

**Pilot energiebesparing automatische entreedeur bij DA drogist
eindrapportage**

Datum 15 september 2009
Referentie 20082119-13

Referentie 20082119-13
Rapporttitel Pilot energiebesparing automatische entree deur bij DA drogist
eindrapportage

Datum 15 september 2009

Opdrachtgever SenterNovem
Postbus 8242
3503 RE UTRECHT
Contactpersoon De heer C.J. Havers

Behandeld door ir. P.R. Doorn
ir. A.J. Kalkman (projectleider)
Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV
Boterdiep 48
3077 AW ROTTERDAM
Postbus 9222
3007 AE ROTTERDAM
Telefoon 010-4257444
Fax 010-4254443

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	5
1.1 Beschrijving winkellokatie	5
1.2 Doelstelling monitoring	7
1.3 Inhoud rapport	8
2 Energiegebruikmetingen stookseizoen	10
2.1 Meetwaarden per periode	10
2.2 Correctie gasgebruik voor tapwater	10
2.3 Analyse energieverbruik per meetserie	11
2.4 Analyse op basis van de graaddagenmethode	12
2.5 Analyse op basis van de energiehandtekeningmethode	13
2.6 Analyse op basis van dynamische simulaties	15
2.7 Samenvatting analyses	17
2.8 Onderzoek systeemrendement verwarming	18
2.9 Hulpenergiegebruik entreevoorziening tijdens het stookseizoen	19
3 Binnenmilieu	21
3.1 Verkeerslawaaï	21
3.2 CO ₂ concentratie	22
3.3 Binnentemperatuur	23
3.4 Relatieve luchtvochtigheid	25
3.5 Uitlaatgassen	26
3.6 Enquete personeel	27
4 Ventilatie	28
4.1 Relatieve luchthoeveelheid op basis van CO ₂ metingen	28
4.1.1 Methode	28
4.1.2 Resultaten	29
4.1.3 Conclusie	29
4.2 Passieve tracergas techniek	29
4.2.1 Methode	29
4.2.2 Resultaten	30
4.2.3 Conclusie	31
5 Klanteffecten	32
5.1 Bezoekersaantallen	32
5.2 Enquete	35
5.3 Betalende klanten	36
6 Resultaten energiegebruik koelseizoen	37
6.1 Meetresultaten	37

6.2	Analyse	37
7	Economische analyse	40
7.1	Energiekostenbesparing	40
7.2	Investerings en return-on-investment	40
8	Conclusie	43

Bijlagen:

Bijlage I	Meetprotocol DA drogist Amsterdam
Bijlage II	Opstelling meters in de winkel
Bijlage III	Wekelijkse meterstanden

Samenvatting

Cauberg-Huygen heeft in opdracht van SenterNovem onderzoek verricht naar het energiebesparingspotentieel en de economische haalbaarheid van de toepassing van een intelligente entreevoorziening in winkels. Het onderzoek is begeleid door een contactgroep met vertegenwoordigers van SenterNovem, Dienst Milieu en Bouwtoezicht Amsterdam, Energiecentrum MKB, DA Retailgroep B.V, Besam/Assa Abloy (leverancier van de entreevoorziening) en ECN.

Winkeliers hanteren vaak een 'open-deur-filosofie' m.b.t. de verkoop van hun producten: men verwacht dat een geopende entree meer klanten trekt dan een gesloten entree. Het open staan van de entree gaat echter ten koste van het energieverbruik. Een intelligente entreevoorziening in de vorm van een automatische entreedeur met intelligent schakelend luchtgordijn zou een geschikt compromis kunnen zijn tussen energiebesparing en verkoopfilosofie.

Ten behoeve van het onderzoek is in een DA winkel in Amsterdam het energiegebruik en het klantgedrag onderzocht in een situatie met een traditionele open pui en een nieuwe pui met een intelligente entreevoorziening. De entreevoorziening bestaat uit een automatisch openende telescoopdeur in combinatie met een luchtgordijn dat alleen actief is bij een geopende deur. De telescoopdeur is achter de bestaande pui geplaatst, waardoor de buitengevel intact blijft en er geen vergunningen nodig zijn voor de plaatsing.

Het energiegebruik is onderzocht op basis van de vaste gas- en elektrameters van het nutsbedrijf en een aantal tussenmeters.

Uit het onderzoek blijkt dat na de plaatsing van de nieuwe entreevoorziening een besparing van ca. 43% op het energiegebruik voor verwarming wordt bereikt. Dit komt doordat minder koude buitenlucht de winkel binnenkomt. De verwachting is dat nog enige optimalisatie van de verwarmingsinstallatie mogelijk is, waardoor de besparing nog iets kan toenemen. De mate waarin de gemeten besparing ook in andere winkels kan worden bereikt is afhankelijk van de geometrie rond de entree, en kan zowel lager als hoger liggen.

In de zomersituatie is er geen verschil in het energiegebruik voor koeling waargenomen wanneer de deur op de stand automatisch of open staat. Tussen ca. 1 mei en 1 oktober zal de deur daarom in het algemeen gewoon open kunnen staan.

Er is geen invloed op het klantgedrag waargenomen. Het aantal bezoekers is geteld en niet significant beïnvloed door de entreevoorziening. Het aantal betalende bezoekers van de winkel in verhouding tot het landelijke aantal betalende bezoekers van de keten is onderzocht en vertoont geen ongunstige ontwikkeling. Een enquête onder de bezoekers, gehouden enkele weken na het plaatsen van de automatische entreevoorziening, levert in meerderheid positieve reacties op. De klanten waarderen de oplossing in overgrote meerderheid (90-96%) als positief wanneer het doel van de nieuwe entreevoorziening wordt uitgelegd.

Een aantal gunstige neveneffecten is waargenomen: een afname van de concentratie uitlaatgassen in de winkel en een afname van het verkeerslawaaï in de winkel, waardoor de verstaanbaarheid van spraak in met name het kassagebied is verbeterd. Het personeel waardeert de verbetering van het binnenmilieu (geluid, tocht) unaniem positief.

Wanneer een winkelier investeert in de entreevoorziening is dit het gunstigst in de nieuwbouwsituatie. De meerinvestering levert dan een rendement (R.O.I.) van 15 tot 21 %. Bij toepassing in een bestaande winkel bedraagt de R.O.I. 3,4 tot 4,7 %.

1 Inleiding

Deze rapportage betreft een onderzoek naar energiebesparingsmogelijkheden voor winkels bij toepassing van een automatische entree deur in combinatie met een slim lichtgordijn.

Winkeliers hanteren vaak een 'open-deur-filosofie' m.b.t. de verkoop van hun producten: men verwacht dat een geopende entree meer klanten trekt dan een gesloten entree. Het open staan van de entree gaat ten koste van het energieverbruik. Een automatische entree deur met lichtgordijn zou een geschikt compromis kunnen zijn tussen energiebesparing en verkoopvoordelen, mits de economische haalbaarheid van zo'n entree deur voldoende aangetoond kan worden.

In absolute zin zal de energiebesparing die met een automatische entree deur wordt bereikt afhankelijk zijn van verschillende factoren, waaronder de mate van windaanval op de plek van de entree deur, een oriëntatie al dan niet op een overheersende windrichting, en de frequentie c.q. de tijdsduur waarmee de deur opent voor bezoekers.

Het onderzoek heeft betrekking op één winkel, een DA Drogist te Amsterdam met één type entreevoorziening. Dit onderzoek kan derhalve gezien worden als een eerste haalbaarheidsonderzoek.

Dit onderzoek is verricht in opdracht van SenterNovem, onder de projecttitel "DA Proefproject Entree deur", referentienummer P015608123.

Het onderzoek is begeleid door een contactgroep, bestaande uit:

- SenterNovem: dhr. C. Havers
- Dienst Milieu en Bouwtoezicht, Amsterdam: dhr. P. Teunissen
- Energiecentrum MKB: dhr. J. van Trijp
- DA Retailgroep B.V.: dhr. H.J.M. Meijer, dhr. en mevr. Entius
- Besam/ Assa Abloy: dhr. G. Westhof, leverancier van de entreevoorziening.

Namens de milieudienst Amsterdam is tevens input voor de rapportage geleverd door:

- ECN, dhr. N.C. Sijpheer

1.1 Beschrijving winkellokatie

Het onderzoek is uitgevoerd in de DA drogisterij en luxe parfumerie "Josefien" aan de van Woustraat 38-40 in Amsterdam. De winkel is gelegen aan een drukke winkelstraat in de binnenstad van Amsterdam. In figuur 1.1 is een afbeelding van de voorgevel van de DA drogist in de oude situatie weergegeven.



Figuur 1.1 Voorgevel DA drogist (oude deur)

In de onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de afmetingen, aanwezige installaties en openingstijden van de winkel.

Afmetingen	
Vloeroppervlakte	240 m ² (24 x 10 m)
Inwendige hoogte tot aan systeemplafond	2,5 m
Volume winkel (incl. rekken en stellages)	600 m ³
Opening deur, alle deuren open (oude situatie)	5,94 m ² (2,12 x 2,8 m), opening handmatig in drie delen in te stellen
Opening deur, alle deuren open (nieuwe deur)	4,24 m ² (2,12 x 2,0 m)
Orientatie voorgevel	ONO
Installaties	
Gasketel (Nefit Ecomline):	t.b.v. verwarming luchtgordijn, incidenteel enig warmtapwater
Luchtgordijn:	t.b.v. voorkoming tochtklachten door verwarming toetredende buitenlucht
Split luchtwarmtepomp systeem:	
- Mitsubishi CSH-P100 (1xbui.u. 1 x bin.u.)	- 10 kW _{th} koeling, 11,5 kW _{th} verwarming, COP 2,8/3,4
- Mitsubishi CDH-P140 (1xbui.u. 2x bin.u.)	- 14,4 kW _{th} koeling, 17,7 kW _{th} verwarming, COP 2,6/3,2

	Totaal opgenomen vermogen 10,8 kW _e (ca. 45 W/m ²) Totaal geïnstalleerd koelvermogen 24,4 kW _{th} (ca. 100 W/m ²) Toepassing voornamelijk voor koeling, incidenteel enige bijverwarming winkel; afgifte d.m.v. 3 binnenunits (ventilatorconvectoren).
Mechanisch ventilatiesysteem:	Niet aanwezig
Verlichting:	Ca. 55 W/m ² (op basis van verbruik)
Karakteristiek energiegebruik:	Gas ca. 2.500 m ³ per jaar (langjarig gemiddelde) Elektra ca. 40.000 kWh per jaar
Openingstijden	
Maandag	10.00 – 18.00
Dinsdag – zaterdag	09.00 – 18.00

Tabel 1.1 Afmetingen, aanwezige installaties en openingstijden DA drogist te Amsterdam

In onderstaande afbeelding 1.2 is de nieuwe automatische deur te zien. De deur is ongeveer 0,8 m naar binnen toe geplaatst (de bestaande oude deuren zijn continu open).



Figuur 1.2 Voorgevel DA drogist (nieuwe deur)

1.2 Doelstelling monitoring

Het doel van het onderzoek is, kort samengevat, een economisch haalbaarheidsonderzoek van de toepassing van een specifiek type entreedeur met luchtgordijn. Op basis van het energieverbruik van

de deur in de oude situatie (referentie, de zgn. 0 meting) en het energieverbruik met de automatische deur (in verschillende standen, zgn. 1, 2 en 3 meting) is de besparing in het energieverbruik vastgesteld.

Behalve naar het energieverbruik is ook onderzoek gedaan naar een aantal aspecten welke gerelateerd zijn aan het gedeeltelijk sluiten van de entree:

- het binnenklimaat in de winkel (temperatuur, relatieve luchtvochtigheid en CO₂ concentratie).
- de luchtverontreiniging in de winkel als gevolg van het drukke verkeer
- het geluidniveau binnen in de winkel als gevolg van verkeerslawaaï.

Het totaal van metingen in het stookseizoen heeft plaatsgevonden van week 2 tot en met week 18 in 2009 (totaal 17 weken). Er zijn vier meetseries uitgevoerd. Uitgangspunt was een periode van vier weken per meetserie. De tweede meetserie is een week langer uitgevoerd op verzoek van de DA om in deze periode nog een enquête uit te kunnen voeren onder de klanten.

Het onderzoek gedurende het stookseizoen betreft de volgende vier meetseries:

- Meting W0 (oude deur, deur continu open, met oude luchtgordijn)
- Meting W1 (nieuwe deur, deur automatisch open-dicht, met luchtgordijn)
- Meting W2 (nieuwe deur, deur continu open, met luchtgordijn)
- Meting W3 (nieuwe deur, deur automatisch open-dicht, luchtgordijn uit)

Een tweede onderzoeksvraag betreft de invloed van het toepassen van de entreevoorziening op het aantal klanten c.q. de omzet van de winkelier.

