende ruim 1 jaar is gemeten, in de periode september 2008 t/m oktober 2009. Dit hoofdstuk beschrijft discussiepunten tijdens de uitwerking en uitvoering van de metingen. Tevens worden een aantal aspecten genoemd die van invloed zijn op de beoordeling van de meetresultaten.

5.1 Metingen

De volgende aspecten zijn van invloed gebleken op de monitoring en de beoordeling van de meetresultaten:

- Door kinderziekten van het systeem zijn diverse monteurs bij de bewoners langs geweest. Deze monteurs hebben soms instellingen van de ventilatie of verwarmingsketel gewijzigd. Niet gedocumenteerd is wanneer en wat er precies is gewijzigd.
- Woning Z1 was pas later klaar om te kunnen meten.
- Woning Z3 was onbewoond (van tevoren bekend).
- Het logboek van woning Z1 is niet ingevuld door de bewoners.

Door bovengenoemde aspecten zijn een aantal meetresultaten onbruikbaar gebleken of verloren. Door de late bewoning van Z1 en de onbewoonde situatie van Z3 is alleen woning Z2 volledig gemeten. Dit is een kleine steekproef, zeker als daarbij in ogenschouw wordt genomen dat de woning in het eerste jaar nog onderhavig is aan kinderziekten.

Tijdens bezoeken aan de woningen in de zomer constateerden we regelmatig dat de zonwering gering wordt gebruikt. Een voorbeeld betreft 8 september 2009 waarbij de zonwering niet omlaag was en de temperatuur buiten 30 °C was.

Klimaat

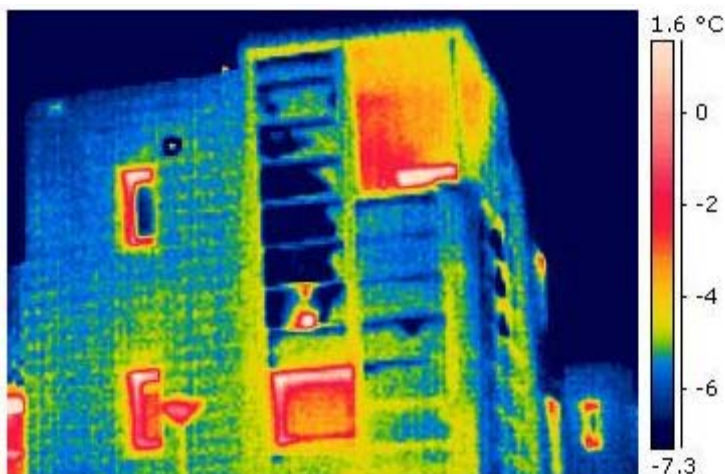
Energieverbruiken en optredende temperaturen zijn afhankelijk van het buitenklimaat. De winter van 2008-2009 was een relatief koude winter. Het aantal graaddagen van het referentiejaar, zoals gebuikt in PHPP bedraagt 2618. In de winter van 2008-2009 betreft het aantal graaddagen 2898. Dat betekent dat het aantal graaddagen tijdens de meetperiode meer dan 10% hoger ligt en het te verwachten energiegebruik voor verwarmen hoger ligt.

5.2 Luchtdichtheidsmetingen

In de uitvoeringsfase en na oplevering is de luchtdichtheid van de woning getest. In Figuur 9 is een foto van de meetopstelling opgenomen.



Figuur 9: Blowerdoortest, uitgevoerd door b/e Visie, ten behoeve van metingen luchtdichting



Figuur 10: Thermografie van gevel Z2 (nr.93) (bron Morhenne)

De luchtdichting van de woning voldoet niet aan de passiefhuis eisen, zijnde een maximaal ventilatievoud van $0,50 \text{ h}^{-1}$ bij 50 Pa drukverschil in de woning of een $Q_{v10;kar}$ van maximaal $0,15 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$. De $q_{v10;kar}$, gemeten op 15 augustus 2008, van Z1, Z2 en Z3 van respectievelijk 0,31, 0,28 en $0,34 \text{ dm}^3/\text{s.m}^2$. Aanvullende werkzaamheden zullen nog uitgevoerd worden om de luchtdichtheid op het gewenste niveau te krijgen.

Zie bijlage 6 voor de resultaten van de blowerdoortest. De resultaten zijn overgenomen uit de rapportage van b/e Visie d.d. 22-08-2008 met kenmerk RBDT2008007.

5.3 Thermografische opnamen

Met behulp van een thermografische infraroodcamera is gecontroleerd op naden en kieren in de uitvoeringsfase. Ondanks de zorgvuldige verwerking van het isolatiemateriaal laat de camera een enkele keer het warmteverlies ter plaatse van een horizontale kier zien. Daarnaast is door het Duitse Ingeniebüro Morhenne GbR een thermografisch onderzoek uitgevoerd op 27 januari 2009. Zie een voorbeeld foto in Figuur 10.

In het rapport van de thermografische opnamen van Morhenne zijn de volgende bevindingen beschreven:

- De buitenwanden worden van binnenuit licht opgewarmd, terwijl de constructie met buitenlucht geventileerd wordt. Mogelijk het gevolg van luchtlekken rondom de kozijnen.
- De ramen zijn bij de aansluiting licht opgewarmd (luchtlekken).
- Lichte opwarming ter plaatse van de fundering.
- Muuraansluiting met naastgelegen rijwoning in dakaansluiting vertoont warmtelek, mogelijk ten gevolge van koudebrug of een lek vanuit de rijwoning.
- In het algemeen zijn de deuren en ramen de grootste warmtelekken.

6 RESULTATEN MOMENTOPNAMEN

6.1 Ventilatiegebieten

Op 9 september 2008 zijn in woning Z2 de ventilatiegebieten gemeten van de toe- en afvoerroosters. In onderstaande tabel zijn de meetresultaten weergegeven. Van woning Z1 zijn de meetresultaten weergegeven in bijlage 7.

Tabel 4: Ventilatiegebiet metingen per ventilatiestand in woning Z2

Verdieping		Ruimte		Ventilatiegebiet [m ³ /h] per ventilatiestand					
				Stand 1		Stand 2		Stand 3	
				toe	af	toe	af	toe	af
BG	woonkamer	41,4		46,8		86,4			
BG	hal	43,2		47,5		54			
BG	toilet		14,4		21,6		28,8		
BG	keuken	-		-		-			
BG	keuken		18		34,2		47,5		
V1	badkamer	14,4	25,2	27	50,4	37,8	79,2		
V1	slaapkamer, kl W	18		14,4		21,6			
V1	slaapkamer, gr W	13,7		19,8		25,9			
V1	slaapkamer, kl O	27		43,2		57,6			
V1	hal	-		-		-			
V2	hal	4,7		6,5		11,5			
V2	installatiehok	5,4	50,4	12,6	91,8	25,2	136,8		
V2	hobbykamer	36		21,6		36			
V2	hobbykamer	29,5		25,2		36			
V2	hobbykamer	-		-		-			
V2	boven trap		-		-		-		
TOTAAL	m ³ /h	233	108	265	198	392	292		
recirculatie	toe-af	125		67		100			

Een enkel rooster was niet goed bereikbaar voor de meetapparatuur en daardoor niet (goed) te meten. Desalniettemin kan met bovenstaande meetresultaten gesteld worden dat er in totaal ongeveer 392 m³/h geventileerd kan worden in stand 3 van het ventilatiesysteem (292 m³/h verse lucht en 100 m³/h recirculatielucht).

Het ventilatievoud in de woning bedraagt 0,7 h⁻¹. Het debiet van 292 m³/h komt overeen met de vereiste hoeveelheid ventilatie voor deze woning conform het Bouwbesluit, zijnde 292 m³/h. Het vereiste debiet in de keuken, zijnde 75 m³/h, wordt niet behaald.

Het systeem maakt gebruik van recirculatie. Een deel van de afgezogen lucht wordt direct weer toegevoerd.

Na deze metingen zijn er nog door externe partijen metingen verricht aan het systeem. De invloed van eventuele wijzigingen aan het systeem zijn niet bekend.

6.2 Installatiegeluid

Op dinsdagmiddag 8 september 2009 zijn geluidmetingen in woning Z3 uitgevoerd. Bij de metingen is gebruik gemaakt van de volgende meetapparatuur:

- Geluidniveaumeter, fabrikaat Rion, type NA-27;
- ½ inch microfoon, fabrikaat Rion, type UC-53;
- Akoestische kalibrator (klasse 1), fabrikaat Brüel & Kjær, type 4231.

Tijdens de geluidmetingen is het equivalente geluidniveau veroorzaakt door het gebalanceerde ventilatiesysteem in de verschillende verblijfsruimten van woning Z3 bepaald. De resultaten zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 5: Gemeten geluidniveau in woning Z3

Ruimte	Geluidniveau $L_{A,eq}$ [dB(A)] ³		Voldoet ja/nee	Toelichting
	Stand 1	Stand 3 ⁴		
BG – Installatieruimte	40	55	n.v.t.	Geen verblijfsruimte
BG – Kantoorruimte	20	26	ja	Ruimte getoetst als woonfunctie
BG – Entree	23	33	n.v.t.	Geen verblijfsruimte
1 ^e verd. – Keuken	20	31	Ja	Bij de minimaal benodigde ventilatiecapaciteit conform het Bouwbesluit ligt het gemeten geluidniveau 1 dB boven de GIW-eis. Dit valt binnen de meetnauwkeurigheid van ± 1 dB
1 ^e verd. – Woonkamer	20	26	Ja	--
2 ^e verd. – Slaapkamer 1	21	25	Ja	--
2 ^e verd. – Slaapkamer 2	22	24	Ja	--
2 ^e verd. – Badkamer	24	29	n.v.t.	Geen verblijfsruimte

Uit bovenstaande meetresultaten kan geconcludeerd worden dat het geluidniveau van het gebalanceerde ventilatiesysteem voldoet aan gestelde eisen.

6.3 Nachtventilatie

Op dinsdagavond 8 september 2009 zijn capaciteitsmetingen uitgevoerd ten aanzien van de nachtventilatievoorzieningen in woning Z3. Door CO₂ gas in verhoogde concentratie te verspreiden in de woningen, is met behulp van het meten van het verval van de concentratie het ventilatievoud bepaald. Tijdens de metingen waren geen andere CO₂ bronnen in de woning aanwezig.

De gemiddelde buitentemperatuur tijdens de meting was ongeveer 27°C. Bij aanvang van de metingen was de buitentemperatuur 29°C, aan het einde van de metingen was de buitentemperatuur 22°C. De gemiddelde binnentemperatuur tijdens de metingen was 23,4°C. Bij aanvang van de metingen was de binnentemperatuur ruim 24°C, aan het einde van de metingen was de binnentemperatuur 22°C. Tijdens zomernachten is de buitentemperatuur lager dan de binnentemperatuur waardoor de ventilatie zeer efficiënt is. Tijdens de metingen was dit niet het geval waardoor de gemeten situatie ongunstiger is dan de werkelijkheid.

De volgende situaties zijn gemeten:

³ Meetresultaten zijn niet gecorrigeerd voor de nagalmtijd

⁴ Stand 3 komt overeen met de benodigde ventilatiecapaciteit conform Bouwbesluit

- dakraam open, rest dicht;
- dakraam open, ventilatieluiken open.

De resultaten van de metingen zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 6: Gemeten ventilatievouden in woning Z3 bij open nachtventilatievoorzieningen en ramen

Situatie			Ventilatievoud [h^{-1}]
Dakraam	Begane grond nachtventilatie-roosters	Verdiepingen 1 raam	Woning Z3
<i>Begane grond</i>			
Open			2,4
Open	Open	Open	4,6
<i>1^e verdieping</i>			
Open			2,8
Open	Open	Open	3,7
<i>2^e verdieping</i>			
Open			4,6
Open	Open	Open	2,5*

* tijdens deze metingen is een wisselende verval waargenomen waardoor de betrouwbaarheid van deze waarde beperkt is.

Analyse

Het gewenste ventilatievoud voor nachtventilatie van 4 à 5 h^{-1} wordt behaald met de voorzieningen indien zowel het dakraam, de nachtventilatie-rooster op de begane grond als het raam op de 1^e verdieping geopend zijn.

De gemeten situatie betreft een worse case scenario. In werkelijkheid hebben de bewoners de mogelijkheid om meer ramen te openen.

Geconcludeerd kan worden dat de voorzieningen in de woningen voldoende capaciteit hebben om een voldoende hoog ventilatievoud te bereiken voor nachtventilatie.

7 RESULTATEN BINNENKLIMAATMETINGEN

Gedurende ruim een jaar zijn in de passiehuizen in de wijk de Kroeven te Roosendaal metingen aan het binnenklimaat uitgevoerd. De binnenklimaatmetingen hebben plaatsgevonden van september 2008 t/m oktober 2009. In dit hoofdstuk worden de resultaten van de metingen in de woningen besproken. De resultaten zijn weergegeven en beoordeeld in 4 perioden: herfst 2008, winter 2008-2009, lente 2009 en zomer 2009. In deze volgorde worden de meetresultaten in dit hoofdstuk ook beschreven. De resultaten van woning Z2 (huisnummer 93), worden uitvoerig besproken.

Zoals reeds in hoofdstuk 5 besproken zijn door diverse omstandigheden de metingen in woning Z1 (nr. 91) en Z3 (nr. 95) zijn minder uitgebreid en minder representatief voor een goede beoordeling. De metingen in woning Z1 zijn later gestart en woning Z3 is minder representatief omdat deze niet bewoond is. De metingen van Z2 (nr. 93) worden om deze redenen het meest uitgebreid behandeld. De meetresultaten van Z1 en Z3 komen in dit hoofdstuk beknopt aan bod. De volledige resultaten zijn per woning gescheiden weergegeven in de bijlagen 9, 10 en 11. Onderstaand worden eerst de resultaten van woning Z2 behandeld. Daarna worden meer beknopt de resultaten van woning Z1 en Z3 besproken.

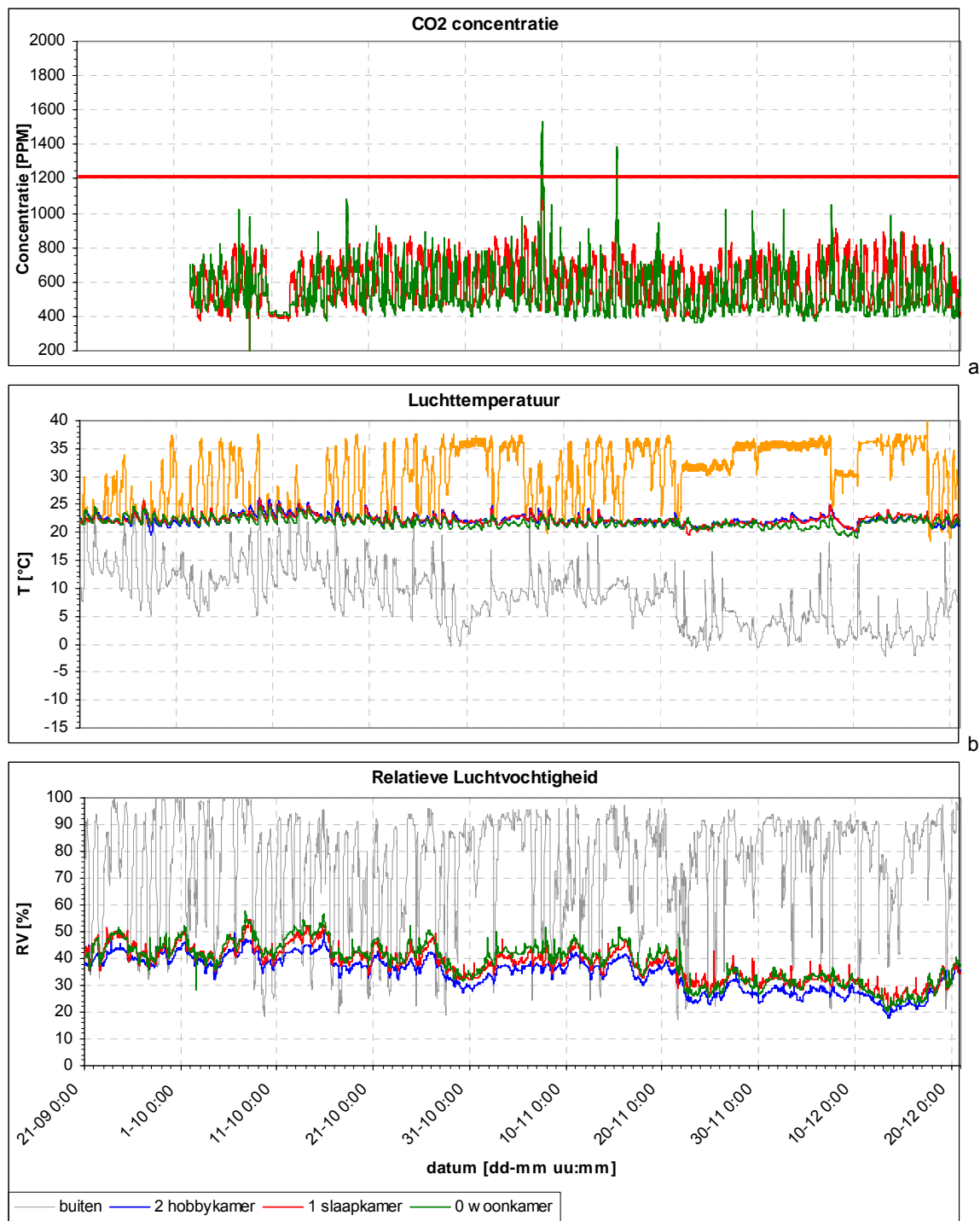
7.1 Woning Z2 (nr. 93)

In verschillende vertrekken van de woning is de CO₂ concentratie, de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gemeten. De metingen zijn onder andere verricht in de woonkamer (begane grond), de slaapkamer (1^e verdieping) en de hobbykamer (2^e verdieping). In bijlage 10 zijn de meetresultaten van woning Z2 uitgebreid weergegeven. In de bijlage worden achtereenvolgens de CO₂-concentratie, de luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid in een aantal vertrekken en buiten weergegeven. De luchttemperatuur samen met de temperatuur van de aanvoerlucht van de luchtverwarming weergegeven. Vervolgens zijn in de bijlage de gemiddelde binnentemperatuur van alle vertrekken opgesomd waarbij inzichtelijk is gemaakt hoe deze variëren gedurende een dag. Ook is voor een aantal korte periodes met typisch verloop van CO₂-concentratie, temperatuur en luchtvochtigheid de meetdata weergegeven. Tot slot is de data voor analyse weergegeven in behaaglijkheidsdiagrammen en Van der Kooij diagrammen en zijn de temperatuuroverscheidingsuren inzichtelijk gemaakt.

7.1.1 Meetresultaten herfst 2008

Klimaatmetingen

Tijdens de herfst van 2008 hebben metingen m.b.t. CO₂-concentratie (CO₂), luchttemperatuur (T) en relatieve luchtvochtigheid (RV) plaatsgevonden in de woningen en buiten. In Omvang rapport zijn de meetresultaten van een aantal vertrekken weergegeven. In figuur 11a is de gemeten CO₂ concentratie in de woonkamer en in de slaapkamer weergegeven. De metingen zijn gestart op 3 oktober. In figuur 12b is de gemeten luchttemperatuur in een aantal vertrekken en buiten weergegeven. Ook is in deze grafiek de aanvoertemperatuur van de luchtverwarming weergegeven. In figuur 13c is de relatieve vochtigheid weergegeven en de bijbehorende legenda.



Figuur 11: Resultaten van de klimaatmetingen buiten, in de woonkamer, op de 1^e verdieping in de slaapkamer en op de 2^e verdieping in de hobbykamer tijdens de herfst van 2008.

In de metingen van de CO₂-concentratie is zichtbaar dat de waarden overdag variëren van ongeveer 400 ppm tot 800 ppm. Een aantal keren zijn in de woonkamer waarden tot boven 1000 ppm waargenomen.

Eénmaal is er een piek waargenomen van ruim 1500 ppm (7 november 2008 om 21:20 uur) en éénmaal is een concentratie van ongeveer 1400 ppm waargenomen (15 november 2008 om 14:40 uur).

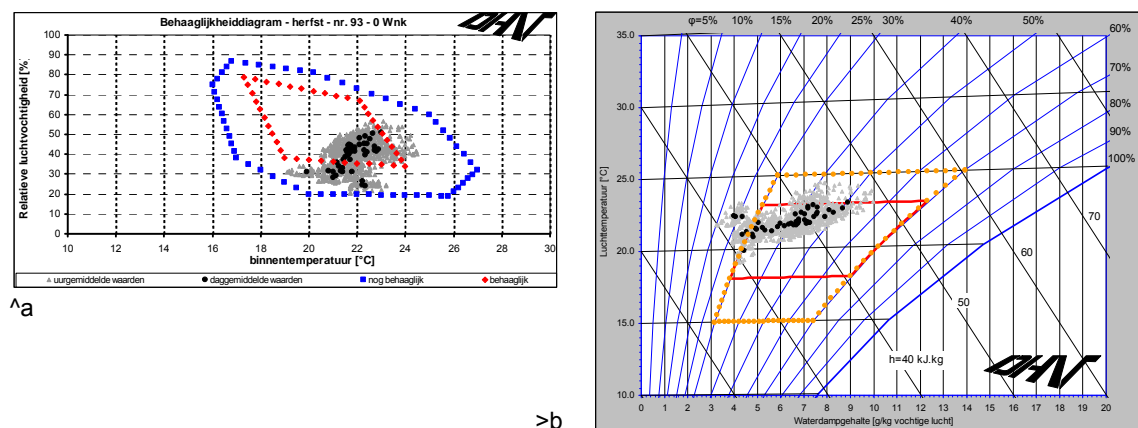
Op basis van deze resultaten kan geconstateerd worden dat in de herfstperiode de luchtkwaliteit in de woning goed is. Er wordt voldoende geventileerd voor de aanwezige personen.

De gemiddelde luchttemperatuur is 21,8 °C in de woonkamer, 22,3 °C in de slaapkamer en de hobbykamer. In de bijlagen is zichtbaar dat nachtverlaging nauwelijks waarneembaar is in de woning. Het temperatuurverschil tussen de nacht en de middag is kleiner dan 1 °C. De vertrekken op de verdiepingen zijn gemiddeld iets warmer dan de vertrekken op de begane grond.

Behaaglijkheid

Om de behaaglijkheid te beoordelen kan de data weergegeven worden in een behaaglijkheidsdiagram. Vaak wordt ook gebruik gemaakt van een mollierdiagram. In figuur 12 zijn de meetresultaten van de woonkamer weergegeven in een behaaglijkheidsdiagram en een mollierdiagram. De resultaten van de slaapkamer en de hobbykamer vertonen een sterk vergelijkbaar beeld. In de bijlagen zijn ook de resultaten van de andere vertrekken opgenomen.

In het behaaglijkheidsdiagram zijn de contouren weergegeven waarbinnen het klimaat 'behaaglijk' en 'nog behaaglijk' is. In het mollierdiagram zijn de contouren opgenomen van 18 tot 23°C en 30 tot 70% relatieve luchtvochtigheid. Dit gebied geldt als een zeer comfortabel. In het mollierdiagram zijn ook de contouren opgenomen van 15 tot 25°C en 30 tot 70%. De bovengrens van 25 °C laat zien wanneer er sprake is van temperatuuroverschrijdingen.