De klanteffecten zijn als volgt onderzocht:

- tijdens de bovengenoemde meetseries zijn de bezoekersaantallen bijgehouden middels een optische teller bij de ingang
- tijdens meetserie W1 is een enquête gehouden onder de bezoekers.
- Tijdens de meetseries W0 t/m W3 is het aantal betalende klanten van zowel de onderzochte winkel als van de gehele DA keten bijgehouden. Het aantal betalende klanten van de onderzochte winkel is vergeleken met het aantal betalende klanten van de gehele keten.

In de zomersituatie is aanvullend onderzoek uitgevoerd naar de koelbehoefte van de winkel. Hierbij is het energiegebruik voor koeling gemeten met de nieuwe deur, in de volgende bedrijfssituaties:

- Meting K1 (nieuwe deur, deur automatisch open-dicht, met luchtgordijn)
- Meting K2 (nieuwe deur, deur continu open, met luchtgordijn)
- Meting K3 (nieuwe deur, deur automatisch open-dicht, luchtgordijn uit)

Deze metingen zijn uitgevoerd in de periode van week 21 t/m week 31.

Voor het onderzoek is een meetprotocol opgesteld waarin elke meetperiode gespecificeerd is. Dit meetprotocol is in bijlage I weergegeven. In de winkel en aan de buitengevel zijn meters geplaatst. Een totaaloverzicht van de locatie en toegepaste meters is weergegeven in bijlage II.

1.3 Inhoud rapport

De resultaten van het onderzoek zijn als volgt in deze rapportage opgenomen:

In hoofdstuk 2 zijn de resultaten weergegeven van de energieverbruikmetingen in het stookseizoen en de analyse daarvan. Hoofdstuk 3 heeft betrekking op neveneffecten op het binnenmilieu van de toepassing van een deels gesloten entreevoorziening.

Hoofdstuk 4 beschrijft metingen die tot doel hebben een beeld te geven van de hoeveelheid ventilatielucht.

In hoofdstuk 5 zijn de klanteffecten weergegeven (omzet, bezoekersaantallen en de resultaten uit de enquête onder de klanten).

Alle resultaten in de hoofdstukken 2 t/m 5 hebben betrekking op het stookseizoen.

Hoofdstuk 6 heeft betrekking op de resultaten van het onderzoek tijdens de zomerperiode (koelseizoen).

Hoofdstuk 7 betreft de economische haalbaarheid op basis van de besparingsresultaten.

In hoofdstuk 8 worden de conclusies gepresenteerd.

2 Energiegebruikmetingen stookseizoen

2.1 Meetwaarden per periode

De diverse bestaande en aangebrachte meters (zie Bijlage I en II) zijn wekelijks op maandagmorgen afgelezen. Het volledige overzicht aan meterstanden is gegeven in Bijlage III. De energiegebruiken per meetperiode zijn gegeven in Tabel 2.1

Meetperiode	Gasgebruik [m ³]	Vent. conv. in winkel [kwh]	Ventilator luchtgordijn [kwh]	Aandrijving deur [kwh]	Warmtemeter luchtgordijn [MJ]
Meting W0	587	57,7	67,4	0	9457 ⁽²⁾
Meting W1	338	134,5	7,3	5,2	3448
Meting W2	227	39	20,1	0	4809
Meting W3	21,8	<u>110,2⁽¹⁾</u>	0	1,3	0

Tabel 2.1: Gemeten energiegebruiken per periode. (1) Koelbedrijf. (2) Vanaf week 3.

Gedurende meting W 0 is het oude luchtgordijn werkzaam en staan de deuren continu open. Op de eerste maandag van meting W1 is de automatische deur met een nieuw luchtgordijn geplaatst, en in werking gedurende deze periode. Gedurende meting W2 is het luchtgordijn in werking en de deur continu open. Gedurende meting W3 is het luchtgordijn niet in werking en staat de deur in automatische stand. De warmtemeter van het luchtgordijn was aanvankelijk niet goed aangesloten, waardoor data van de eerste meetweek ontbreken.

2.2 Correctie gasgebruik voor tapwater

Uit Tabel 2.1 blijkt al dat gedurende de laatste meetserie nog wat gas wordt gebruikt terwijl er in de winkel een koelbehoefte is. Dit gasgebruik is ook na het afronden van meetserie W 3 nog wekelijks door blijven lopen. Verder blijkt dit gasgebruik heel constant te zijn: wekelijks betreft dit $5,5 \pm 0,4 \text{ m}^3$ gas. Bij de opname van de winkel is al gebleken dat de gasketel is voorzien van een extern voorraadvat, ten behoeve van het gebruik van warm water. Daarom wordt aangenomen dat dit gasgebruik is toe te schrijven aan afname van warmte ten behoeve van warm water. In de wintersituatie is deze post vrijwel te verwaarlozen, maar naar het einde van het stookseizoen toe gaat deze post procentueel gezien een steeds groter aandeel krijgen. Daarom zijn alle wekelijks gemeten gasgebruiken gecorrigeerd voor deze afname.

De gasgebruiken die ten behoeve van de analyse worden gebruikt, gecorrigeerd voor de warmwater afname, zijn gegeven in tabel 2.2

Meetperiode	Gemeten gasgebruik [m3]	Gecorrigeerd gasgebruik voor ruimteverwarming [m3]
Meting W0	587	565
Meting W1	338	311
Meting W2	227	205
Meting W3	21,8	0

Tabel 2.2.: Gemeten gasgebruik en gecorrigeerd gasgebruik voor ruimteverwarming

Uit tabel 2.2 blijkt nu duidelijk dat het stookseizoen vrij abrupt afloopt na meting W2. Dit is consistent met het in tabel 2.1 weergegeven energiegebruik voor koeling door middel van de ventilatieconvectoren. Meetserie W3 levert daarom geen aanvullende informatie meer op ten opzichte van de eerste drie metingen.

2.3 Analyse energieverbruik per meetserie

De analyse van het energiegebruik voor verwarming, gemeten tijdens de meetseries W0, W1 en W2 heeft als belangrijkste doel het beantwoorden van de vraag of toepassing van een intelligente entreevoorziening leidt tot een energiebesparing, en zo ja, wat de te verwachten energiebesparing is op jaarbasis. Daarbij is het ook gewenst dat de analyse inzicht geeft in het mechanisme van de energiebesparing.

Omdat de buitentemperatuur tijdens de drie meetseries natuurlijk niet constant is geweest, moet een correctiemethode worden toegepast om de meetseries objectief vergelijkbaar te maken.

Er is gebruik gemaakt van een drietal analysemethodes, welke hieronder eerst worden besproken en vervolgens in de navolgende paragrafen worden uitgewerkt.

Graaddagenmethode

De eerste toegepaste methode is de zogenoemde graaddagenmethode. De graaddagenmethode is geïntroduceerd door Energiened, met als doel om verwarmingsgebruiken vergelijkbaar te maken. Een graaddag is hierbij een rekeneenheid waarmee het aantal fictieve dagen wordt aangegeven dat de gemiddelde etmaaltemperatuur beneden de 18 °C (stookgrens) ligt. Deze stookgrens van 18 °C is gebaseerd op (niet meer zo recente) woningbouw en eventueel aan te passen wanneer de stookgrens anders is. Het voordeel van deze methode is dat deze vrij algemeen bekend is, en ook goed is uit te leggen aan derden. Nadeel van deze methode is vooral dat de stookgrens eigenlijk op voorhand bekend moet zijn. Voor de winkel is de stookgrens globaal af te leiden uit de meetgegevens, waaruit te zien is dat vanaf een buitentemperatuur van ca. 12 à 13 C er niet meer gestookt hoeft te worden. Het is echter mogelijk dat de verschillende bedrijfssituaties W0, W1 en W2 verschillende stookgrenzen tot gevolg hebben. Hierdoor heeft de graaddagenmethode een beperkte nauwkeurigheid.

Energiehandtekeningmethode

De energiehandtekeningmethode is ontwikkeld door ECN. Hierbij wordt het energiegebruik in een bepaalde periode grafisch uitgezet tegen de gemiddelde buitentemperatuur in die periode. Door de data wordt een rechte lijn getrokken. De hellingshoek van de lijn door de punten in de grafiek is een indicator voor de thermische kwaliteit van het gebouw: hoe vlakker de lijn, des te minder de warmteverliezen. Het voordeel van deze methode ten opzichte van de graaddagenmethode is dat de stookdrempel niet op voorhand bekend hoeft te zijn. De stookdrempel is namelijk het resultaat van de berekening, als het snijpunt van de lijn door de datapunten met de temperatuur-as. Verder biedt de methode meer visueel inzicht bij het vergelijken van de verschillende bedrijfssituaties.

Dynamische simulatie

De graaddagenmethode en de energiehandtekeningmethode hebben beide als nadeel dat gewerkt wordt met de gemiddelde buitentemperatuur over een periode. Dit is geen probleem bij gebouwen die continue verwarmd worden. Het bijzondere aan een winkel ten opzichte van een standaard gebouw is echter de bedrijfswijze. Deze kent namelijk twee zeer sterk onderscheiden bedrijfssituaties:

- tijdens de dagperiode staat de deur open (veel warmteverlies) maar staat ook veel verlichting aan (veel warmtewinst). Tijdens deze periode is ook het luchtgordijn en dus de gasketel actief.
- tijdens de nachtperiode staat de deur dicht (veel minder warmteverlies), maar staat ook de verlichting uit (geen warmtewinst). Bovendien wordt ook het luchtgordijn en dus de gasketel uitgeschakeld.

Om meer inzicht te krijgen in het effect van deze bedrijfswijze is een dynamische simulatie uitgevoerd. Hiervoor is in de simulatiesoftware TRNSYS (www.transsolar.com) een rekenmodel opgesteld van de winkel. Dit model is vervolgens uurlijks doorgerekend met klimaatgegevens uit het testreferentiejaar. Deze resultaten kunnen vervolgens grafisch worden weergegeven op de zelfde wijze als de energiehandtekeningmethode.

De simulatie heeft de volgende voordelen:

- er wordt gebruik gemaakt van het tijdens het onderzoek gemeten elektrische energiegebruik (voor met name de verlichting van de winkel): deze wordt als interne warmtelast in het model ingevoerd
- er wordt gebruik gemaakt van de afmetingen en isolatiewaarde van de pui (U-waarde 2,4 W/m²K) waardoor het transmissieverlies door de pui separaat in beeld wordt gebracht
- de bijzondere bedrijfswijze van de winkel wordt in het model ingevoerd

Door het invoeren van alle bekende gegevens blijft nog maar één onbekende over, namelijk de hoeveelheid buitenlucht die door de deur naar binnenkomt. Door deze parameter te variëren kunnen de meetgegevens van de verschillende bedrijfssituaties worden gefit. Het resultaat van deze methode is dus de hoeveelheid ventilatielucht welke door de buitendeur de winkel inkomt. Hierdoor komt mogelijk het mechanisme van de energiebesparing in beeld.

2.4 Analyse op basis van de graaddagenmethode

In de onderstaande tabel 2.3 is voor de vier meetseries (W0-W1-W2-W3) in de tweede kolom de betreffende meetperiode weergegeven. In de derde kolom is de gemeten warmtebehoefte weergegeven in MJ. In de vierde kolom is het aantal graaddagen in de betreffende meetperiode weergegeven. In de vijfde kolom is de warmtebehoefte per graaddag berekend en op basis daarvan de besparing in pro-

centen in de zesde kolom. De besparing in procenten is aangegeven tov. de W 0-meting (referentie, oude deur) en de W 2-meting (de nieuwe deur, volledig open).

De volgende rekenmethodiek is toegepast:

- warmtebehoefte op basis van m³ gas verbruik uit tabel 2.3 en kWh elektrisch van de ventilatieconvectoren ten behoeve van ruimteverwarming (tabel 2.1).
- Gasverbruik omrekenen naar warmtebehoefte op basis van een calorische waarde van 35,17 MJ/m³ gas en een opwekkingsrendement van 90% van de ketel.
- Elektraverbruik ventilatieconvector omrekenen naar warmteafgifte op basis van 3,6 MJ/kWh en een COP van 3,3.
- In de 3-meting is de ventilatieconvector in koelstand toegepast. Deze koudebehoefte is verder niet meegenomen in de onderstaande tabel.