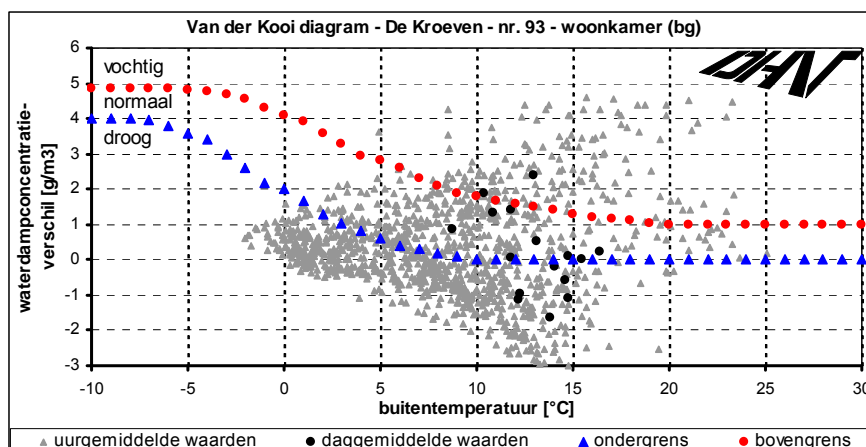


Figuur 12: weergave van de meetdata van de woonkamer in een behaaglijkheidsdiagram (a) en een deel van een mollierdiagram (b).

In de behaaglijkheidsdiagrammen is zichtbaar dat gedurende het grootste deel van de tijd het binnenklimaat behaaglijk is. Soms is de lucht in de vertrekken aan de droge kant.

Vochtigheid

Wanneer de meetresultaten in een Van der Kooi Diagram worden weergegeven kan de vochtigheid in de verschillende vertrekken nader worden bestudeerd. In figuur 13 is de meetdata van de herfst van 2008 van de woonkamer weergegeven. Ook hier vertonen de resultaten van de slaapkamer en de hobbykamer een sterk vergelijkbaar beeld. In de bijlagen zijn ook de resultaten van de andere vertrekken opgenomen.



Figuur 13: Meetdata van de herfst van 2008 van de woonkamer weergegeven in een Van der Kooi diagram.

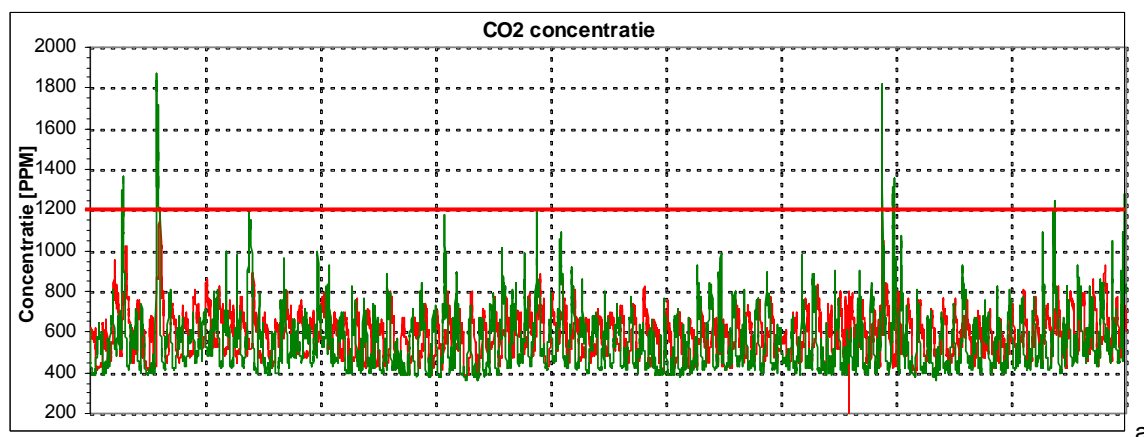
In het grootste deel van de tijd is het klimaat in de woning normaal tot droog. Dit betekent dat er voldoende geventileerd wordt in verhouding tot de vochtbronnen in de woning (personen, douche, was e.d.)

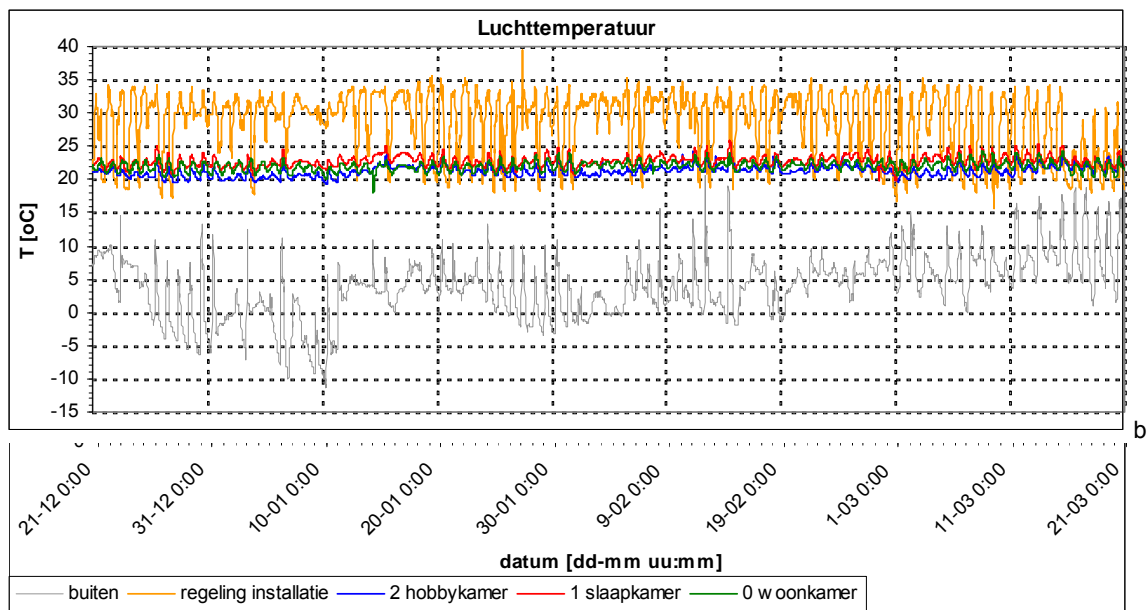
7.1.2 Meetresultaten winter 2008-2009

Klimaatmetingen

Tijdens de winter van december 2008 tot en met maart 2009 hebben metingen plaatsgevonden in de woningen. In figuur 14 t/m 17 zijn de meetresultaten hiervan weergegeven. In figuur 14a is de gemeten CO₂ concentratie in de woonkamer en in de slaapkamer weergegeven. In figuur 14b is de gemeten luchttemperatuur weergegeven. Ook is in deze grafiek de aanvoertemperatuur van de luchtverwarming weergegeven. Het verloop van de CO₂ concentratie en de temperaturen in de vertrekken laat een sterk vergelijkbaar beeld zien als zichtbaar is bij de metingen tijdens de herfst. De hoogst gemeten CO₂ concentratie betreft tweemaal ruim 1800 ppm (12 december 2008 om 17:00 uur en 27 februari 2009 om 20:00 uur). Ook tijdens de winterperiode is nachtverlaging niet of nauwelijks waarneembaar.

Op basis van deze resultaten kan geconstateerd worden dat in de herfstperiode de luchtkwaliteit in de woning goed is. Er wordt voldoende geventileerd voor de aanwezige personen.

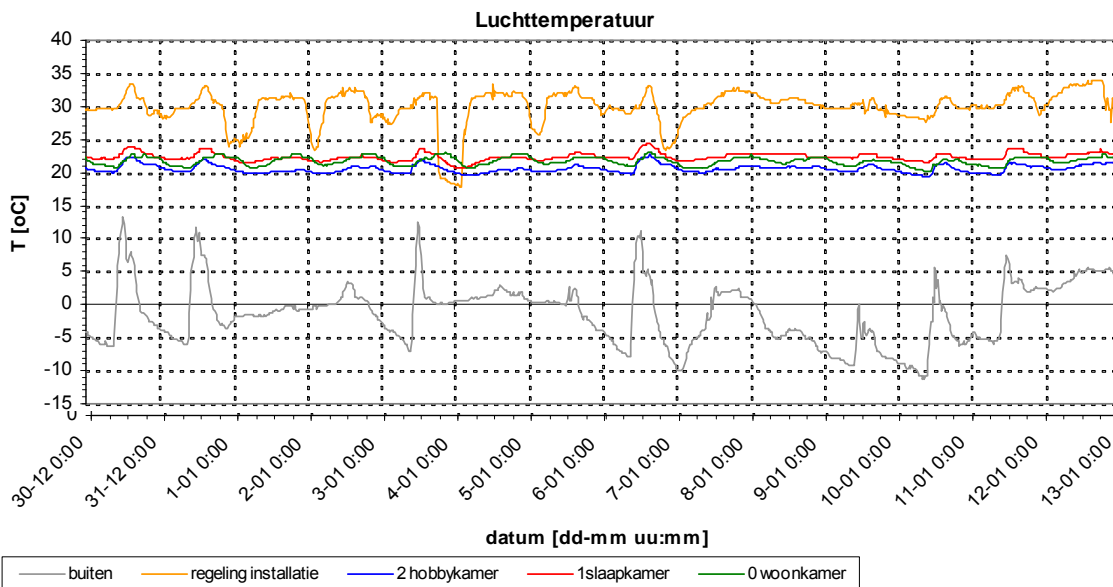




Figuur 14: Resultaten van de klimaatmetingen buiten, in de woonkamer, op de 1^e verdieping in de slaapkamer en op de 2^e verdieping in de hobbykamer tijdens de winter 2008-2009.

Koude winterperiode

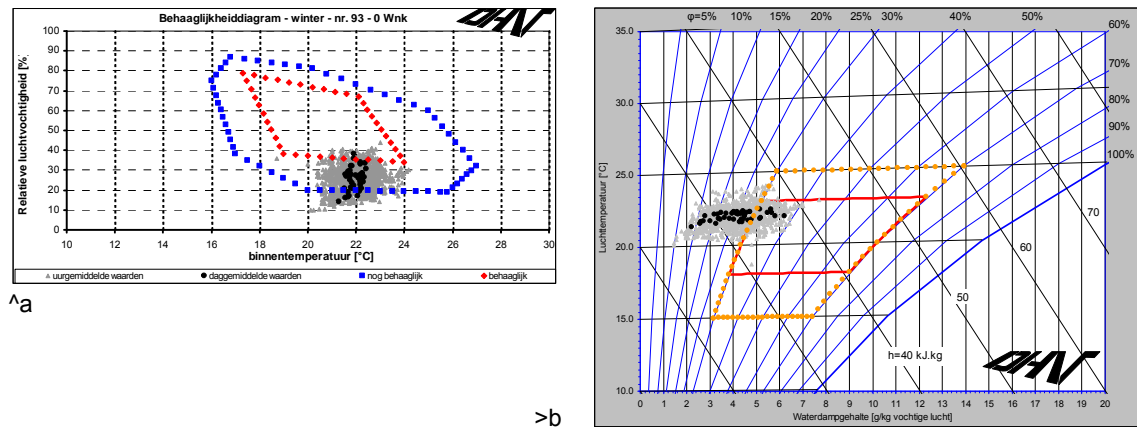
In onderstaande figuur zijn de luchttemperaturen weergegeven voor tijdens een koude periode van de winter 2008-2009.



Figuur 15: Resultaten van de klimaatmetingen buiten, in de woonkamer, op de 1^e verdieping in de slaapkamer en op de 2^e verdieping in de hobbykamer tijdens een koude winterperiode.

Behaaglijkheid

In figuur 16a en b zijn de resultaten van de woonkamer weergegeven in een behaaglijkeidsdiagram en een mollierdiagram. De meetdata van de overige vertrekken laten een sterk overeenkomstig beeld zien.