Meting	Meetperiode	Berekende warmtebehoefte (MJ)	Graaddagen in deze periode (stookgrens 12C)	Warmtebehoefte per graaddag (MJ/graaddag)	Besparing [% warmtebehoefte]
W0	5 jan - 2 febr	19.259	315,0	59,1	-
W1	2 febr - 9 mrt	12.305	297,5	38,7	35% tov. 0 meting 20% tov. 2 meting
W2	9 mrt - 6 apr	7.640	145,0	48,3	18% tov. 0 meting
W3	6 apr - 4 mei	0	0	-	-

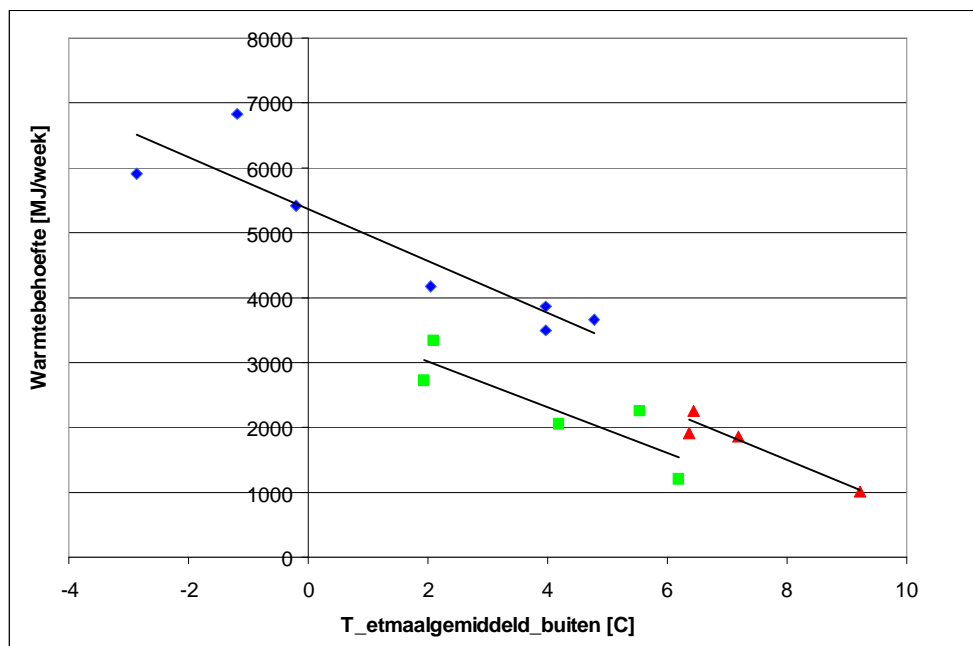
Tabel 2.3 Besparing in procenten op basis van energieverbruik en aantal graaddagen, Graaddagenmethode

Op basis van de gegevens in tabel 2.3 is geconcludeerd dat:

- de nieuwe automatische deur zorgt voor een afname van de warmtebehoefte van 35% ten opzichte van de 0-meting en 20% ten opzichte van de 2-meting.
- De entreegevel is met het plaatsen van de automatische deur ca 0,8 m naar binnen toe verplaatst. Tevens heeft deze naar binnen verplaatste gevel een kleinere opening dan de oude deur. Dit resulteert gezamenlijk in een reductie van 20%.

2.5 Analyse op basis van de energiehandtekeningmethode

De kern van de energiehandtekeningmethode is de grafische weergave van de meetdata zoals in figuur 2.1:



Figuur 2.1: Grafische weergave van de meetdata. Blauw: meetserie W0. Groen: meetserie W1. Rood: meetserie W2. De rechte lijnen zijn verkregen uit een lineaire regressieanalyse van de data.

De uit de regressieanalyse verkregen gegevens zijn gegeven in Tabel 2.4

Direct te zien is dat één van de resultaten van de energiehandtekeningmethode de stookdrempel is, en dat deze inderdaad niet in alle bedrijfssituaties gelijk is. Toepassing van de nieuwe entreevoorziening verlaagt de stookdrempel van 13,4 °C naar 10,5 °C, waardoor het stookseizoen met de nieuwe entreevoorziening aanmerkelijk korter is dan in de oude situatie. Hierdoor maakt de verwarmingsinstallatie minder bedrijfsuren. Tevens is te zien dat de helling van de grafiek minder stijl loopt, wat wil zeggen dat de thermische kwaliteit van het gebouw verbeterd is. Opnieuw is te zien dat de nieuwe entreevoorziening ook door de gewijzigde geometrie van de ingang al een verbetering geeft.

In figuur 2.1 wordt visueel direct inzichtelijk dat het energiegebruik met de nieuwe entreevoorziening (groene punten) structureel onder het energiegebruik met de oude deur ligt (blauwe punten).

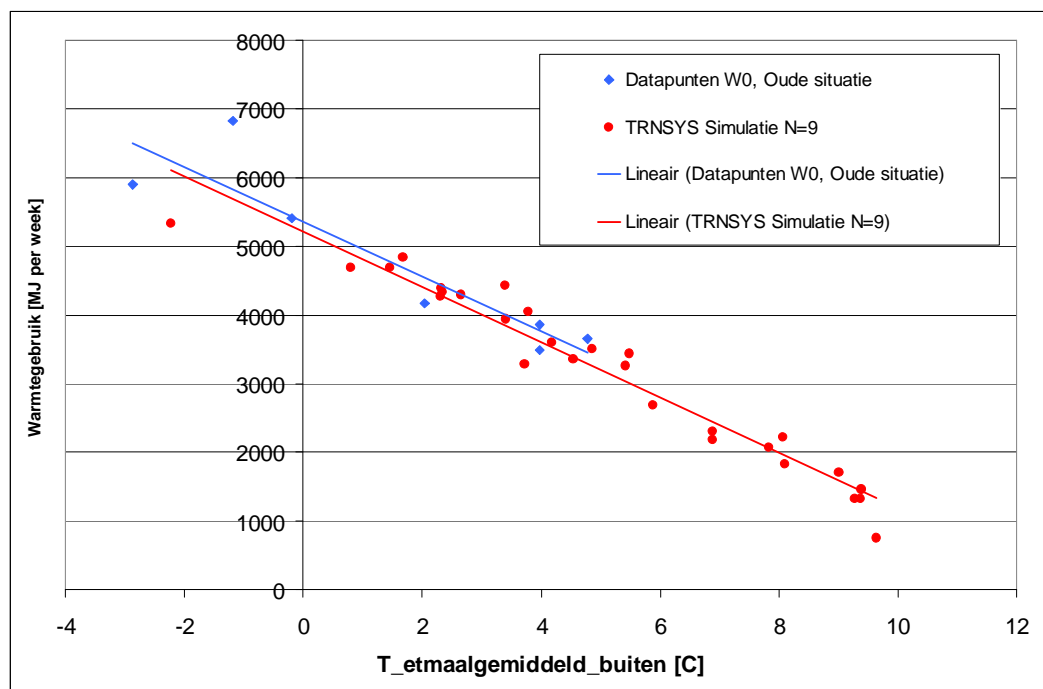
Door de verkregen lineaire functies te laten werken op een klimaatjaar wordt een jaarverbruik verkregen, wat vervolgens kan worden gebruikt voor het berekenen van de besparing op jaarbasis. Bij toepassing op de KNMI gegevens uit 2008 wordt de besparing berekend zoals aangegeven in de laatste kolom van Tabel 2.4. Te zien is dat de op deze wijze verkregen besparingspercentages groter zijn dan met de eenvoudige graaddagenmethode. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt doordat de energiehandtekeningmethode het onderscheid in stookgrens bij de verschillende bedrijfssituaties zichtbaar maakt.

Meetserie	Berekende helling van de lijn [MJ/C]	Stookgrens [C]	Besparing [% warmtebehoefte]
W0 (oude deur)	-400	13,4	-
W1 (nieuwe deur, automatisch)	-356	10,5	47% tov. W 0 meting 29% tov. W 2 meting
W2 (nieuwe deur, open)	-379	12,0	25% tov. W 0 meting

Tabel 2.4: Resultaten regressieanalyse en berekende besparing, energiehandtekeningmethode.

2.6 Analyse op basis van dynamische simulaties

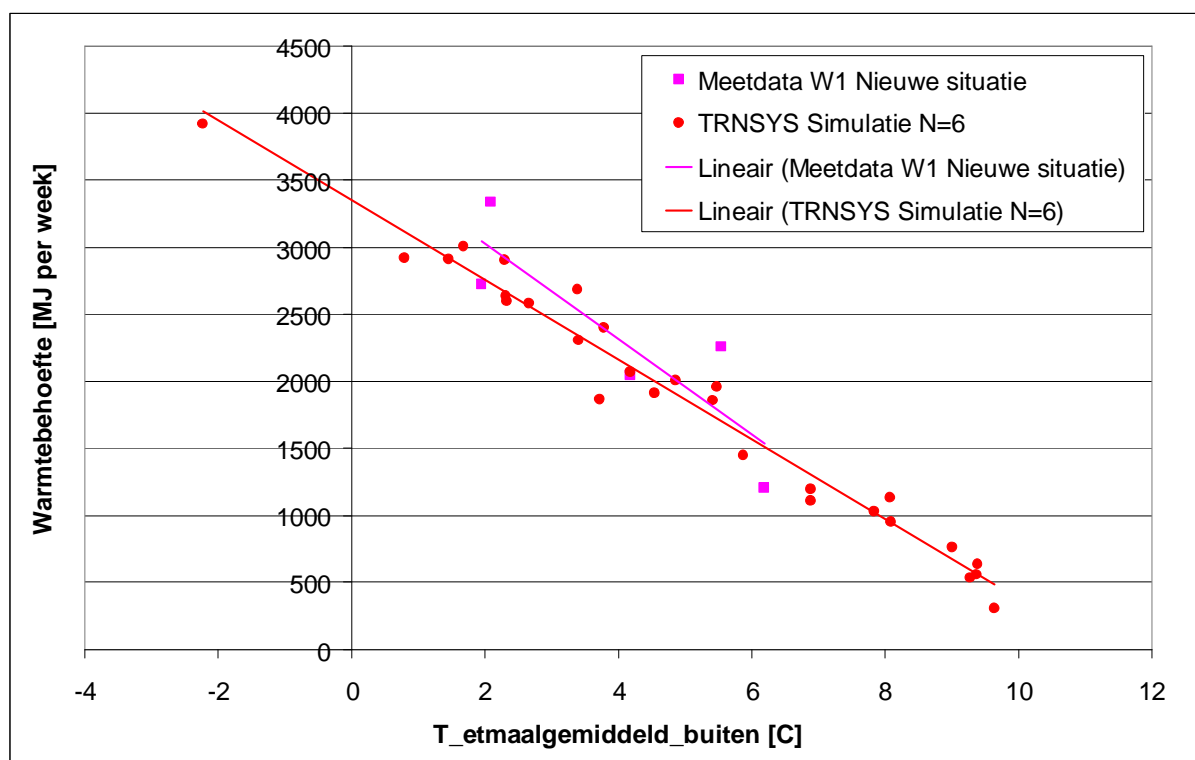
Hiervoor is in de simulatiesoftware TRNSYS (www.transsolar.com) een rekenmodel opgesteld van de winkel. Dit model is vervolgens uurlijks doorgerekend met klimaatgegevens uit het testreferentiejaar. Deze resultaten zijn vervolgens grafisch weergegeven op de zelfde wijze als de energiehandtekeningmethode, samen met de data. In de simulaties is de luchthoeveelheid door de deuropening gevarieerd, totdat de simulatieresultaten overeenkwamen met één van de sets met meetdata. De resultaten voor meetserie W0 zijn gegeven in figuur 2.2. Het blijkt dat de gemeten data zijn te reproduceren wanneer het simulatiemodel wordt gedraaid met een ventilatievoud van 9 h^{-1} .



Figuur 2.2.: Vergelijking meetdata W0 met dynamische simulatie met N=9.

Opvallend is dat zowel de helling van de grafiek als de stookdrempel (het snijpunt met de horizontale as) goed worden beschreven door het aanpassen van één parameter, namelijk het ventilatievoud. Dit impliceert dat alle overige in het model opgenomen parameters (met name de interne warmtebronnen, de bedrijfstijden en het warmteverlies door de gevel) een goede beschrijving van de werkelijkheid geven. Het warmteverlies door de gevel volgt uit het model, en is kleiner dan 10% van het totale warmteverlies. Dit betekent dat het ventilatieverlies door de geopende deur meer dan 90% van het warmteverlies veroorzaakt.

De resultaten voor meetserie W1 zijn gegeven in figuur 2.3. Het blijkt dat de gemeten data zijn te reproduceren wanneer het simulatiemodel wordt gedraaid met een ventilatievoud van ca. 6 h^{-1} .



Figuur 2.3.: Vergelijking meetdata W1 met dynamische simulatie met N=6.

Wanneer een zelfde analyse wordt uitgevoerd aan meetserie W2 geeft een ventilatievoud van ca. 7,5 de beste representatie van de data.

Doordat met het simulatiemodel het gehele testreferentiejaar van het KNMI wordt doorgerekend, wordt direct bij de verschillende ventilatievouden de warmtebehoefte per jaar berekend. Hierdoor kan de energiebesparing van de nieuwe entree ten opzichte van de oude situatie worden berekend.

Meetserie	Berekende ventilatievoud [h ⁻¹]	Besparing [% warmtebehoefte]
W0 (oude deur)	9	-
W1 (nieuwe deur, automatisch)	6	43% tov. W 0 meting 27% tov. W 2 meting
W2 (nieuwe deur, open)	7,5	21% tov. W 0 meting

Tabel 2.5: Simulatieresultaten en energiebesparing, dynamische simulatiemethode

Met behulp van de simulatie wordt bij een ventilatievoud van 9 h⁻¹ een jaarlijks gasgebruik van 2.700 m³ aardgas in het testreferentiejaar berekend. Dit ligt redelijk in lijn met de historische gebruikte 2.200 m³ aardgas in het minder koude jaar dat loopt van dec. 2007 tot dec. 2008.

Bij een ventilatievoud van 6 h⁻¹ wordt met het model een aardgasgebruik van 1550 m³ per jaar berekend. Dit is een besparing van 1150 m³ aardgas per jaar.

Verlichtingsniveau

Om met het simulatiemodel de meetdata goed te kunnen reproduceren is het invoeren van de interne warmtelast van groot belang. Wanneer een lagere interne warmtelast wordt ingevoerd, verschuift de stookgrens naar hogere buitentemperaturen. Het verlichtingsniveau, verantwoordelijk voor het grootste deel van de interne warmte, speelt daarom een grote rol in de warmtebehoefte. Wanneer, zoals de bedoeling is, de verlichting in winkels op termijn vervangen gaat worden door steeds energiezuiniger verlichting, zal dit tot gevolg hebben dat de energiebehoefte voor verwarming gaat toenemen. Hierdoor wordt het toepassen van een energiezuinige entree steeds belangrijker, en ook steeds rendabeler voor de ondernemer.

Uit een verkennende simulatie met TRNSYS volgt dat bij toepassing van energiezuinige verlichting de verwarmingsbehoefte van de winkel met ca. 75% zou toenemen. De besparing als gevolg van de nieuwe entreevoorziening neemt in absolute zin ook toe. Naarmate er meer energiezuinige verlichting wordt toegepast wordt het dus steeds relevanter om aandacht te besteden aan de entreevoorziening.

2.7 Samenvatting analyses

De energiebesparing van de nieuwe entreevoorziening op basis van de resultaten van verschillende analysemethoden zijn samengevat in Tabel 2.6

Analysemethode	Energiebesparing
Eenvoudige graaddagenmethode, stookdrempel 12 °C.	35 %
Energiehandtekeningmethode	47 %
Dynamische simulatie	43 %

Tabel 2.6 Vergelijking van de verschillende analysemethoden.

Analyse met de graaddagenmethode geeft de kleinste berekende besparing. Zoals genoemd is deze methode de minst nauwkeurige omdat hiermee het verschuiven van de stookgrens niet wordt meege-

nomen. De dynamische simulatie heeft als voordeel op de beide andere methodes dat meer informatie wordt meegenomen in de berekening (interne warmtelast, bedrijfstijden en geveloppervlak). Hierdoor hoeft niet te worden gewerkt met etmaalgemiddelde buitentemperaturen. De verwachting is dat hierdoor het resultaat nauwkeuriger is dan de energiehandtekeningmethode. De berekende energiebesparing van 42% wordt daarom beschouwd als de meest nauwkeurige waarde.

Deze energiebesparing wordt verklaard door een afname van de hoeveelheid buitenluchttoetreding met ca. 33% (een verlaging van $N=9 \text{ h}^{-1}$ naar $N=6 \text{ h}^{-1}$). Een deel van deze afname wordt veroorzaakt door de gewijzigde geometrie van de entree, het overige door de automatische regeling op de deur in combinatie met het geschakelde luchtgordijn.

2.8 Onderzoek systeemrendement verwarming

De analyseresultaten van de besparing zijn alle gebaseerd op het totale energiegebruik voor verwarming, op basis van de meterstanden. In het warmwatercircuit van de gasketel is tevens een tussentemeter opgenomen ten behoeve van een directe meting van de opgenomen warmte door de warmtewisselaar in het luchtgordijn. De betreffende meetwaarden per meetserie zijn eerder al gegeven in Tabel 2.1. De meetperiode van meetserie W0 is exclusief de eerste week, omdat in de eerste meetweek de warmtemeter van het luchtgordijn nog niet goed functioneerde.

Door de meetresultaten aan het luchtgordijn te vergelijken met het gasgebruik van de CV ketel wordt een indicatie verkregen van het systeemrendement (opwekkingsrendement maal distributierendement).

De berekeningen hiervan zijn gegeven in Tabel 2.7.

Meetperiode	Gecorrigeerd gasgebruik voor verwarming [m3]	Energieinhoud gasgebruik [MJ]	Warmtemeter luchtgordijn [MJ]	Systeemrendement [%]	Geraamd distributierendement [%]
Meting W0 (deels)	397	13497	9457	70	78
Meting W1	338	11070	3448	31	35
Meting W2	226	7313	4809	66	73

Tabel 2.7.

Opvallen in tabel 2.7 is dat meting W0 en W2, beide met de deur continue open en het luchtgordijn continue aan, een vergelijkbaar systeemrendement van 66-70% hebben. Uitgaande van een opwekkingsrendement van ca. 90 % wordt een distributierendement van ca. 73-78% berekend. Dit is een realistisch getal gezien het feit dat de gasketel achterin de winkel staat en het luchtgordijn voorin de winkel. De winkel is vrij diep, en de lengte van de distributieleidingen bedraagt ca. 50 tot 60 meter. Het feit dat het distributierendement bij W2 iets lager ligt dan bij W0 is ook eenvoudig te verklaren doordat de warmtebehoefte van het luchtgordijn tijdens meetserie W2 lager ligt, terwijl de verliezen in distributieleiding minder afnemen.

Bijzonder opvallend is echter het gegeven dat tijdens meetserie W1 het distributierendement ongeveer lijkt te zijn gehalveerd. Tijdens deze meetserie staat de deur op de automatische stand. Hierdoor

wordt het luchtgordijn voortdurend aan en uit geschakeld door de ventilator van het luchtgordijn aan een uit te schakelen. De distributiepomp van de gasketel blijft echter gewoon doordraaien. Hierdoor blijven de distributieverliezen hoog. Een deel van deze warmte zal mogelijk alsnog in de winkel terecht komen, een ander deel van de warmte wordt mogelijk niet nuttig toegepast.

Dit houdt in dat er mogelijk nog een extra besparing mogelijk is bij de intelligente entreevoorziening, door een optimalisatie van de distributie van de warmte van de gasketel naar het luchtgordijn. Een denkbare optie is om een buffer/oplaadsysteem toe te passen, waarbij dicht bij het luchtgordijn een warmwater buffervat aanwezig is vanwaaruit het luchtgordijn wordt gevoed. Dit buffervat wordt dan periodiek geladen vanuit de gasketel. In de tussenliggende periode worden de lange distributieleidingen niet gebruikt, waardoor de distributieverliezen kleiner worden.

Voor de huidige winkel is het raadzaam om na te gaan of de aanwezige distributieleidingen nog (beter) nageïsoleerd kunnen worden.

2.9 Hulpenergiegebruik entreevoorziening tijdens het stookseizoen

Tijdens het stookseizoen wordt hulpenergie gebruikt ten behoeve van de ventilator van het luchtgordijn. In geval van de automatische deur wordt tevens hulpenergie gebruikt ten behoeve van de aandrijving van de deur en de regeling. Deze hulpenergie is gemeten met behulp van kWh-tussenmeters. De meetwaarden per periode zijn gegeven in Tabel 2.10.

Meetserie	Ventilator luchtgordijn [kWh]	Aandrijving en regeling deur [kWh]	Totaal [kWh]	Totaal per jaar [kWh]	Besparing per jaar [kWh]
W0 (oude deur, luchtgordijn aan)	67,4	0	67,4	505,5	
W1 (nieuwe deur, automatisch, luchtgordijn aan)	7,3	5,2	12,5	75	75 kWh t.o.v. W2; 430 kWh t.o.v. W0
W2 (nieuwe deur, open, luchtgordijn aan)	20,1	0	20,1	150,75	
W3 (nieuwe deur, automatisch, luchtgordijn uit)	0	1,3	1,3	9,75	

Tabel 2.10 Hulpenergiegebruik van de entreevoorziening tijdens het stookseizoen

In de tabel is te zien dat de deur weliswaar enig hulpenergiegebruik nodig heeft, maar dat per saldo hulpenergie wordt bespaard doordat de afname van het elektragebruik van het luchtgordijn groter is. In de automatische stand wordt op jaarbasis 75 kWh elektra bespaard ten opzichte van de openstand.

Opvallend is dat het nieuwe luchtgordijn kennelijk veel minder verbruikt dan het oude: De nieuwe ventilator gebruikt minder dan 1/3 deel van de elektra vergeleken met het oude luchtgordijn.

Niet bekend is of dit komt doordat de ventilator zuiniger is, of doordat er gewoon een kleinere ventilator is geplaatst.

Vergelijking van het elektragebruik tussen W1 en W2 (7,2 vs 20,1 kWh) geeft een indruk van de periode dat de ventilator aan, en de automatische deur dus open staat. Dit is ca. 36% van de tijd.

Dit geeft een indruk van het mogelijke besparingspotentieel van de entreevoorziening: wanneer de deur 64% van de tijd dicht staat, is te verwachten dat, met een ideale installatie, tot maximaal 64% bespaard zou kunnen worden op het luchtgordijn. Hiervan is volgens de metingen tot dusver ongeveer 2/3 deel (ca. 42 %) ook gerealiseerd (Tabel 2.6), en een deel mogelijk niet gerealiseerd door de afname van het distributierendement van de verwarmingsinstallatie (Tabel 2.7).

3 Binnenmilieu

Het binnenmilieu is beoordeeld op basis van het waargenomen verkeerslawaaï, de CO₂ concentratie, de relatieve luchtvochtigheid en de concentratie van uitlaatgassen.

3.1 Verkeerslawaaï

Het toepassen van een automatische deur heeft een positief effect op de optredende achtergrondgeluidniveaus in de winkelruimte ten gevolge van buitengeluid (wegverkeer, winkelend publiek). Dit is het gevolg van de kortere tijd dat de deuren geopend zijn waardoor het gemiddelde geluidniveau daalt. Daarnaast zijn de automatische deuren in de onderhavige winkel verder naar binnen geplaatst, door de aldus verkregen sluisconstructie ontstaat er met name ter plaatse het kassagebied een grotere afscherming (omweg) voor het geluid van buiten.

Ten einde het effect van het toepassen van de automatische deur op het optredende achtergrondgeluidniveau ten gevolge van buitengeluid te beoordelen zijn geluidmetingen uitgevoerd voor de situaties voor en na het aanbrengen van de automatische deur. In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de op 21 januari en 16 februari 2009 uitgevoerde geluidmetingen weergegeven.

Meting	Positie	"Oude situatie" 0-meting 21 januari 2009		"Nieuwe situatie" 1-meting 16 februari 2009		Verschil [dB]
		Geluidniveau L _{A,eq} [dB(A)]	Demping [dB]	Geluidniveau L _{A,eq} [dB(A)]	Demping [dB]	
1	Buiten	68	-	67	-	-
2	Kassagebied	58	10	47	20	10
3	Entreegebied	61	7	56	11	4
4	Winkelgebied	58	10	52	15	5

Tabel 3.1 Optredende geluidniveaus voor de situaties voor en na het aanbrengen van de automatische deur

Bespreking meetresultaten

Uit de bovenstaande tabel volgt dat ten gevolge van de kortere tijd dat deuren open staan het gemiddelde geluidniveau ter plaatse van het entreegebied met circa 4 dB afneemt. Een vergelijkbare verlaging van het optredende gemiddelde geluidniveau is vastgesteld ter plaatse van de gangpaden op circa 4 meter vanaf de ingang.

Ter plaatse van het kassagebied is zelfs een verbetering van de demping tussen binnen en buiten vastgesteld van 10 dB, het optredende achtergrondgeluidniveau is afgenomen van circa 58 tot 47 dB(A). Deze extra afname van de optredende geluidniveaus is met name het gevolg van de grotere "omweg" ten gevolge van de naar binnen geplaatste entree.

Voor de onderhavige situatie betekent dit dat ter plaatse van de kassa's eenvoudiger een gesprek kan worden gevoerd. De spraakverstaanbaarheid wordt uitgedrukt in de RASTI-waarde, dit is een getalwaarde variërend van 0 (slecht verstaanbaar) tot 1 (excellent verstaanbaar). Voor de uitgangssituatie is op basis van het gemeten achtergrondgeluidniveau een RASTI waarde berekend van circa 0,5

("matig"). Door het lagere achtergrondgeluidniveau is voor de situatie na het aanbrengen van de automatische deur de spraakverstaanbaarheid verbeterd tot circa 0,6 ("goed").