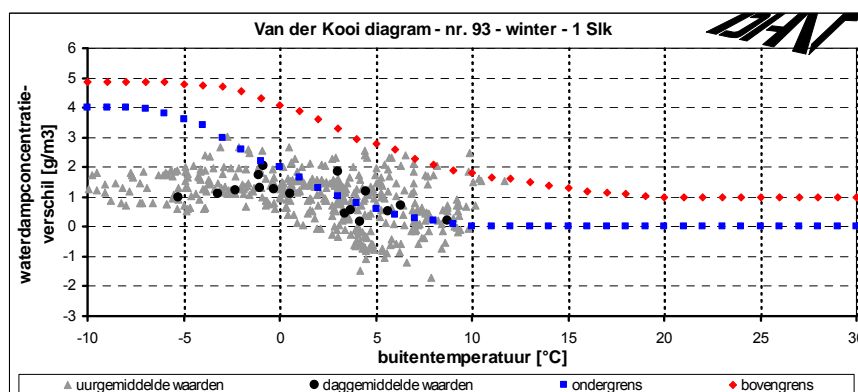


Figuur 16: Weergave van de meetdata van de woonkamer in (a) een behaaglijkeidsdiagram en (b) een mollierdiagram.

Uit de resultaten blijkt dat tijdens de winterperiode de luchtvochtigheid in de woning aan de lage kant is. Doordat de absolute luchtvochtigheid in de buitenlucht tijdens dit seizoen laag is en er geen bevochtiging van de ventilatielucht plaats vindt, sluit dit aan bij de verwachtingen.

Vochtigheid

Wanneer de meetresultaten in een Van der Kooi Diagram worden weergegeven kan de vochtigheid in de verschillende vertrekken nader worden bestudeerd. In figuur 17 is de meetdata van de winter van 2008-2009 van slaapkamer weergegeven. De woonkamer en hobbykamer zijn in de bijlage weergegeven.

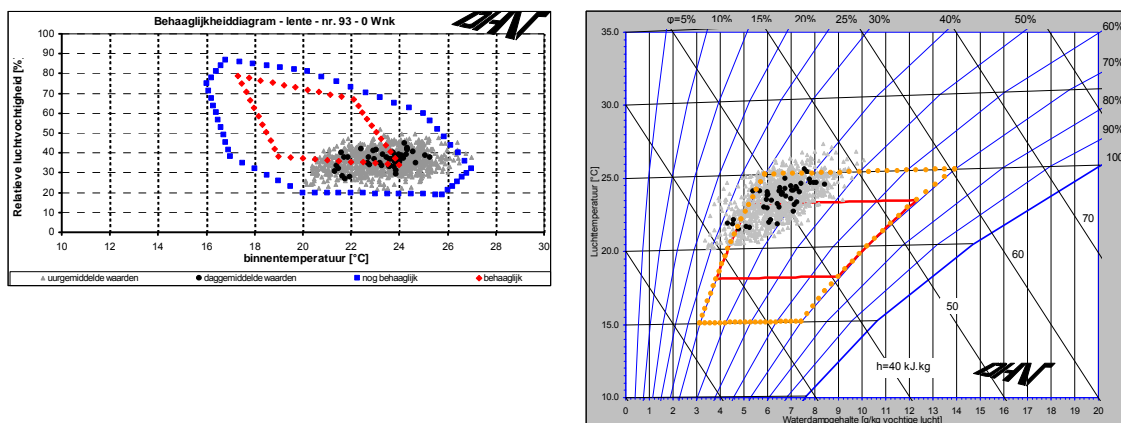


Figuur 17: Meetdata van de winter van 2008-2009 van de slaapkamer weergegeven in Van der Kooi diagrammen.

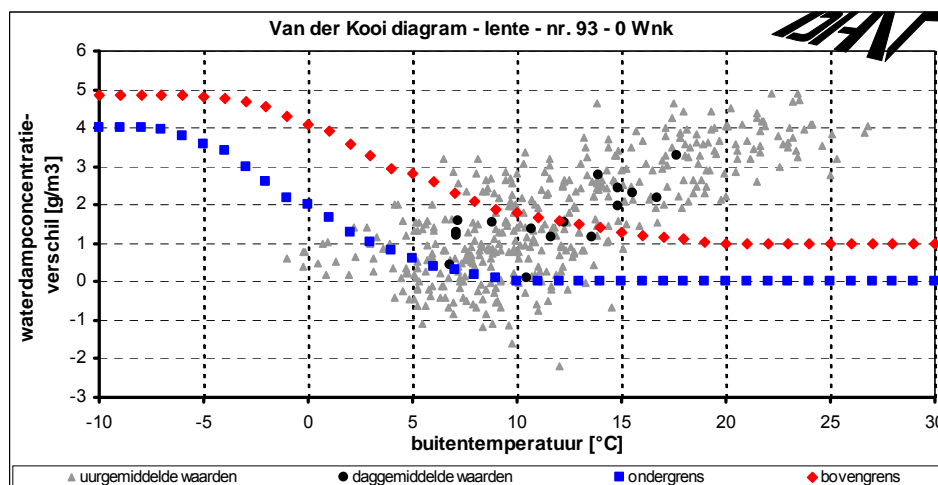
In het grootste deel van de winter is het klimaat in de woning normaal tot droog. Er is echter een spreiding waarneembaar. De daggemiddelde waarde geeft aan dat met name de slaapkamer op enkele momenten vochtig is. Dat betekent dat er gemiddeld en in het grootste deel van de winter voldoende geventileerd wordt in verhouding tot de vochtbronnen in de woning (personen, douche e.d.), maar dat in slaapkamer enkele momenten zijn waarop onvoldoende geventileerd wordt of er overmatig vocht geproduceerd wordt.

7.1.3 Meetresultaten lente 2009

Onderstaand zijn enkel de behaaglijkheidsdiagrammen en van der Kooi diagrammen weergegeven van de metingen gedurende de lente van woning Z2 (nr. 93). In bijlage 10 zijn alle meetgegevens opgenomen. De duurmetingen tijdens deze periode laten geen vreemde resultaten zien. In de CO₂-concentraties is een aantal pieken zichtbaar. De hoogste waarde bedraagt ruim 1900 ppm. Bij de weergave van de luchttemperaturen is zichtbaar dat tijdens het begin van de lente de buitentemperatuur voldoende hoog was waardoor de luchtverwarming is uitgeschakeld. De gemiddelde binnentemperatuur op de begane grond is tijdens deze periode iets warmer dan de binnentemperatuur tijdens de lente en de winter. In onderstaande figuren is enkel de data van de woonkamer weergegeven. De metingen van de andere vertrekken laten een vergelijkbaar patroon zien. De temperaturen zijn verdeeld over 'behaaglijk' en 'nog behaaglijk' ten gevolge van warme binnentemperaturen. Waarneembaar is dat de meeste daggemiddelde waarden verdeeld zijn over 'behaaglijk' en 'nog behaaglijk', door de hogere temperaturen die optreden in de woning.



Figuur 18: Meetdata van de woonkamer tijdens de lente weergegeven in behaaglijkheidsdiagram



Figuur 19: Meetdata van de woonkamer tijdens de lente weergegeven in Van der Kooij-diagram

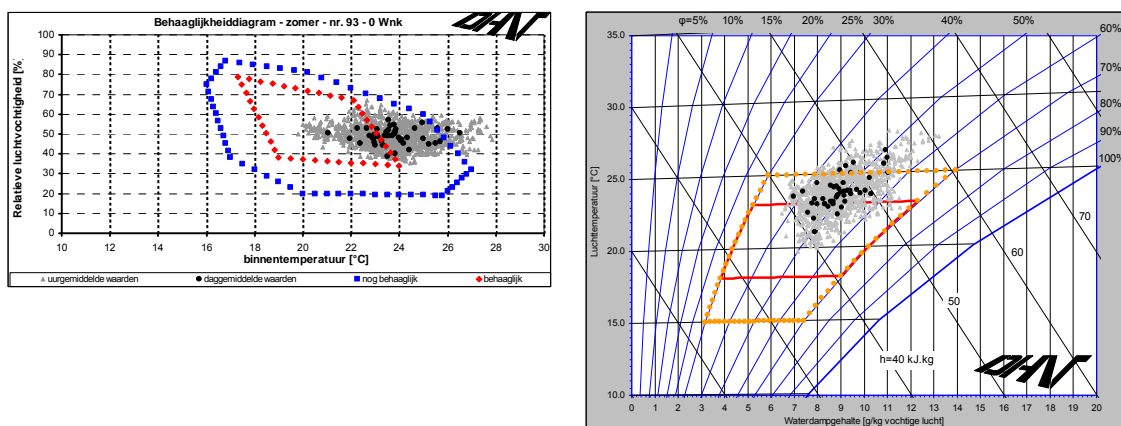
Figuur 18 en 19 laten zien dat er een spreiding is in de vochtgehalten die optreden in de woning. In het Van der Kooij diagram wordt de bovengrens overschreden wat betekent dat het op die momenten in de woning relatief vochtig is vergeleken met buitencondities.

7.1.4 Meetresultaten zomer 2009

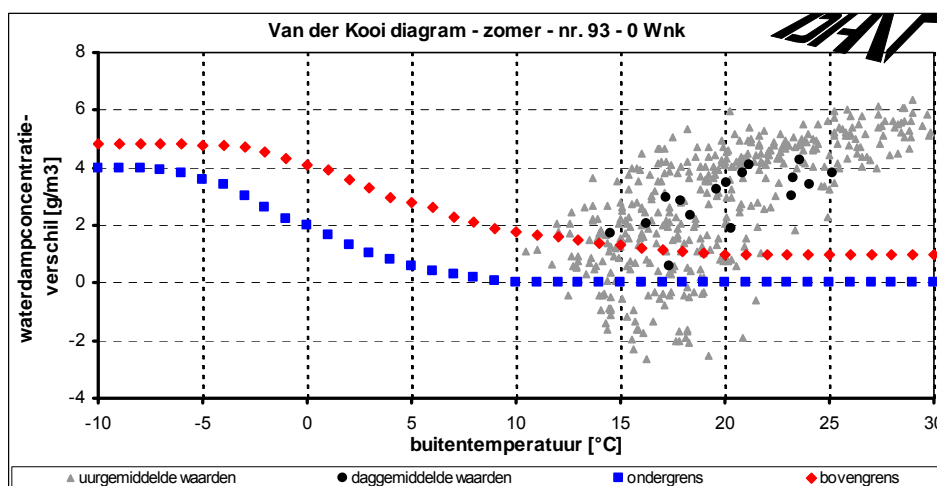
Klimaatdata

Onderstaand zijn de behaaglijksheidsdiagrammen weergegeven van de metingen in woning Z2 (nr. 93) tijdens de zomerperiode. In bijlage 10 zijn alle meetdata weergegeven. Uit de metingen blijkt dat tijdens de zomer de CO₂-concentratie in de gehele woning hetzelfde dagverloop vertoont. Tijdens de zomer zijn de gemiddelde binnentemperaturen iets hoger dan tijdens de lente en de winterperiode.

Waarneembaar is dat de meeste daggemiddelde waardes verdeeld zijn over 'behaaglijk' en 'nog behaaglijk', door de hogere temperaturen die optreden in de woning.



Figuur 20: Behaaglijksheidsdiagram weergegeven voor woonkamer van nr. 93 in de zomer

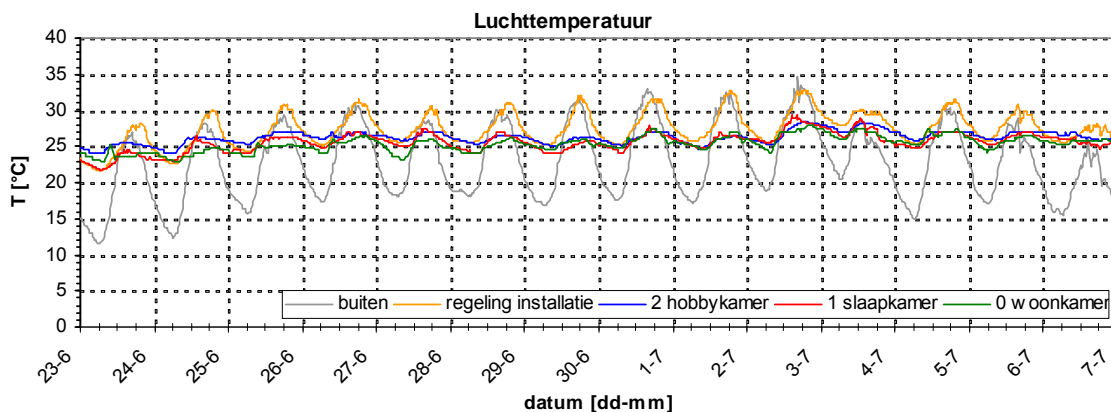


Figuur 21: Van der Kooij diagram ten behoeve van beoordeling vochtigheid weergegeven voor de woonkamer van nr. 93 in de zomer

Figuur 20 en 21 laten zien dat er een spreiding is in de vochtgehalten die optreden in de woonkamer en slaapkamer. De bovengrens wordt overschreden wat betekent dat het op die momenten in de woning relatief vochtig is vergeleken met buitencondities.

Warme zomerperiode

In onderstaande figuur is de gemeten luchttemperatuur weergegeven van een warme periode.



Figuur 22: Gemeten luchttemperatuur tijdens een warme zomerperiode

Opmerkelijk is dat de verwarmingsinstallatie in de zomer incidenteel actief is. De toevoerlucht van de ventilatie is een aantal keren rond de 30°C en een enkele keer 33 °C. Zichtbaar is dat er nauwelijks verlaging optreedt in de woning gedurende de dag. Ter indicatie zijn ook in tabelvorm de gemeten temperaturen in een aantal vertrekken weergegeven.

Tabel 7: Gemeten gemiddelde temperaturen in woning Z2 (nr. 93) in de zomer

	Gemiddelde waarden - Zomer 2009				
	hele dag	nacht	ochtend	middag	avond
<i>begane grond</i>	<i>Luchttemperatuur [°C]</i>				
woonkamer	23,7	23,2	23,2	24,4	24,4
gang	23,0	22,5	22,5	23,8	23,7
<i>verdieping 1</i>					
slaapkamer 1	23,9	23,4	23,6	24,7	24,1
gang	23,3	23,0	22,8	23,6	23,8
<i>verdieping 2</i>					
hobbykamer	24,3	24,0	24,1	24,7	24,6

Temperatuuroverschrijdingen

In onderstaande tabel is het aantal gemeten temperatuuroverschrijdingsuren weergegeven voor woning Z2. In bijlage 10 wordt een volledige tabel met de uren per seizoen weergegeven, eveneens de resultaten van woning Z1. Daarnaast ook zijn ook de aantallen overschrijdingsuren vanaf 26, 27 en 28 °C weergegeven. Het aantal temperatuuroverschrijdingsuren voldoet aan het maximaal vereiste aantal van 300 conform GIW/ISSO en de 10% richtlijn van PHPP.

Tabel 8: Temperatuuroverschrijding, weergegeven in aantal uren boven de 25 °C.

Ruimte	Temperatuuroverschrijding [uren]
Woonkamer	174
Slaapkamer	245
Hobbykamer	217
Gemiddeld	212

7.2 Woning Z1 (nr. 91)

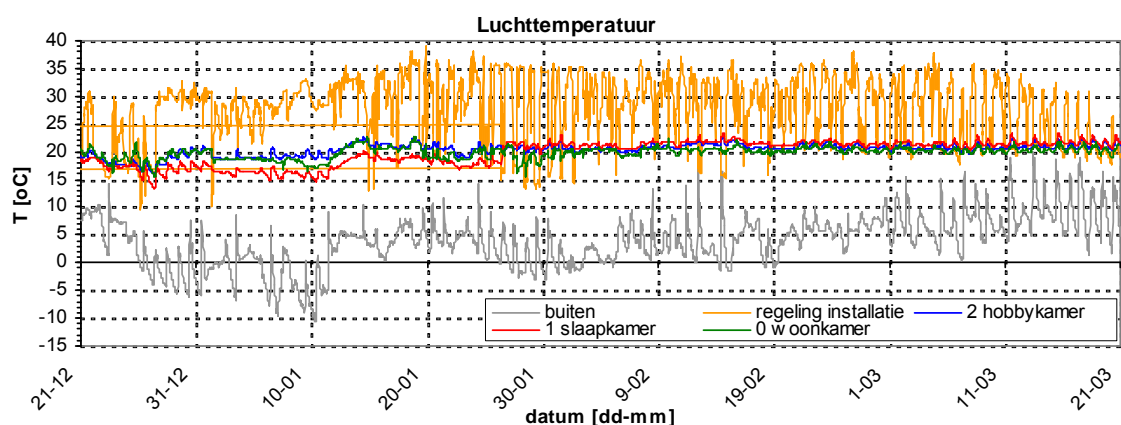
In verschillende vertrekken van woning Z1 is de luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid gemeten. De metingen zijn onder andere verricht in de woonkamer (begane grond), de slaapkamer (1^e verdieping) en de hobbykamer (2^e verdieping). In bijlage 9 zijn de meetresultaten van woning Z1 uitgebreid weergegeven. In de bijlage worden achtereenvolgens de CO₂-concentratie, de luchttemperatuur en relatieve luchtvochtigheid in een aantal vertrekken en buiten weergegeven. De luchttemperatuur samen met de temperatuur van de aanvoerlucht van de luchtverwarming weergegeven. Vervolgens zijn in de bijlage gemiddelde binnentemperatuur van alle vertrekken opgesomd waarbij inzichtelijk is gemaakt hoe de temperatuur varieert gedurende een dag. Tot slot is de data voor analyse weergegeven in behaaglijkheidsdiagrammen en Van der Kooij diagrammen en zijn de temperatuuroverscheidingsuren inzichtelijk gemaakt.

De metingen in woning Z1 (nr. 91) hebben tot een minder volledig beeld geleid dan de metingen in woning Z2. Onderstaand worden enkel de meetresultaten van de winterperiode en de zomerperiode besproken omdat tijdens deze seizoenen het binnenklimaat in een passiehuus het meest kritisch is.

Voor de analyse van de meetresultaten wordt voornamelijk gebruik gemaakt van de meetdata van de woonkamer. De luchttemperatuur en de relatieve luchtvochtigheid zijn gemeten in meerdere vertrekken. De metingen zijn onder andere verricht in de woonkamer (begane grond), de slaapkamer (1^e verdieping) en de hobbykamer (2^e verdieping). Waar de CO₂ concentratie wordt weergegeven is gebruik gemaakt van de meetdata uit de keuken.

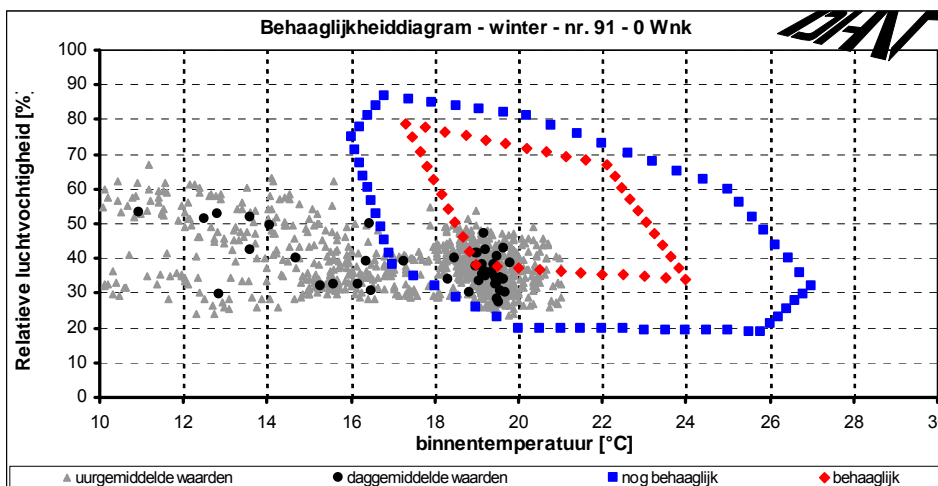
Meetresultaten winter 2008

In figuur 23 is het verloop van de binnentemperatuur in een aantal vertrekken samen met de buitentemperatuur en de temperatuur van de luchtverwarming weergegeven. In de grafiek is zichtbaar dat aan het begin van het seizoen de temperatuur in de woning redelijk laag is geweest. Tijdens deze periode waren er storingen aan de installatie en is deze tijdelijk buiten dienst geweest. Deze storing verklaart ook de extreem hoge CO₂ concentratie op 24 december 2008.



Figuur 23: Meetdata van de luchttemperatuur van verschillende vertrekken

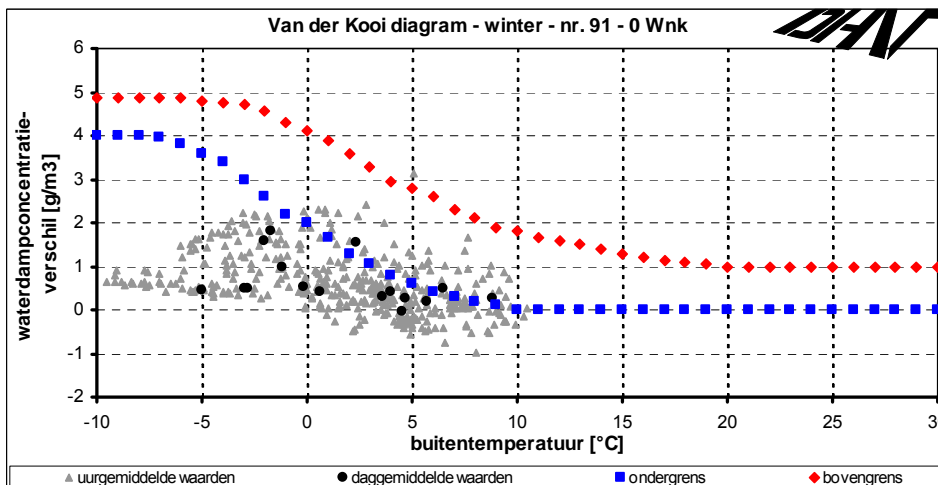
In onderstaande figuur is de meetdata van de woonkamer tijdens de winterperiode weergegeven in een behaaglijkeheidsdiagram.



Figuur 24: Meetdata van de woonkamer tijdens de winter weergegeven in behaaglijkeheidsdiagram

Waarneembaar is dat de meeste daggemiddelde waarden verdeeld zijn over 'behaaglijk' en 'nog behaaglijk'. Ook is waarneembaar dat een aanzienlijk deel van de daggemiddelde waarden ver onder de nog behaaglijke temperaturen ligt. Dit duidt op de periode waarbij er problemen zijn geweest met het verwarmingssysteem en deze is uitgeschakeld.

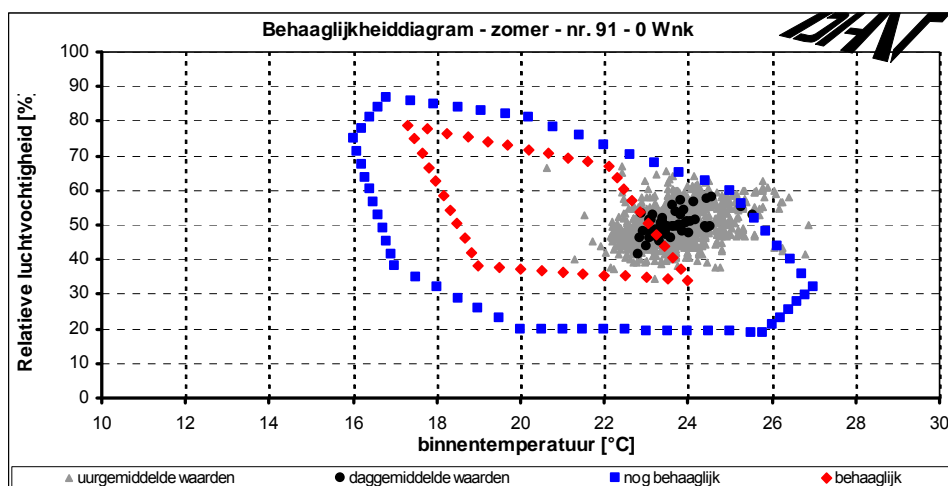
In onderstaande figuur zijn de meetresultaten weergegeven ten aanzien van vochtigheid, weergegeven in een van der Kooij diagram. Waargenomen kan worden dat de vochtigheid in de woning aan de lage kant is.