De meetnauwkeurigheid voor de frequenties 125 t/m 2000 Hz bedraagt +/- 1 dB. De meting is uitgevoerd met een Brüel & Kjær Sound Analyzer.

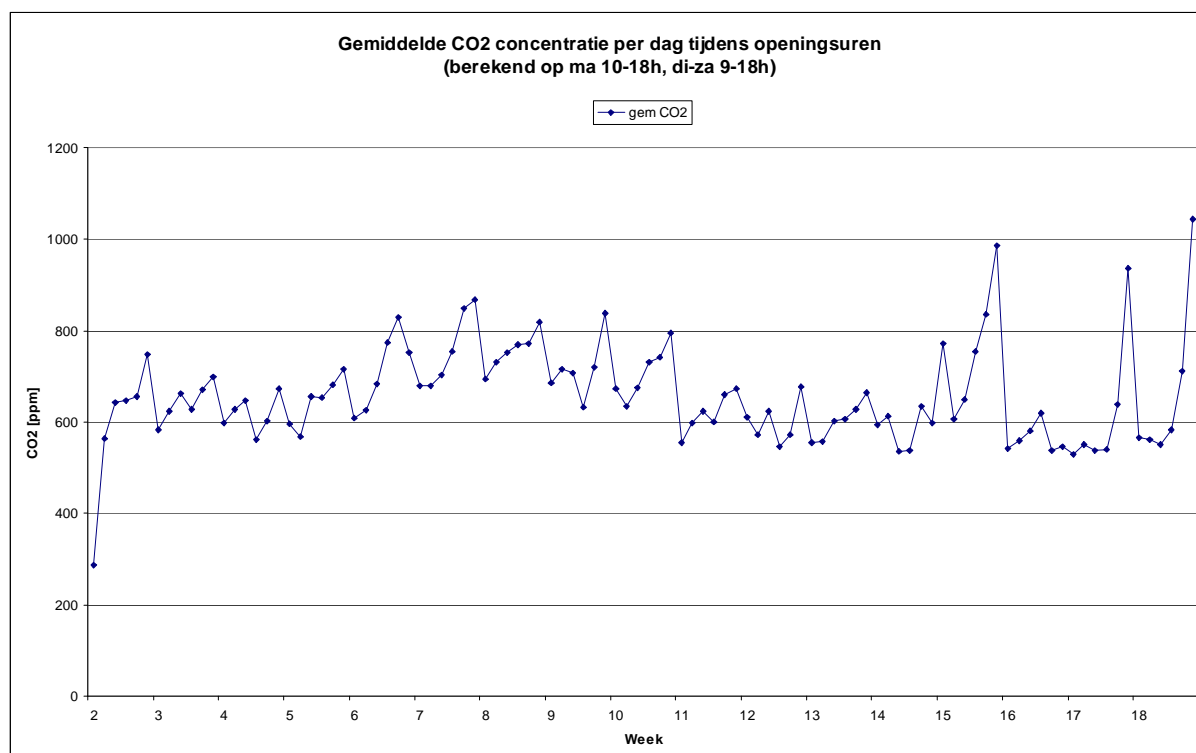
Beleving geluidniveau

De medewerkers in de winkel ervaren het geluidniveau als 'stil' en er wordt overwogen om in de winkel achtergrond muziek te gaan draaien.

3.2 CO₂ concentratie

De CO₂ concentratie is op een drietal locaties in de winkel gemeten (zie bijlage II). De meetresultaten van de meter achterin de winkel is als uitgangspunt genomen. Deze meter heeft het minst invloed van het open en dicht gaan van de toegangsdeur en geeft derhalve een nauwkeurig verloop van de CO₂ concentratie. Elke 20 minuten is de temperatuur gemeten en weggeschreven naar een datalogger. De CO₂ concentratie is uitgedrukt in ppm (part per million).

Op basis van de metingen is de gemiddelde CO₂ concentratie tijdens openingsuren weergegeven in figuur 3.1. Dit is dus de gemiddelde CO₂ concentratie per dag, berekend op maandag (10 tot 18h) en dinsdag tot en met zaterdag (van 09 tot 18h).



Figuur 3.1 Gemiddelde CO₂ concentratie per dag (tijdens openingsuren)

In tabel 3.2 is de gemiddelde CO₂ concentratie tijdens openingsuren voor de vier meetperioden weergegeven.

Meetperiode	Gem. CO ₂ concentratie [ppm]
Meting W0	624,8 ppm
Meting W1	729,6 ppm
Meting W2	601,8 ppm
Meting W3	655,6 ppm

Tabel 3.2 Gemiddelde CO₂ concentratie per dag tijdens openingsuren

Als streefwaarde voor het verblijven van personen kunnen de volgende referentiewaarden voor de CO₂ concentratie worden aangehouden:

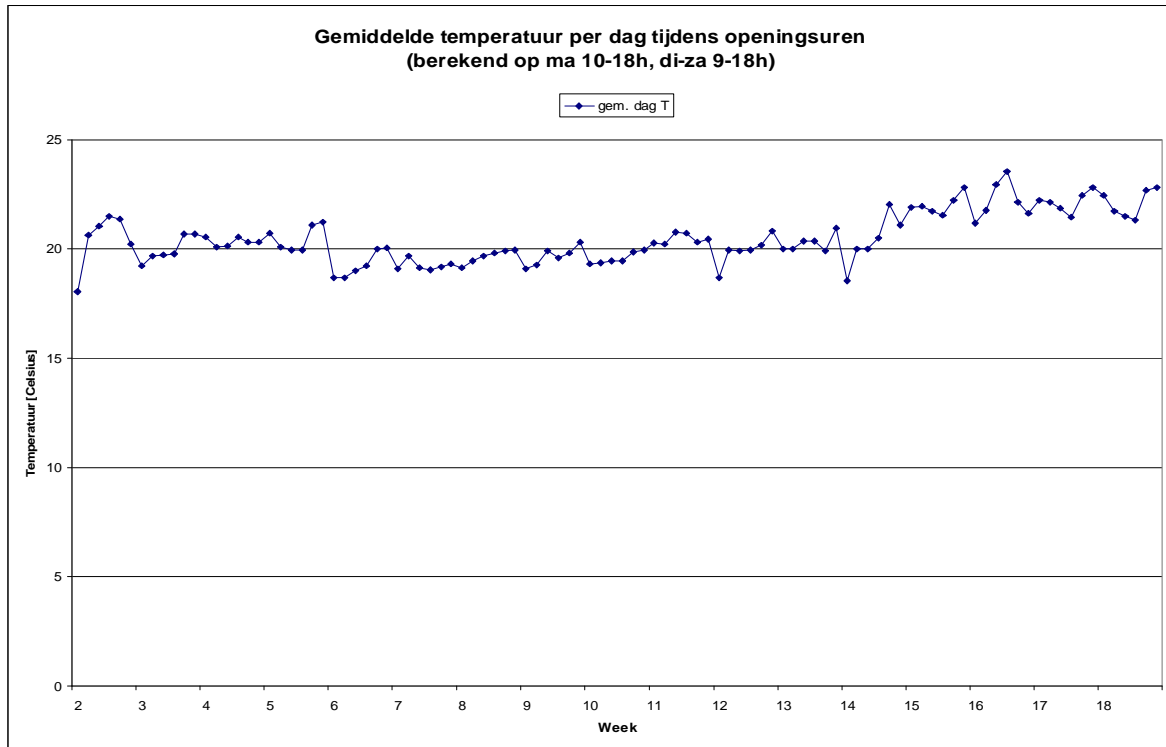
- Een concentratie 1200 ppm is nog juist acceptabel
- Een concentratie 800 ppm is goed

Vergelijking met tabel 3.2 laat zien dat in alle onderzochte gevallen de CO₂ concentratie ruimschoots voldoet aan het criterium 'goed'.

3.3 Binnentemperatuur

De binnentemperatuur is op een drietal locaties in de winkel gemeten (zie bijlage II). De meetresultaten van de meter achterin de winkel is als uitgangspunt genomen. Deze meter heeft het minst invloed van het open en dicht gaan van de toegangsdeur en geeft derhalve een nauwkeurig verloop van de gemiddelde temperatuur. Elke 20 minuten is de temperatuur gemeten en weggeschreven naar een datalogger.

Op basis van de metingen is de gemiddelde dagtemperatuur tijdens openingsuren weergegeven in figuur 3.2. Dit is dus de gemiddelde temperatuur per dag, berekend op maandag (10 tot 18h) en dinsdag tot en met zaterdag (van 09 tot 18h).



Figuur 3.2 Gemiddelde temperatuur per dag (tijdens openingsuren)

In tabel 3.3 is de gemiddelde dagtemperatuur tijdens openingsuren voor de vier meetperioden weer-gegeven.

Meetperiode	Gem. dagtemperatuur [°C]
Meting W 0	20,3 °C
Meting W 1	19,5 °C
Meting W 2	20,3 °C
Meting W 3	22,1 °C

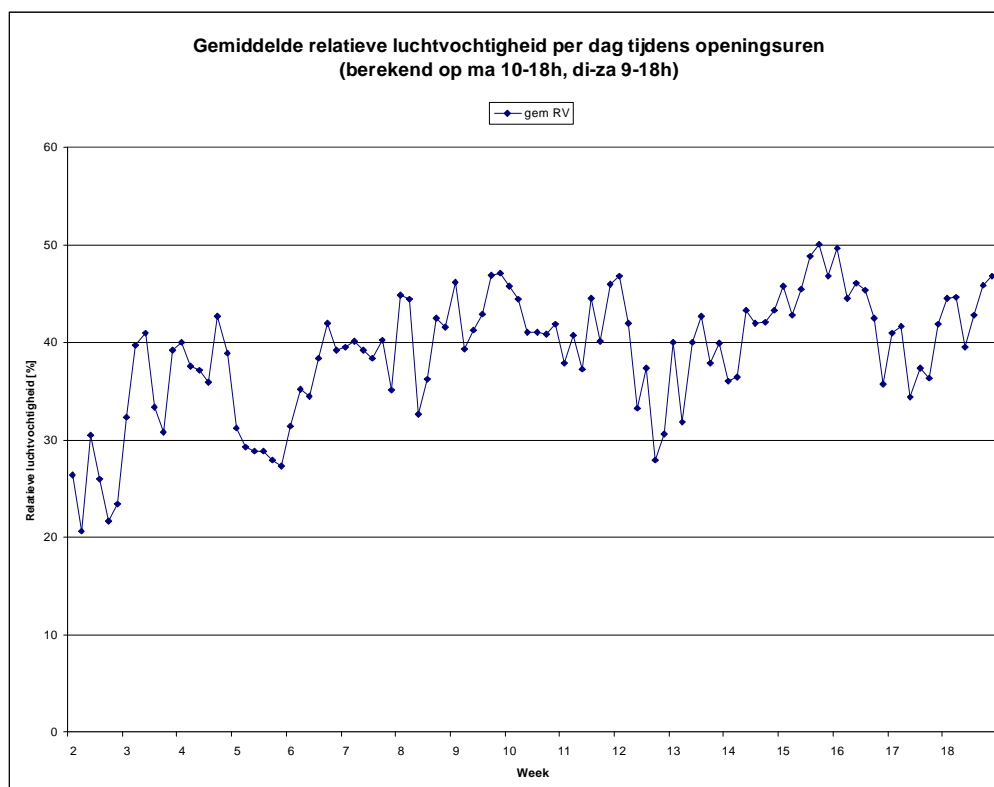
Tabel 3.3 Gemiddelde dagtemperatuur tijdens openingsuren

Tijdens meting W1 ligt de binnentemperatuur net iets lager dan tijdens W0 en W2. Tijdens W1 staat de deur in de stand automatisch, en wordt het luchtgordijn dus regelmatig uitgeschakeld. Op basis van de temperatuurmeting is het denkbaar dat het weer inschakelen van het luchtgordijn enigszins vertraging oploopt (bijvoorbeeld door het optoeren van de ventilator) ten opzichte van het openen van de deur, waardoor er in eerste instantie iets koudere lucht naar binnen stroomt wanneer de deur juist opent.

3.4 Relatieve luchtvochtigheid

De relatieve luchtvochtigheid (RV) is op een drietal locaties in de winkel gemeten (zie bijlage II). Er zijn geen belangrijke verschillen waargenomen tussen de meters. De meetresultaten van de meter achterin de winkel is als uitgangspunt genomen. Elke 20 minuten is de RV gemeten en weggeschreven naar een datalogger. De relatieve luchtvochtigheid is uitgedrukt in procenten.

Op basis van de metingen is de gemiddelde relatieve luchtvochtigheid tijdens openingsuren weergegeven in figuur 3.3. Dit is dus de gemiddelde relatieve luchtvochtigheid per dag, berekend op maandag (10 tot 18h) en dinsdag tot en met zaterdag (van 09 tot 18h).