Figuur 25: Meetdata van de woonkamer tijdens de winter weergegeven in Van der Kooij-diagram

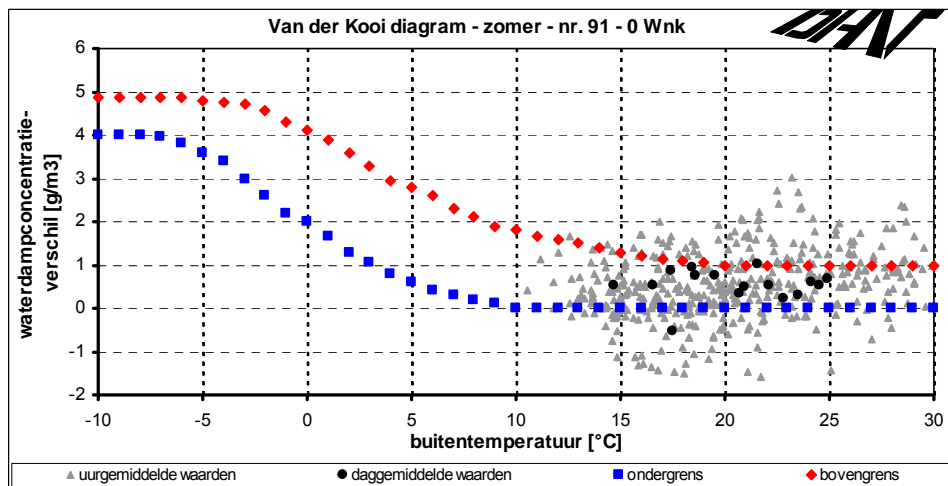
Zomer

In onderstaande figuur is het behaaglijkheidsdiagram van de woonkamer tijdens de zomerperiode weergegeven. Waarneembaar is dat de meeste daggemiddelde waarden verdeeld zijn over 'behaaglijk' en 'nog behaaglijk', door de hogere temperaturen die optreden in de woning.



Figuur 26: Meetdata van de woonkamer tijdens de zomer weergegeven in behaaglijkheidsdiagram

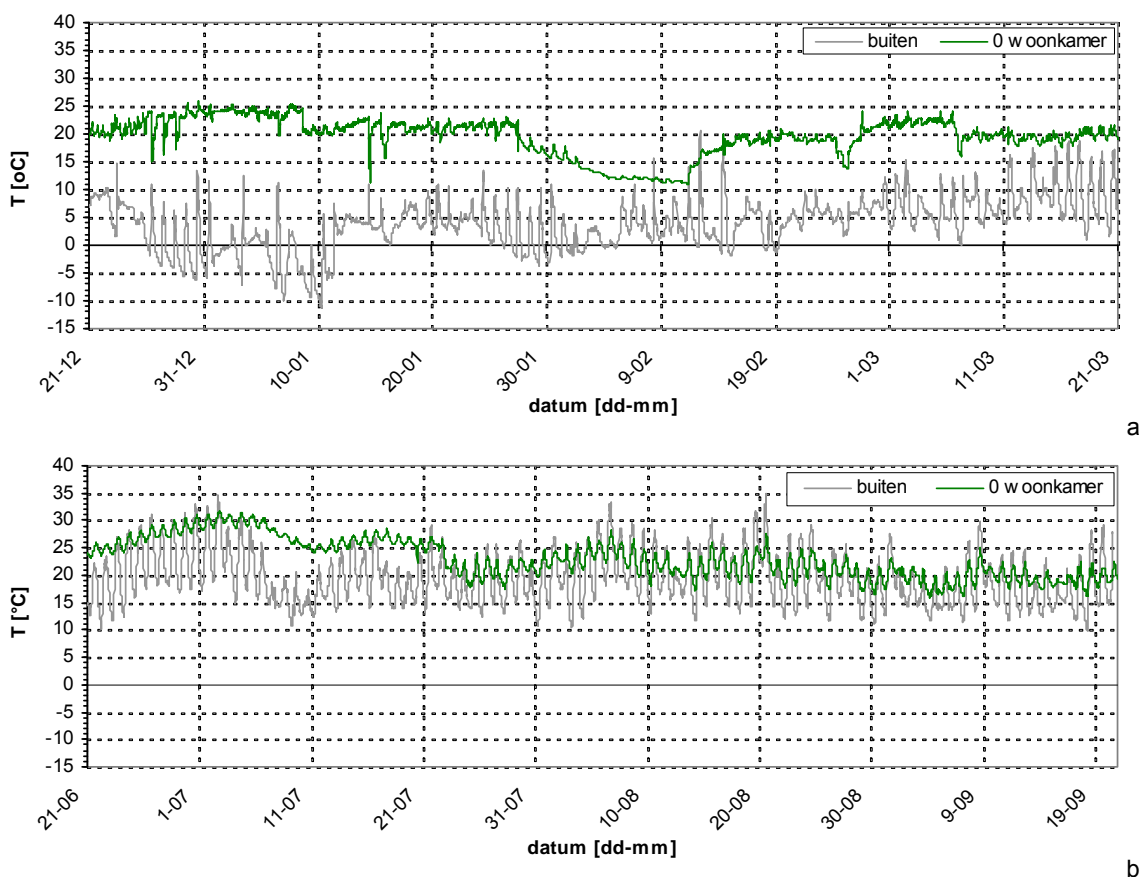
In onderstaande figuur zijn de meetresultaten weergegeven ten aanzien van vochtigheid, weergegeven in een van der Kooij diagram. Waargenomen kan worden dat de vochtigheid in de woning normaal is.



Figuur 27: Meetdata van de woonkamer tijdens de zomer weergegeven in Van der Kooij –diagrammen

7.3 Woning Z3 (nr. 95)

Van deze woningen zijn de resultaten weergegeven in bijlage 11. Onderstaand zijn de gemeten luchttemperaturen tijdens de winter en zomer weergegeven.



Figuur 28: Meetdata van de vergaderkamer tijdens (a) de winter en (b) de zomer.

Doordat de woning niet bewoond wordt, wordt de installatie niet geregeld en wordt de zonwering niet actief gebruikt. Zichtbaar is dat de temperatuur in de vergaderkamer tijdens de winter tot ongeveer 10 °C daalt. Voor deze extreme daling is niet direct een verklaring voorhanden. In de weergave van de zomertemperaturen zien we dat de temperatuur binnen stijgt tot ruim 30 °C. Deze stijging is mogelijk geweest doordat de zonwering niet op nauwelijks gebruikt is.

8 ERVARINGEN BEWONERS

8.1 Bevindingen

8.1.1 Algemeen

Gedurende de monitoring zijn de bewoners gesproken tijdens de diverse bezoeken aan de woningen. Daarnaast zijn in het logboek door de bewoners opmerkingen geplaatst ten aanzien van het comfort in de woning. Er zijn geen uitgebreide enquêtes gehouden onder de bewoners. In dit hoofdstuk zijn de opmerkingen die bewoners spontaan hebben gemaakt opgenomen.

De bewoners zijn zich ervan bewust dat ze in een passiefhuis wonen en zijn enthousiast. Hun eigen verwachting kan echter afwijkend zijn van waar het concept voor staat. Door de vele aandacht voor de woningen in de ontwerpfase, maar ook door deze monitoring en de media-aandacht, lijken de bewoners extra kritisch en verwachten hoge kwaliteitseisen van passiefhuizen. Dit resulteert ook in kritische opmerkingen die hieronder zijn weergegeven.

8.1.2 Woning Z1 (nr. 91)

De woning wordt veelal bewoond door één persoon en incidenteel door 2 personen.

Positieve punten volgens bewoonster

- Over de nachtventilatie is de bewoonster tevreden.
- Ten aanzien van de luchtkwaliteit is de bewoonster tevreden. De standenschakelaar van de ventilatie staat vrijwel altijd op 1.
- Over het geluidsniveau ten gevolge van installaties in de bewoonster tevreden.

Kritische punten volgens bewoonster

- De bewoonster gebruikt alleen te openen ramen en niet de nachtventilatioosters en beperkt het dakraam. De nachtventilatioosters zijn vervuild waardoor volgens de bewoonster vervuilde lucht binnen zal komen, het dakraam wordt beperkt gebruikt.
- Over het thermisch comfort in de woning is de bewoner niet altijd tevreden. Er zijn veel problemen geweest met de verwarmingsinstallatie. Tijdens de winter van 2008 gaf het systeem zeer koude lucht af in de vertrekken. De bewoonster heeft daarom het systeem tijdelijk buiten werking gesteld. Daarna is het systeem gerepareerd.
- De bewoonster heeft het idee dat de woning snel warmte verliest en snel opwarmt.
- De voordeur sluit niet goed.
- Screens maken geluid door wind. Het valsscherm op de oost- en westgevel is te hoog waardoor de zon er onderdoor komt. Automatische zonwering zou wenselijk zijn, echter door de verduisterende werking is het binnen donker.
- Er is twijfel of de thermostaat op de juiste positie is gepositioneerd en of deze goed werkt.

8.1.3 Woning Z2 (nr. 93)

De woning wordt bewoond door 2 personen. De woning wordt door deze twee bewoners verschillend ervaren. Een bewoner ervaart de woning als comfortabel, de andere bewoner uit kritische punten.

Positieve punten volgens bewoners

- De woning is comfortabel.
- De luchtkwaliteit in de woning is goed.

- De bewoners maken gebruik van nachtventilatie. Regelmatig wordt een aantal ramen opengezet, ook tijdens de nacht.

Kritische punten volgens bewoners

- De zonwering wordt gebruikt in de woning. Echter, niet altijd omdat de woning dan te donker binnen wordt. Men voelt de 'verplichting' om deze altijd te gebruiken.
- Eén bewoner ervaart de woning vaak als te warm en ervaart de woning als benauwd.
- Een enkele keer is geur van de inblaaslucht ervaren.
- De bewoners geven aan dat ze beperkt uitleg hebben gekregen over de toegepaste installaties in hun woning. Zo is er onder andere onduidelijkheid over de werking van de PV panelen en de teruglevering van stroom.
- De dakraamopening is volgens de bewoners te klein. Ondanks dat de nachtventilatieopeningen op de begane grond voorzien zijn van inbraakwering, wordt hier door de bewoners weinig gebruik van gemaakt in verband met angst voor inbraak.

Overige aspecten (niet gerelateerd aan het energieconcept)

- Ten gevolge van een aluminium uitvoering van de vensterbanken wordt het regengeluid binnen als luid ervaren.
- De gevel wordt snel vuil al gevolg van vogelpoep en de dakpansgewijze positie van de gevelbeplating.

8.1.4 Woning Z3 (nr. 95)

Over deze woning zijn geen gegevens bekend.

8.2 Analyse

De volgende belangrijkste punten zijn vanuit geuite bewonerservaringen naar voren gekomen:

- De woning vraagt om een actief gebruik van de zonwering.
- Het ontwerp zou zodanig moeten zijn dat de prestatie van de woning minder afhankelijk zijn van de gebruikers (bijv. overstekken, automatisch zonwering).
- De bewoners zijn zich bewust van het passiefhuisconcept, echter er is nog enige onbekendheid met het concept en enkele componenten. Een gebruikershandleiding ontbreekt.

9 ENERGIEGEBRUIK EN ENERGIELEVERING

De bewoners is gevraagd wekelijks het energie- en watergebruik van de woning vast te leggen in het logboek. Zowel het elektriciteitsgebruik als het gasgebruik is gerapporteerd. In dit hoofdstuk worden de resultaten ten aanzien van energiegebruik besproken.

9.1 Energieverbruiken per woning

9.1.1 Woning Z1

Van woning Z1 zijn in verband met geringe ingevulde informatie beperkt gegevens bekend ten aanzien van het energiegebruik. De periode waarvan het verbruik is weergegeven betreft overigens meer dan 1 jaar. Een gedeelte van de periode was de woning nog onbewoond. De resultaten zijn daarom indicatief.

Tabel 9: Energiegebruik van woning Z1 van >1 jaar (periode 25-08-2009 tot 8 -10-2009)

	Energiegebruiken	
	m3	kWh
Gas	1147	
Elektriciteit		2542
Totaal	1147	2542

In bijlage 8 zijn de de uitgebreide resultaten weergegeven van de energiegebruiken.

9.1.2 Woning Z2

In onderstaande tabel is het energieverbruik van woning Z2 weergegeven, gevolgd door een toelichting met betrekking tot de energiegebruiken. Daarnaast zijn in bijlage 8 nog aanvullende gegevens weergegeven evenals het waterverbruik van de woning.

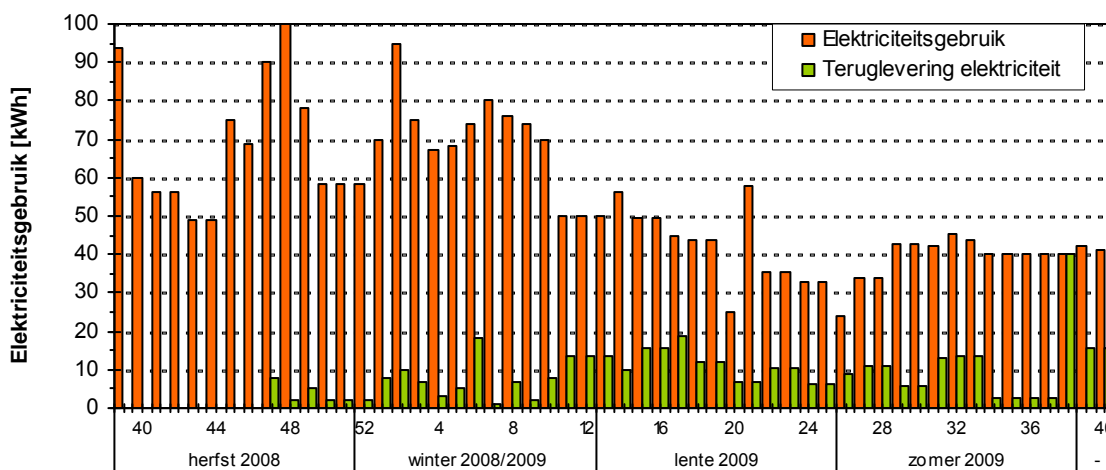
Tabel 10: Energiegebruik van woning Z2 van 1 jaar (periode 16-09-2008 tot 16-09-2009)

	Gas	Elektriciteit	
	m3	kWh, netto	kWh, bruto
Gas, verwarming	765		
Gas, tapwater	201		
Elektriciteit van net (netto)		2866	
Teruglevering aan net (netto)		-406	
Elektriciteitsverbruik zonder PV			3517
PV panelen (totaal opgewekt)			-1057
Totaal	966	2460	

Elektriciteitsgebruik en teruglevering

Omdat woning Z2 is uitgerust met photovoltaïsche cellen, wordt een deel van de elektriciteit teruggeleverd aan het net. Ook de teruglevering van elektriciteit is vastgelegd. Het weergegeven teruggeleverde aantal kWh elektriciteit betreft elektriciteit die door de PV opgewekt wordt minus de op dat moment direct verbruikte hoeveelheid elektriciteit. In Tabel 10 is weergegeven hoeveel elektriciteit totaal door de PV is opgewekt en teruggeleverd.

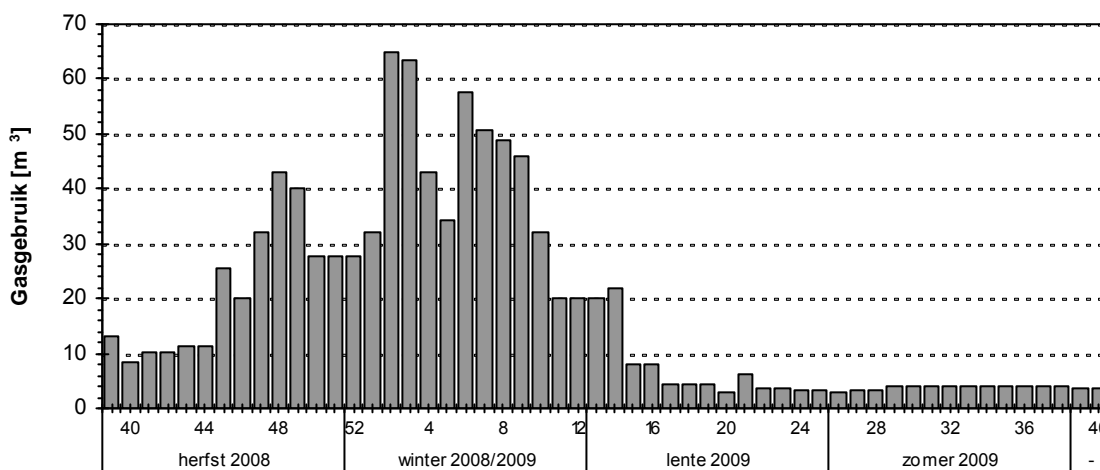
In Figuur 14 is het energiegebruik vanaf week 35 van 2008 weergegeven. Omdat niet iedere week het logboek is bijgewerkt, is niet van iedere week data beschikbaar. Wanneer er een week data ontbreekt is het energiegebruik van de volgende week verdeeld over de twee voorgaande weken. Het totale elektriciteitsverbruik van de woning tijdens het meetjaar betreft 2460 kWh.



Figuur 14: Wekelijks elektriciteitsgebruik en teruglevering van elektriciteit aan het net

Gasgebruik

Evenals het elektriciteitsgebruik is ook het gasgebruik van de woning wekelijks genoteerd. In Figuur 15 is het wekelijkse gasgebruik weergegeven.



Figuur 15: Wekelijks gasgebruik in de woning tijdens de monitoring

Het stookseizoen in Figuur 15 loopt van oktober t/m april, vergelijkbaar met het stookseizoen zoals weergegeven in Figuur 8, hoofdstuk 4. Uit het wekelijkse gasverbruik buiten het stookseizoen is het verbruik voor tapwater herleidt.

9.1.3 Woning Z3

Van woning Z3 zijn beperkt gegevens bekend ten aanzien van energiegebruik. Bovendien zijn de getallen minder relevant doordat de woning onbewoond is. De resultaten zijn daarom indicatief.

Tabel 11: Energiegebruik van woning Z3 van < 1 jaar (periode 09-09-2009 tot 22-07-2009)

	Energiegebruiken	
	m ³	kWh
Gas	885	
Elektriciteit		1563
Totaal	885	1563

9.2 Analyse

9.2.1 Gasverbruik

Z1 (nr. 91)

Het verwachte gasverbruik op basis van ontwerp en een gemiddelde gezinssituatie voor woning Z1 betreft ca. 719 m³ gas. Het totale gemeten gasverbruik is 1147 m³. Het totale gasverbruik is ca. 60% hoger dan het verwachte gasverbruik. De exacte redenen voor het sterk verhoogde gasverbruik is op basis van de beperkte gegevens ten aanzien van meterstanden onbekend.

Het hogere gasverbruik voor verwarming kan verklaard worden door:

- De kinderziekten van de verwarmingsinstallatie, in deze woning het meest van toepassing;
- De deuren naar de gang zijn vermoedelijk veel open met directe verbinding met 1^e en 2^e verdieping vanuit leefvertrekken tot gevolg. Uit de metingen blijkt dat de woonkamer het koudste is. In de woonkamer is de thermostaat opgesteld. De rest woning (keuken en verdiepingen) is doorgaans warmer.
- De winter 2008-2009 was in bepaalde perioden erg koud. Uit het vergelijk van aantal graaddagen van klimaatjaar en afgelopen winter blijkt dat het aantal in 2008-2009 ca. 10% hoger ligt.
- Het WTW rendement van het ventilatiesysteem. Het WTW rendement bepaald onder ideale condities, wordt vermoedelijk in de praktijk niet gehaald.
- Het opwekrendement van de verwarmingsketel. Verondersteld is een rendement conform HR107. Aangezien het verwarmingstoestel is gedimensioneerd op tapwatervraag kan het zijn dat met deze ketel het tapwaterrendement voor de luchtverwarming van toepassing is.
- De verminderde luchtdichting van de gebouwschil met meer infiltratie tot gevolg.

Z2 (nr. 93)

Het verwachte gasverbruik op basis van ontwerp en een gemiddelde gezinssituatie voor woning Z2 betreft ca. 855 m³ gas. Het totale gemeten gasverbruik is 966 m³. Het totale gasverbruik is ca. 13% hoger dan het verwachte gasverbruik. Het gemeten gasverbruik voor tapwater is lager, doordat minder tapwater is gebruikt dan een gemiddeld gezin. Dat betekent dat het gasverbruik voor verwarming hoger is dan verwacht.

Het hogere gasverbruik voor verwarming kan verklaard worden door:

- De gemiddelde temperatuur in de woning is hoog, zijnde gemiddelde over de hele winter 22 °C. In de berekeningen voor bepaling van het verwachte gasverbruik wordt gerekend met 20 °C

gemiddelde temperatuur. Indien gerekend zou zijn met 22 °C, ligt het te verwachten gasverbruik voor verwarming ca. 30% hoger.

- De verwarmingsinstallatie was onderhavig aan inregelingen in het eerste bewoonde winterseizoen.
- De winter 2008-2009 was in bepaalde perioden erg koud. Uit het vergelijk van aantal graaddagen van klimaatjaar en afgelopen winter blijkt dat het aantal in 2008-2009 ca. 10% hoger ligt.
- Het WTW rendement van het ventilatiesysteem. Het WTW rendement bepaald onder ideale condities, wordt vermoedelijk in de praktijk niet gehaald.
- Het opwekrendement van de verwarmingsketel. Verondersteld is een rendement conform HR107. Aangezien het verwarmingstoestel is gedimensioneerd op tapwatervraag kan het zijn dat met deze ketel het tapwaterrendement voor de luchtverwarming van toepassing is.
- De verminderde luchtdichting van de gebouwschil met meer infiltratie tot gevolg.

Z3 (nr. 95)

Het verwachte gasverbruik op basis van ontwerp en een gemiddelde gezinssituatie voor woning Z3 betreft ca. 650 m³ gas. Het totale gemeten gasverbruik is 885 m³. Het totale gasverbruik is 36% hoger dan het verwachte gasverbruik, ondanks dat de woning onbewoond is en het tapwatergebruik naar verwachting gering zal zijn.

Het hogere gasverbruik voor verwarming kan verklaard worden door de volgende aspecten:

- De thermostaat heeft het hele jaar, dag en nacht op ca. 20 °C gestaan;
- De woning is onbewoond, dus er is nauwelijks interne warmte geproduceerd (van personen, elektrische apparatuur).

De stand van de ventilatie (1-3) gedurende het jaar is grotendeels onbekend. Indien deze continue op een hoge stand heeft gestaan kan dat ook gedeeltelijk het hoge gasverbruik en het hoge elektriciteitsverbruik verklaren. Wel is het zo dat indien de woning bewoond is, het gasverbruik voor tapwater toeneemt. Door de aanwezigheid van de zonneboiler is deze toename echter beperkt.

9.2.2 Elektriciteitsverbruik

Het werkelijke elektriciteitsverbruik is voor alle drie de woningen lager dan verwacht. In alle woningen zijn minder personen woonachtig dan waarmee gerekend is bij bepaling van het te verwachten elektriciteitsgebruik.