Figuur 3.3 Gemiddelde relatieve luchtvochtigheid per dag (tijdens openingsuren)

In tabel 3.4 is de gemiddelde relatieve luchtvochtigheid tijdens openingsuren voor de vier meetperiodes weergegeven.

Meetperiode	Gem. RV [%]
Meting 0	32,1%
Meting 1	40,4%
Meting 2	39,1%
Meting 3	43,3%

Tabel 3.4 Gemiddelde relatieve luchtvochtigheid per dag tijdens openingsuren

De gemeten RV loopt evenredig met de vochtigheid van de buitenlucht. Aanvankelijk is de buitenlucht relatief droog, waardoor in de winkel RV waarden van ca. 20% worden gemeten. Voor het verblijven van personen is een RV tussen 30 en 70 % optimaal. Kennelijk zijn in de winkel geen bijzondere vochtbronnen aanwezig, waardoor de bedrijfswijze van de entreevoorziening geen invloed heeft op de RV in de winkel.

3.5 Uitlaatgassen

Het vermoeden bestaat dat door de directe ligging aan een doorgaande weg relatief veel uitlaatgassen de winkel in kunnen komen. Toepassing van een meer gesloten entreevoorziening zou hierin dan verbetering brengen. Als markerstof voor uitlaatgassen is NO₂ het meeste gangbaar. Deze stof kan worden gemeten met een absorberend substraat dat wordt geplaatst in een glazen buisje dat onopvallend in de winkel en aan de buiten gevel wordt geplaatst.

Na de betreffende periode wordt het tweetal buisjes opgehaald en opgestuurd naar laboratorium om aan de hand van de chemische samenstelling de concentratie van de uitlaatgassen te bepalen. In tabel 3.5 zijn de resultaten van de vier meetseries weergegeven.

	NO ₂ concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] BINNEN	NO ₂ concentratie [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] BUITEN
0-meting: oude deur (open)	48	82
1-meting: nieuwe deur (automatisch, met l-gordijn)	43	82
2-meting: nieuwe deur (open, met l-gordijn)	53	-
3-meting: nieuwe deur (automatisch, zonder l-gordijn)	40	60

Tabel 3.5 NO₂ concentratie in de DA drogist en buiten gedurende de vier meetsessies.

Tijdens de 3^e meetserie (2-meting) is het meetbuisje dat buiten geplaatst was, niet teruggevonden. Derhalve zijn de gegevens van de NO₂ concentratie buiten hiervan niet bekend.

Het verloop van NO₂ concentraties is sterk afhankelijk van voertuigemissies en de concentratie van ozon in de buitenlucht (NO_x afkomstig van voertuigen wordt onder invloed van ozon omgezet in NO₂). Het landelijk jaargemiddelde van de NO₂ concentratie (buiten) is ca. 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (bron: RIVM). In tabel 3.5 is te zien dat de gemiddelde NO₂ concentratie buiten aanzienlijk hoger is. De belangrijkste oorzaak is het feit dat de winkel gelegen is aan een drukke straat.

Op basis van de 0-meting en de 1-meting is geconcludeerd dat onder een gelijkblijvende buiten condities, de concentratie van NO₂ binnen met 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is afgenomen (afname van 10%) als gevolg van het toepassen van de nieuwe entreevoorziening.

Het toepassen van een automatische deur resulteert derhalve in een meetbare afname van de NO₂ concentratie binnen in de winkel. De NO₂ concentratie wordt beschouwd als een markerstof ten aanzien van uitlaatgassen. Toepassing van de nieuwe entreevoorziening resulteert derhalve in een betere afscherming van het binnenklimaat tegen uitlaatgas.

3.6 Enquete personeel

Onder het personeel is een enquête gehouden ten aanzien van hun mening over de nieuwe entreevoorziening. De enquête is door 5 personen beantwoord. Onderstaand worden de resultaten van de enquête gegeven.

1. Vindt u dat de nieuwe entree zorgt voor minder tocht? Ja: 100%
2. Vindt u dat de nieuwe entree zorgt voor minder geluidsoverlast? Ja: 100%
3. Vindt u dat de nieuwe entree de uitstraling van de winkel verbetert? Ja: 80%
4. Heeft u het idee dat de nieuwe entree als minder uitnodigend wordt ervaren door de bezoekers van de winkel? Ja: 40%. Nee: 60%.
5. Heeft u het idee dat de automatische deur een extra barrière voor diefstal vormt? Ja: 40%. Nee: 60%.

4 Ventilatie

In de winkel is geen mechanisch ventilatiesysteem aanwezig. Luchtverversing vindt plaats wanneer de entree geopend is. Wanneer een meer gesloten entree wordt toegepast zal minder luchttoetreding plaats vinden. Enerzijds is dit naar verwachting het belangrijkste mechanisme voor energiebesparing, anderzijds dient in de winkel een voldoende binnenluchtkwaliteit gerealiseerd te worden.

Het is daarom van belang om inzicht te krijgen in de hoeveelheid buitenlucht welke in de verschillende bedrijfssituaties de winkel kan binnentreden.

Hiervoor zijn twee methoden toegepast, elk met hun eigen voor- en nadelen:

- 1. het herleiden van de verhouding tussen de luchtdebieten bij de verschillende meetseries op basis van de verhouding tussen de gemeten CO₂ concentraties
- 2. het bepalen van de mate van doorspoeling van de winkel door middel van een passieve tra-
cergastechniek (PFT)

Beide methoden, de voor- en nadelen, de resultaten en de conclusies worden besproken in de navolgende paragrafen.

4.1 Relatieve luchthoeveelheid op basis van CO₂ metingen

4.1.1 Methode

CO₂ komt van nature voor in de buitenlucht, in een concentratie van ca. 400 ppm. Personen produceren CO₂ bij de uitademing. In een binnenruimte kan de CO₂ concentratie daardoor oplopen, afhankelijk van de mate waarin geventileerd wordt, en afhankelijk van het aantal personen dat aanwezig is.

Het aantal personen dat aanwezig is in de winkel is niet bekend. Wel is bekend dat het gemiddeld aantal personen dat aanwezig is in de winkel constant is: gemiddeld bezoeken ca. 4000 personen per week de winkel (zie hoofdstuk 5). Dit betekent dat de CO₂ productie gemiddeld constant mag worden verondersteld. De enige parameter die dan nog van invloed is op de optredende CO₂ concentratie in de winkel is de hoeveelheid buitenluchttoetreding: hoe meer buitenlucht, hoe lager de CO₂ concentratie en omgekeerd.

Het nadeel van deze methode is dat niet de absolute luchthoeveelheid kan worden bepaald, omdat niet bekend is hoelang de personen in de winkel verblijven, en dus ook niet hoeveel CO₂ in absolute zin in de winkel wordt geproduceerd. Het voordeel van deze methode is dat de CO₂ concentratie met een interval van 10 minuten wordt gemeten, waardoor de dagperiode eenvoudig gescheiden kan worden van de nachtperiode waarin de winkel gesloten is.

De absolute nauwkeurigheid van de CO₂ meting is ca. ± 100 ppm. Daarom is een softwarematige baselijnecorrectie uitgevoerd door de laagst gemeten waarde van de CO₂ concentratie aan het einde van de nacht te meten. Voor de betreffende meter bedroeg de base-waarde 491 ppm. De verandering in de CO₂ concentratie (Δ CO₂) gedurende de dagperiode is berekend door van de gemiddelde gemeten waarden de baseline waarde af te trekken.

4.1.2 Resultaten

Meetserie	Baselinewaarde CO ₂ concentratie [ppm]	Gemiddelde dagwaarde CO ₂ concentratie	Δ CO ₂ [ppm]	Berekend relatief ventilatievoud [%]
0	491	625	134	100
1	491	730	239	56
2	491	602	111	121
3	491	- (*)	-	-

(*) Grote verschillen in CO₂ concentratie per dag.

Tabel 4.1 CO₂ concentratie en berekend ventilatievoud.

Uit deze metingen is direct duidelijk dat het toepassen van automatische deuren (meetserie 1) het toetreden van ventilatielucht significant beperkt ten opzichte van een open deur (meetserie 0 en 2). Dit betreft voor meetserie 1 ongeveer 44% ten opzichte van de 0-meting, wat goed in lijn ligt met de energiebesparing. Ten opzichte van meetserie 2 laat meetserie 1 een reductie in ventilatievoud van 54% zien, wat aanzienlijk meer is dan de gemeten energiebesparing.

4.1.3 Conclusie

De analyse van de CO₂ concentratie in de winkel leidt tot de conclusie dat de automatische stand van de deuren leidt tot een reductie van ca. 44% tot 54 % van de buitenluchttoetreding.

4.2 Passieve tracergas techniek

4.2.1 Methode

Metingen aan de ventilatieefficiency zijn uitgevoerd met behulp van een passieve tracergas techniek. Met deze techniek is het mogelijk om het gemiddelde ventilatievoud van een ruimte over een bepaalde periode te meten. De meetperiode kan variëren van een paar dagen tot een paar maanden, afhankelijk van het doel van het onderzoek.

Bij de meting worden een of meerdere passieve tracergas bronnen in het vertrek geplaatst, waarbij de emissiesnelheid van het tracergas wordt afgestemd op het vertrekvolume, zodanig dat in het gehele gebouw een homogene emissie wordt gerealiseerd.

Bij het huidige onderzoek is één type tracergasbron gebruikt. Dit is een onschadelijk, inert gas.

Het tracergas diffundeert uit de bronnen met een bekende, constante snelheid en vermengt zich met de vertreklucht. De tracergasconcentratie in het vertrek die hierdoor ontstaat hangt af van het ventilatievoud van het vertrek: in een goed geventileerd vertrek zal de concentratie tracergas lager zijn dan in een slecht geventileerd vertrek. De concentratie van het tracergas in verschillende vertrekken wordt gemeten met een passieve sampler.

In bijlage II, opstelling meters is een overzichtsplattegrond opgenomen met daarop de positie van de samplers. De concentratie van het tracergas is gemeten op verschillende posities in de winkel.

Deze samplers zijn na elke periode opgestuurd naar het laboratorium voor analyse. Aan de hand van de resultaten kan de gemiddelde ventilatievoud van de winkel bepaald worden.

In potentie is deze tracergastechniek kwantitatief inzetbaar, dat wil zeggen dat het met deze techniek mogelijk is om de absolute waarde van de hoeveelheid buitenlucht te meten.

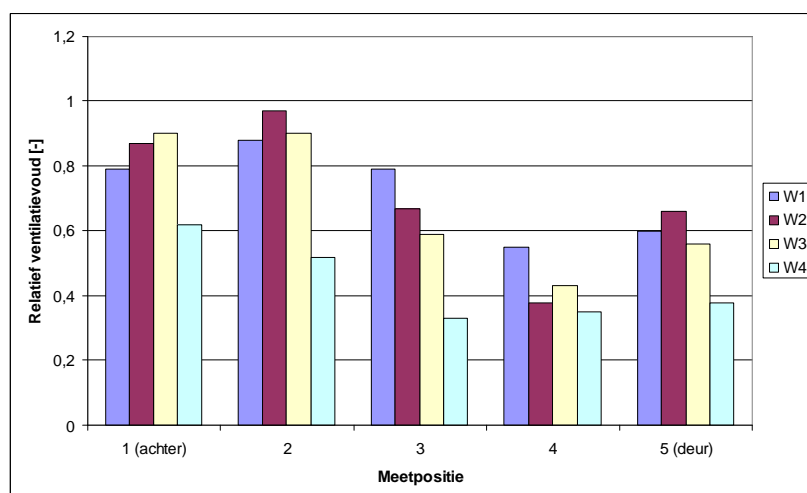
Om deze methode kwantitatief te kunnen toepassen is het nodig dat wordt voldaan aan de voorwaarde dat de gedurende de meetperiode optredende ventilatiegebieden niet teveel mogen afwijken van de gemiddelde waarde. Uit het onderzoek is gebleken dat in de huidige situatie niet aan deze voorwaarde is voldaan. 's Nachts is de winkel geheel gesloten en wordt niet geventileerd (ventilatievoud naar verwachting $< 0,25 \text{ h}^{-1}$) terwijl overdag een ventilatievoud van ca. 6 tot 10 wordt verwacht. Mede omdat de dagperiode relatief kort duurt ten opzichte van de nachtperiode (de periode dat de winkel gesloten is tweemaal zolang als de periode dat de winkel open is) is het niet mogelijk gebleken om met voldoende nauwkeurigheid een kwantitatief resultaat te bereiken.

De resultaten die worden gepresenteerd mogen derhalve alleen worden gezien als relatieve waarden, de absolute waarden hebben geen betekenis.

4.2.2 Resultaten

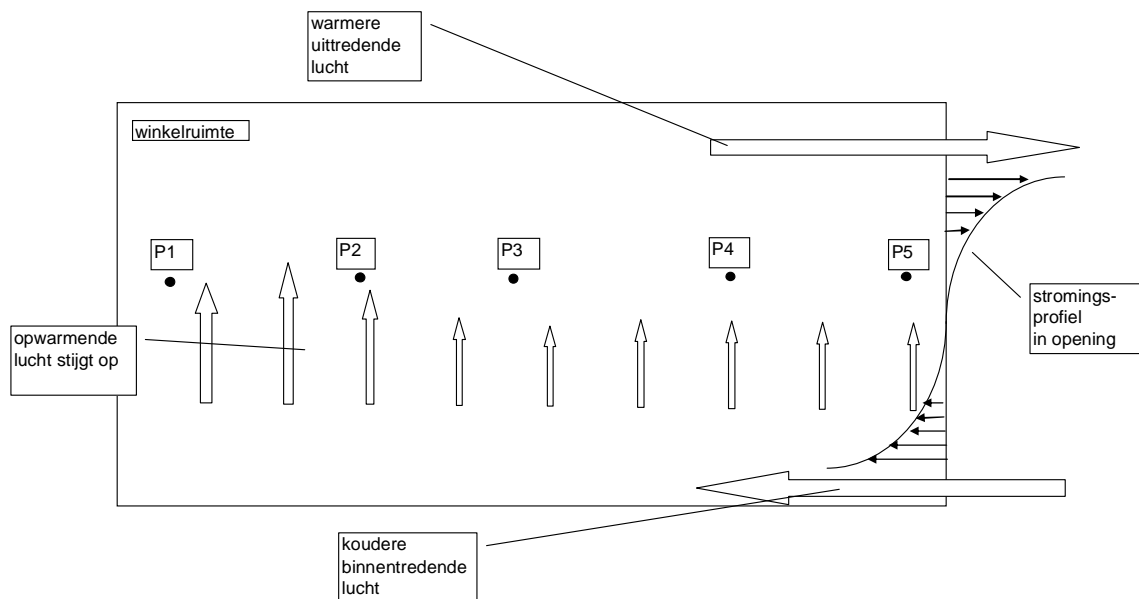
De resultaten van de tracergasmetingen zijn gegeven in onderstaande figuur.

Figuur 4.1 toont de relatieve ventilatievoud (een maat voor de luchthoeveelheid) als functie van de meetpositie 1 t/m 5. Punt 1 is hierbij achterin de winkel, en de volgende posities vervolgens met afstanden van telkens ca. 2 meter tot aan de deur. De metingen zijn uitgevoerd gedurende de meetseries W1 t/m W4.



Figuur 4.1: Relatief ventilatievoud op verschillende posities in de winkel.

De verwachting was dat nabij de deur het hoogste ventilatievoud zou worden gemeten, en dat achterin de winkel misschien wel een 'dode hoek' aanwezig zou zijn. Verassend aan figuur 4.1 is dat dit in het geheel niet het geval is. Het ventilatievoud is redelijk homogeen in de gehele winkel, met een wat lagere waarde in het midden, en een wat hogere waarde achterin. Dit waargenomen patroon kan alleen verklaard worden als gevolg van een circulatieluchtstroom in de winkel die veroorzaakt wordt door verticale temperatuurverschillen. Dit patroon is geschetst in figuur 4.2.



Figuur 4.2: Voorgesteld stromingsprofiel van de ventilatielucht in de winkel. P1 t/m P5 zijn de meetpunten van de tracergasmeting.

In figuur 4.2 is aan de rechterzijde de buitenlucht gedacht. De koude buitenlucht stroomt over de grond de winkel in. Dieper in de winkel wordt deze lucht steeds verder opgewarmd, en stijgt daardoor op. De tracergasmeters P1 t/m P5 staan op ongeveer de halve hoogte in de winkel opgesteld, en 'zien' daardoor met name de verticaal optredende convectiestroming, die achterin de winkel iets groter is dan in het midden. De warme lucht verzamelt zich bovenin de winkel en verdwijnt vervolgens door de deuropening naar buiten.

4.2.3 Conclusie

Uit de tracergasmetingen volgt dat de ventilatielucht die door de deuropening naar binnenkomt homogeen door de winkel wordt verspreid. Vermoedelijk is een circulatiemechanisme hiervoor verantwoordelijk, waarbij de koudere buitenlucht zich over de vloer verspreidt, en daar opgewarmd wordt en opstijgt. De warmere lucht bovenuit de winkel verlaat vervolgens de winkel door de deuropening.

5 Klanteffecten

Winkeliers hanteren vaak een 'open-deur-filosofie' m.b.t. de verkoop van hun producten. De klanten zijn dit gewend, en daarom verwachten winkeliers negatieve effecten van het deels sluiten van de entree. Aangezien dit een belemmering kan vormen bij het breed introduceren van een automatische entreedeur is de invloed van het plaatsen van de nieuw entreevoorziening op de klandizie, op verschillende manieren onderzocht.

In dit hoofdstuk zijn deze aspecten besproken, alsmede de resultaten van een enquête onder het winkelend publiek.

5.1 Bezoekersaantallen

De bezoekersaantallen worden gedetecteerd door een telwerk in de ingang. Deze teller wordt regelmatig door het winkelpersoneel gereset, waarna de stand wordt genoteerd in een logboek.

Gedurende drie weken ontbreekt een aantal dagen in registratie. Deze weken zijn gemarkeerd in tabel 5.1, en deze weken zijn niet meegenomen in de analyse.

Startdatum week	Aantal bezoekers	Stand deur	Opmerking
6-1-2009	3682	Oud, open	
12-1-2009	5554	Oud, open	
19-1-2009	3359	Oud, open	
26-1-2009	5090	Oud, open	Actieweek
2-2-2009	1963 ⁽¹⁾	Nieuw, automatisch	Onvolledige telling
9-2-2009	1775 ⁽¹⁾	Nieuw, automatisch	Onvolledige telling
16-2-2009	4818	Nieuw, automatisch	
23-2-2009	3967	Nieuw, automatisch	
2-3-2009	3137	Nieuw, automatisch	
9-3-2009	3561	Nieuw, open	
16-3-2009	3701	Nieuw, open	
23-3-2009	4667	Nieuw, open	
30-3-2009	4201	Nieuw, open	
6-4-2009	4526	Nieuw, automatisch	
14-4-2009	3223	Nieuw, automatisch	
20-4-2009	2818	Nieuw, automatisch	
27-4-2009	6639	Nieuw, automatisch	Koninginnedag week
4-5-2009	3023 ⁽¹⁾	Nieuw, automatisch	Moederdag week

Tabel 5.1 Bezoekersaantallen. Aantallen gemarkeerd met (1) zijn onvolledig ingevulde weken.

De genoteerde bezoekersaantallen kunnen op een aantal manieren worden geanalyseerd. De eerste analyse betreft de situatie Oud v.s Nieuw. De tweede analyse betreft de situatie Open v.s Automatisch. Deze analyse kan ook worden uitgevoerd na plaatsing van de nieuwe entree. De resultaten zijn gegeven in tabel 5.2.

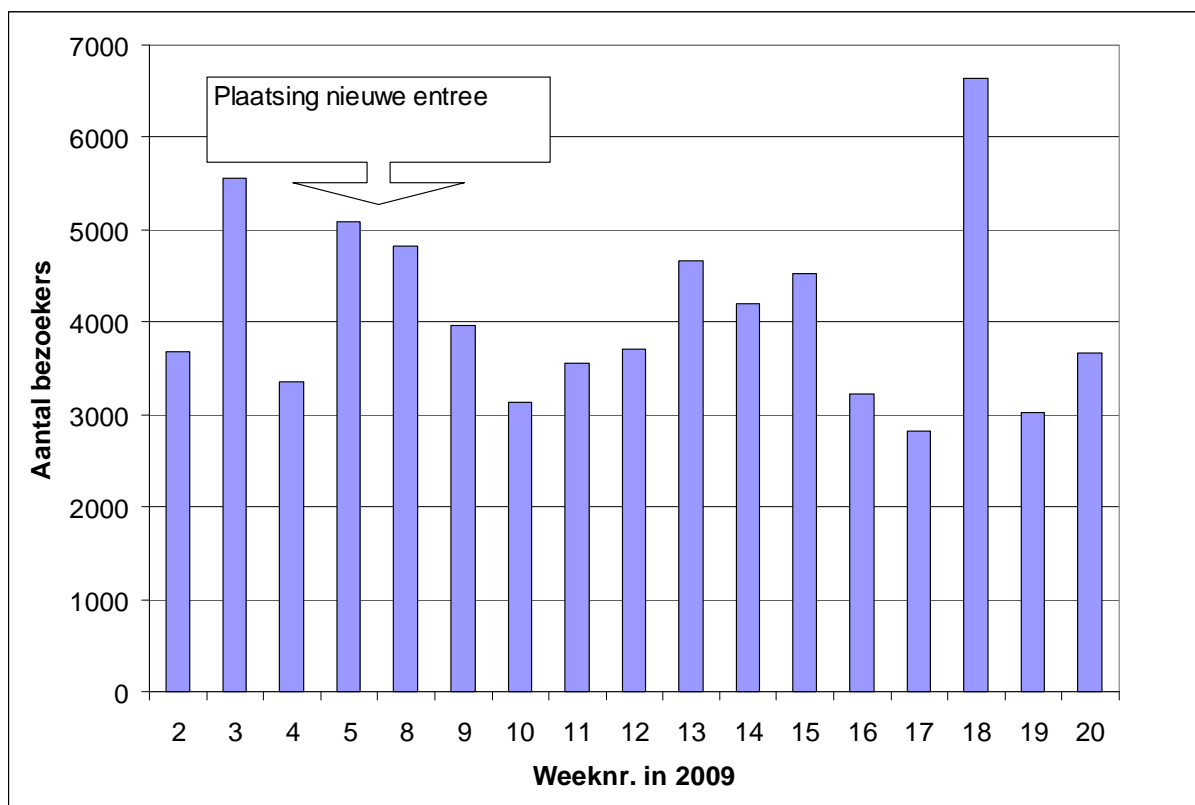
	Gemiddelde aantal bezoekers per week	Gemiddeld aantal bezoekers per week, gecorrigeerd voor algemene teruggang
Oud	4421	4421
Nieuw	3996	4226 (-3 %)
	Alle entree's:	
Open	4227	4227
Automatisch	3980	4135 (-2 %)
	Alleen nieuwe entree:	
Open	4032	4032
Automatisch	3980	4038 (0 %)

Tabel 5.2 Gemiddelde aantal bezoekers per week bij verschillende bedrijfswijzen van de entreevoorziening.

Op het eerste gezicht lijkt er een verband (ca. -10%) te zijn tussen de bezoekersaantallen in de oude en nieuwe situatie, en tussen het open staan en automatisch werken van de deur. Binnen de deelmetingen bij de nieuwe entree is echter al nauwelijks meer verschil tussen de bedrijfswijze van de deur. Aanvullend dient echter te worden bedacht dat ook de algemene trend in de detailhandel gedurende de meetperiode een afnemende omzet laat zien als gevolg van de economische recessie. Daarom is vervolgens onderzocht wat het verband is tussen de meetweek en het bezoekersaantal, los van de entreevoorziening. Ook hier blijkt een verband te zijn: de afname in bezoekersaantal bedraagt gemiddeld 27 bezoekers per week (een afname van 0,6% van het totale aantal bezoekers per week). Wanneer hiervoor wordt gecorrigeerd (door wekelijks dit aantal bezoekers op te tellen bij het getelde aantal bezoekers) ontstaan de resultaten in de tweede kolom. Voor de duidelijkheid zijn deze getallen genormeerd op de referentieaantallen.

De verschillen zijn nu kleiner geworden: de nieuwe entree ziet gemiddeld nog 3% minder gecorrigeerde bezoekers ten opzichte van de oude. Binnen de nieuwe entree maakt het niet meer uit of de deur in de stand "automatisch" of "open" staat.

Hierbij dient wel aandacht te worden besteed aan de mate waarin de verschillende meetperiodes (steekproefgroottes) voldoende significant zijn. De standaardafwijking van alle bezoekersaantallen per week bedraagt 1014 bezoekers op een gemiddelde van 4096 bezoekers per week (25%). Dit wil zeggen dat de algemene wekelijkse variatie in bezoekersaantallen 25% bedraagt. De berekende verschillen van ca. 0 tot 3 % zijn daarom niet meer significant. De conclusie is daarom dat er geen significante invloed is van de entreevoorziening op het aantal bezoekers.



Figuur 5.1: Grafische weergave bezoekersaantallen. Onvolledig getelde weken zijn weggelaten.

5.2 Enquete

Onder de bezoekers van de DA drogist is in week 10 een enquete gehouden door de DA retailgroep. Tijdens deze week was de zgn. W1-meting gaande: de deur gaat automatisch open-dicht en het lucht-gordijn is in werking. Het aantal respondenten op de enquete is 50. Hieronder zijn de vragen en antwoorden van de enquete weergegeven.