In woning Z2 zijn de PV panelen niet vanaf de eerste meetweek aangesloten. In de navolgende jaren zal de opbrengst van de zonnepanelen op jaarbasis hoger zijn en het aandeel teruglevering groter zijn. Verwacht wordt dat de elektriciteitsopwekking van de panelen ongeveer 1100 kWh per jaar zal bedragen.

9.2.3 Waterverbruik

Waterverbruik is gemeten ten behoeve van inzicht in invloed op tapwaterverbruik.

Waterverbruik is in Nederland gemiddeld 127 liter per persoon per dag (Bron: milieucentraal, 2007). Op jaarbasis betekent dat voor een huishouden van 2 personen gemiddeld 90 m³ water. In woning Z2 is relatief weinig water gebruikt. Dat verklaart ook het lage gasverbruik voor tapwater. Van de andere woningen is het waterverbruik niet uitgebreid gemonitord in verband met beperkte logboekgegevens.

10 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

10.1 Conclusies

10.1.1 Algemeen

Gedurende een jaar zijn bij 3 passiefhuizen in de Kroeven, Roosendaal, metingen uitgevoerd. De metingen richten zich op het specifieke eigenschappen van een passiefhuis. De metingen betreffen binnenklimaatmetingen en energiemetingen. De metingen zijn uitgevoerd direct na oplevering van de woningen. Dit betekent dat kinderziektes, die zich met name het eerste jaar manifesteren, invloed hebben gehad op de metingen. Daarnaast zijn er gedurende het meetjaar meerdere aanpassingen aan de installaties geweest.

Algemene conclusies ten aanzien van het passiefhuis concept zijn op basis van deze kleine steekproef en specifieke woningontwerp, beperkt te trekken. De meetresultaten van woning Z2 zijn bruikbaar. Z1 en Z3 zijn indicatief.

In het algemeen kan worden gesteld dat de passiefhuizen op een aantal punten goed presteren. Dit betreft met name de kwaliteit van de binnenlucht en het stille ventilatiesysteem. De binnentemperaturen zijn soms aan de hoge kant. Dit heeft onder andere te maken met het ontwerp, de uitvoering en het gebruik door de bewoners. Ook het energiegebruik is anders dan vooraf berekend. Onderstaand wordt per onderwerp een toelichting gegeven.

10.1.2 Passiefhuisconcept

Energiegebruik

De tijdens de ontwerpfase berekende prestaties (energie, binnenmilieu) komen redelijk overeen met de werkelijke prestaties. De verdeling gas/elektra en verwarming/tapwater is anders dan voorspeld. Bovendien zijn verschillen tussen de woningen groot, doordat de bezetting van de woningen afwijkt van de verwachte bezetting. In alle 3 de woningen is het gasverbruik voor verwarming aanzienlijk hoger dan verwacht.

Het gasverbruik is in de woningen hoger dan berekend. De belangrijkste oorzaken hiervan zijn:

- Hogere binnentemperatuur dan is berekend in de ontwerpfase;
- Strengere winter;
- Lagere rendementen van de installaties (zowel het rendement van WTW als van de ruimteverwarming zijn vermoedelijk lager);
- Slechtere luchtdichting door uitvoering.

Ontwerp

De passiefhuizen zoals gerealiseerd in de Kroeven zijn oorspronkelijk ontworpen als zonne-woningen. Vervolgens werden de woningontwerpen aangepast om te komen tot het passiefhuisconcept. Het concept maakt gebruik van passieve zonne-energie. Compact bouwen, zonweren met overstekken waren in de woning lastig te integreren. Het passiefhuis is hierdoor niet optimaal toegepast.

Doordat de woningen niet als passiefhuis ontworpen zijn, zijn een aantal specifieke passiefhuisoplossingen niet optimaal in de woningen toegepast. Dit betreft onder andere de zonwering. Een passiefhuis maakt bij voorkeur gebruik van overstekken om de zon in de zomer te weren, en in de winter gebruik te maken van passieve zonne-winsten. In plaats van overstekken is buitenzonwering toegepast. Deze buitenzonwering kan van binnenuit worden bediend. De bediening vraagt echter om een

actieve houding van de bewoner. Tevens is een nadeel van screens dat het binnen donker wordt als de screens naar beneden zijn. Dit resulteert dat de zonwering in de gemeten passiefhuizen niet optimaal wordt benut wat resulteert in hogere binnentemperaturen.

Realisatie

Het slagen van het concept is afhankelijk van de bouwkundige en installatietechnische kwaliteit en afhankelijk van de medewerking van bewoners. Het hoge gasverbruik is niet direct te verklaren maar zal veroorzaakt zijn door gebreken op zowel bouwkundige, installatietechnische aspecten en bewonersgedrag.

Bewoners

Het is belangrijk bewoners goed te informeren en te overtuigen van het systeem. Indien bewoners veel overlast hebben door startproblemen en onderhoud van het systeem bestaat het risico dat bewoners het systeem onjuist gebruiken.

10.1.3 Componenten

Bouwkundige schil

De buitengevels zijn zeer goed geïsoleerd. In de schil zijn nauwelijks koudebruggen aanwezig. Met de infrarood opnames door Morhenne, zijn plaatselijk in de gevels verhoogde warmtelekken geconstateerd, deze zijn echter niet gekwantificeerd.

Uit luchtdichtheidsmetingen blijkt dat de bouwkundige schil onvoldoende luchtdicht is. De onvoldoende luchtdichte schil resulteert in meer ongecontroleerde lekken met een hoger warmteverlies tot gevolg.

Ventilatie

Het ventilatiesysteem voldoet aan de capaciteit conform Bouwbesluit en het maximale geluidniveau conform GIW eisen. De woningcorporatie zorgt ervoor dat de bewoners regelmatig de filters vervangen. De bewoners zijn tevreden over de luchtkwaliteit.

Het hoge gasverbruik kan deels verklaard worden door de warmteterugwinning van de ventilatie. Het theoretische rendement, bepaald onder ideale condities, wordt vermoedelijk in de praktijk niet gehaald. Indien het rendement van de WTW in werkelijkheid lager is dan waarmee gerekend is, zal het warmteverlies van de woning stijgen.

Verwarming

Met een geringe capaciteit verwarming, zijn de woningen voldoende te verwarmen. De verwarming met het passiefhuis toestel is in de ventilatie geïntegreerd. Het opwekrendement gebruikt in de berekeningen voor bepaling van het verwachte energiegebruik is vermoedelijk te positief ingeschat. De verwarmingsketel is gedimensioneerd op de tapwatervraag en de lucht voor verwarming wordt verwarmd met warmte uit het tapwater boiler. Het rendement voor opwekking van verwarming kan daardoor overeenkomen met het tapwaterrendement wat veelal zo'n 25% lager ligt. In de winter van 2008-2009 kampte het verwarmingssysteem kampte met kinderziekten. Daarnaast is opmerkelijk dat de toevoerlucht vaak verwarmd wordt, ook op momenten dat geen warmtevraag verwacht wordt.

Nachtventilatie

Van nachtventilatie wordt in de woningen veel gebruik gemaakt. De capaciteit van het dakraam lijkt echter beperkt, door de beperkte mogelijke openingshoek van het raam. Bovendien gaat deze dicht bij regen zonder vervolgens weer automatisch te openen. Er zijn wel veel alternatieven zoals de

nachtventilatioeroosters op de begane grond en de vele te openen ramen op de verdiepingen. Uit de metingen kan geconcludeerd worden dat de voorzieningen van de woningen voldoende capaciteit hebben om een voldoende hoog ventilatievoud te bereiken voor nachtventilatie.

10.1.4 Binnenklimaat

Comfort winter

Het gemeten comfort in de woningen is over het algemeen goed. Geconstateerd is dat temperatuur in woning Z2 aan de hoge kant is, in Z1 in de woonkamer aan de lage kant. Deze temperaturen zijn afhankelijk van gebruik van de thermostaat, de positie van de thermostaat en de inregeling van de verwarming in relatie tot ventilatie.

Temperatuurverschillen zijn gering tussen de verdiepingen en begane grond. De verdiepingen zijn over het algemeen wel iets warmer. Dit is te verklaren door de open verbinding tussen de verdiepingen via de trap als deuren op de begane grond open staan.

Zonering is niet mogelijk op basis van de luchtverwarming. Regeling van temperaturen op de verdiepingen of per ruimte is daardoor voor de bewoners niet of beperkt mogelijk.

Zomercomfort

De woningen wordt door een enkele bewoner ervaren als warm in de zomer. Uit de metingen kan geconcludeerd worden dat de woning het aantal toegestane maximale aantal temperatuuroverschrijdingsuren niet overschrijdt en dat de woning dankzij de zonwering en nachtventilatie voldoende koel blijft. Het te behalen comfort in de woning is wel afhankelijk van het gebruik van deze voorzieningen. Gebruik van zonwering is in de hele woning belangrijk. Via het ventilatiesysteem wordt bijvoorbeeld warmte die zich opbouwt op hobbykamer teruggewonnen en verdeeld over de woning.

Tussenseizoenen

De tussenseizoenen (lente en herfst) zijn over het algemeen comfortabel. De optredende temperaturen zijn normaal en soms warm. De vochtigheden zijn normaal.

Luchtkwaliteit

De luchtkwaliteit wordt over het algemeen in de woningen als goed ervaren. Het ventilatiesysteem draagt zorg voor voldoende luchtverversing. Ook uit de metingen blijkt dat de CO₂ concentratie voldoende laag is en er ten opzichte van het aantal aanwezige personen in de woning voldoende wordt geventileerd. De standenschakelaar wordt beperkt gebruikt in de woningen. Met name in de winterperiode treden enkele pieken met verhoogde CO₂ concentratie op, wat duidt op weinig ventilatie op die momenten in relatie tot het aanwezige personen in de woning.

Wat betreft vochtcondities in de woning kan geconcludeerd worden dat de woning dankzij de goede ventilatie nauwelijks vochtig is, soms zelf aan de droge kant.

10.2 Aanbevelingen en vervolgstappen

De prestaties van de woningen en het gebruik ervan kunnen verbeterd worden. Daarvoor zijn de volgende acties aanbevolen en gepland:

- Extra voorlichting aan bewoners ten aanzien van gebruik van met name installatietechnische voorzieningen.
- Verbeteren van de luchtdichting. VDM en Aramis AlleeWonen zullen nog aanvullende maatregelen treffen om de luchtdichtheid van de woningen te verbeteren. De voordeuren worden voorzien van een 4 punts sluiting, zodat de deur bewust vergrendeld wordt en luchtdichter wordt. Daarnaast worden rond de doorvoeren van de zonwering de openingen gedicht met luchtdichte PUR. Tot slot worden de tochttrubbers van de te openen geveldelen verbeterd.
- De prestaties van de installaties moeten beter onderzocht worden door de fabrikant/installateur en mogelijk aangepast worden. De recirculatieklep, die nu een van de oorzaken was van de opgetreden problemen met de verwarmingsinstallatie, wordt verwijderd. Brink zal de installaties naar aanleiding van deze monitoring resultaten, op korte termijn op afstand gaan monitoren, om beter inzicht te krijgen specifiek in de regeling van de verwarmingsinstallatie.
- Leidingen in installatieruimte kunnen nog verder geïsoleerd worden. De verwarming en tapwater worden efficiënter en temperatuuroverschrijdingen minder ten gevolge van een lagere interne warmtelast.

11 COLOFON

Opdrachtgever	: Opdrachtgever: Aramis AlleeWonen
Project	: De Kroeven, Roosendaal
Dossier	: A2963
Omvang rapport	: 43 pagina's
Auteur	: Daan Jansen, Loes Joosten
Bijdrage	: Ragna Clocquet
Interne controle	: Ragna Clocquet
Projectleider	: Loes Joosten
Projectmanager	: Theo Rajmakers
Datum	: 4 februari 2010
Naam/Paraaf	:

DHV B.V.

Bouw en Industrie

Larixplein 1

5616 VB Eindhoven

Postbus 80007

5600 JZ Eindhoven

T (040) 250 92 00

F (040) 250 92 01

E eindhoven@dhv.com

www.dhv.nl