DA heeft iets veranderd aan de ingang van deze winkel. Is u dat opgevallen ?

- Ja → 60%
- Nee → 40%

Stelt u het op prijs dat de winkeldeur altijd openstaat ?

- Ja, je loopt eerder naar binnen → 40%
- Nee, ik kom alleen als ik iets nodig heb → 54%
- Geen mening → 6%

DA kiest voor een winkeldeur die opengaat als u naar binnen wilt.

Wat vindt u daarvan ?

- Goede oplossing, draagt bij aan energiebesparing → 90%
- Ik vind het vervelend dat de deur niet openstaat → 6%
- Geen mening → 4%

Vindt u dat winkels op deze manier kunnen bijdragen aan het klimaatprobleem ?

- Ja, automatische deur is een goede oplossing → 96%
- Nee, ik geef de voorkeur aan een open deur → 0%
- Geen mening → 4%

Hoe hoog staat het klimaatprobleem (energiebesparing) op uw agenda ?

- Ik let er dagelijks op → 40%
- Denk er aan als het zo uit komt → 54%
- Ik ben er niet mee bezig → 6%

5.3 Betalende klanten

Door de DA retailgroep zijn de betalende klanten zowel van de onderzochte winkel als landelijk bijgehouden. De wijziging in aantallen klanten zijn uitgedrukt in procenten van het aantal klanten in een referentieperiode. De referentieperiode betreft een periode van 14 weken voorafgaand aan de start van de pilot.

Jaar, week	Entree	% meer klanten tov referentie, landelijk	% meer klanten tov referentie, "Josefien"	Relatieve score "Josefien" t.o.v. landelijk
2008, 51	Oud	9,66	9,03	-
2008, 52	Oud	9,36	8,5	-
2009, 01	Oud	7,36	7,2	-
2009, 02	Oud	6,33	6,65	+
2009, 03	Oud	6,63	6,67	+
2009, 04	Oud	6,41	6,44	+
2009, 05	Oud	9,3	10,84	+
2009, 06	Nieuw	6,14	5,62	-
2009, 07	Nieuw	6,55	6,67	+
2009, 08	Nieuw	6,25	6,56	+
2009, 09	Nieuw	6,77	6,77	0
2009, 10	Nieuw	6,65	5,95	-
2009, 11	Nieuw	5,99	6,33	+
2009, 12	Nieuw	6,59	6,76	+

Tabel 5.3

In Tabel 5.3 zijn 7 weken voor en 7 weken na de plaatsing van de nieuwe deur de percentages betalende klanten gegeven, zowel landelijk als voor de winkel "Josefien" waarin de pilot heeft plaats gevonden. In de oude situatie scoorde "Josefien" 3 maal onder het landelijk gemiddelde. Na plaatsing van de nieuwe entreevoorziening scoort "Josefien" nog maar 2 van de 7 keer onder het landelijk gemiddelde. Ook vanuit het perspectief van het aantal betalende klanten wordt dus ook geen verslechtering waargenomen als gevolg van de nieuwe entreevoorziening.

6 Resultaten energiegebruik koelseizoen

6.1 Meetresultaten

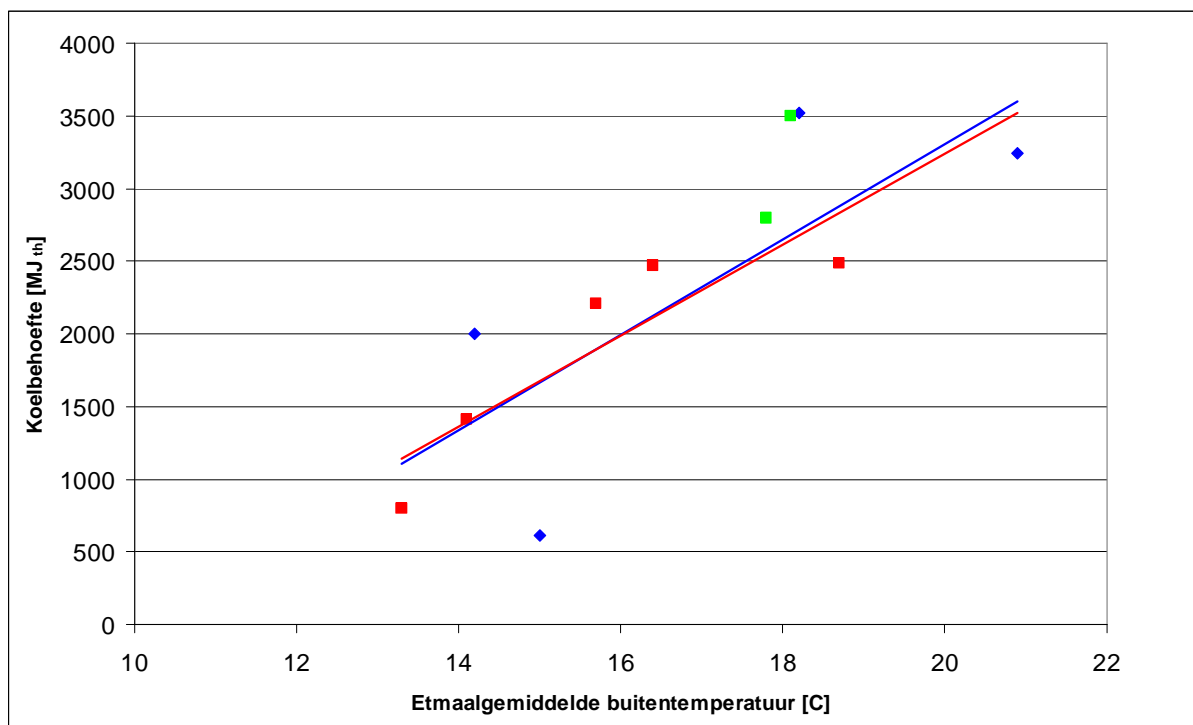
Tijdens het koelseizoen wordt de winkel gekoeld met behulp van de twee split-koelmachines (technische gegevens in Tabel 1.1) op basis van een thermostatische regeling. De koeling is in 2009 vanaf ca. medio april actief. De onderzoeksvraag die is gesteld in relatie tot de koeling is of er een energiebesparing kan worden bereikt door een slimme regeling van de automatische deur en het luchtgordijn. Hiervoor zijn vanaf 18 mei een aantal bedrijfsituaties onderzocht. Een overzicht van de uitgevoerde metingen is gegeven in Tabel 6.1. De gemiddelde etmaaltemperatuur is bepaald op basis van daggegevens van het KNMI, weerstation Schiphol. De koudebehoefte is bepaald door het kWh-gebruik van beide splitsystemen op te tellen en om te rekenen naar MJ op basis van een COP van 2,3.

Startdatum	Week nr	Bedrijfswijze deur	Bedrijfswijze luchtgordijn	Gemiddelde etmaaltemperatuur [C]	Koudebehoefte [MJ]
18-5-2009	21	Automatisch	Aan	14,2	2003,3
25-5-2009	22	Automatisch	Aan	15	614,3
2-6-2009	23	Open	Aan	13,3	794,1
8-6-2009	24	Open	Aan	14,1	1413,3
15-6-2009	25	Open	Aan	15,7	2208,4
22-6-2009	26	Automatisch	Aan	18,2	3522,5
29-6-2009	27	Automatisch	Aan	20,9	3245,5
6-7-2009	28	Open	Aan	16,4	2471,8
13-7-2009	29	Open	Aan	18,7	2485,4
20-7-2009	30	Open	Uit	17,8	2794,5
27-7-2009	31	Open	Uit	18,1	3495,3

Tabel 6.1: Meetresultaten koelbehoefte bij verschillende bedrijfswijzen van de intelligente entreevoorziening, samen met de gemiddelde etmaaltemperatuur in de meetperiode.

6.2 Analyse

De invloed van de bedrijfswijze van de entreevoorziening op de koelbehoefte is onderzocht door de koelbehoefte weer te geven als functie van de etmaalgemiddelde buitentemperatuur. De resultaten zijn gegeven in Figuur 6.1



Legenda:

Rood: Deur open, luchtgordijn aan

Groen: Deur open, luchtgordijn uit

Blauw: Deur automatisch, luchtgordijn aan

Figuur 6.1: Analyse van de koelbehoefte als functie van de etmaalgemiddelde buitentemperatuur.

De rode en de blauwe trendlijn zijn de resultaten van een lineaire regressieanalyse door respectievelijk de rode punten (deur open) en de blauwe punten (deur automatisch). De beide lijnen liggen opmerkelijk dicht op elkaar. Het kleine verschil tussen beide lijnen wordt beschouwd als niet significant. De groene punten (luchtgordijn uit) zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Gezien het beperkte aantal meetpunten met het luchtgordijn uit is hier geen afzonderlijke trendlijn door getrokken. Globaal liggen deze punten binnen de 'puntenwolk' van de overige meetpunten.

Geconcludeerd wordt dat op basis van de huidige metingen geen onderscheid in koelbehoefte is waargenomen bij verschillende bedrijfssituaties van de entreevoorziening.

Dit houdt in dat er een lichte voorkeur is voor de bedrijfssituatie "Deur open, luchtgordijn uit" in de zomersituatie. Hiermee wordt namelijk hulpenergiegebruik voor het deurmechaniek en de ventilator van het luchtgordijn vermeden (ca. 30 kWh in de onderzoeksperiode).

Uit een analyse van het energiegebruik, in relatie tot het geïnstalleerd vermogen van de koeling, blijkt dat in de warmste periode, wanneer de etmaalgemiddelde buitentemperatuur in de buurt ligt van de binnentemperatuur, de koeling ongeveer 50% van de tijd aanstaat. Het geïnstalleerde koelvermogen bedraagt ca. 100 W/m^2 , zodat de afgevoerde warmte ongeveer gelijk is aan de interne warmtelast: de interne warmtelast bedraagt ca. 55 W/m^2

In de zomersituatie is de koeling dus met name actief om de interne warmtelast af te voeren. De buitenluchttoetreding speelt om twee redenen een minder belangrijke rol dan in de winter:

- de temperatuur binnen en buiten is ongeveer vergelijkbaar, waardoor er een kleinere drijvende kracht is voor thermische trek
- wanneer er luchtuitwisseling plaats vindt tussen binnen en buiten, is de delta-T veel kleiner dan in de winter, zodat het uitgewisselde vermogen per m³/h luchtuitwisseling veel kleiner is.

Door deze twee factoren is de stand van de deur in de zomer vrijwel niet van invloed op de koelbehoefte.

Dit is geldig voor de gemiddelde nederlandse zomer. Bij een buitenklimaat waarbij het in de zomer langdurig daggemiddeld boven de 25 C ligt, zal er vermoedelijk wel een effect worden waargenomen. De zoninstraling speelt in het huidige onderzoek geen rol omdat de enige buitengevel van de winkel is georiënteerd op het oost-noordoosten. Bij winkels met een hoge zonbelasting zal mogelijk ook het effect van de bezonning een rol gaan spelen.

7 Economische analyse

7.1 Energiekostenbesparing

De behaalde energiekostenbesparing voor verwarming bedraagt ca. 43% (zie Tabel 2.6).

Het aardgasgebruik per jaar is uiteraard afhankelijk van het winterklimaat.

In de relatief zachte periode van dec. 2007 tot dec. 2008 bedroeg het aardgasgebruik ca. 2.200 m³. In de eerste helft van 2009 is al 1.614 m³ aardgas gebruikt, doordat dit een wat koudere periode was. Omgerekend naar een gemiddeld jaar uit de periode 1971-2000 op basis van graaddagen wordt een gemiddeld jaarlijks aardgasgebruik van 2.522 m³ berekend.

Op jaarbasis bedraagt de energiebesparing hiermee 1.059 m³ aardgas en 75 kWh elektra (Tabel 2.10). De extra besparing op ventilatorenergie (ca. 430 kWh) is hierbij buiten beschouwing gelaten omdat de oorzaak van de besparing niet eenduidig vastgesteld is. Voor een deel kan deze waarschijnlijk worden toegeschreven aan de nieuwe entreevoorziening, maar met het oog op de transparantie van de berekening is deze besparing buiten beschouwing gelaten.

Het gastarief is gedaald van € 0,605 (1 januari 2009) naar € 0,438 per 1 juli 2009, in navolging van de daling van de olieprijs. De verwachting is dat deze daling van tijdelijke aard is. Voor de volledigheid wordt de energiebesparing berekend in twee varianten, met de oude en de nieuwe tarieven.

De besparing en de gehanteerde energietarieven zijn samengevat in Tabel 7.1

Parameter	Waarde	toelichting
Besparing op aardgasgebruik	1059 m ³ per jaar	Gemiddeld jaar 1971-2000
Besparing op elektragebruik	75 kWh per jaar	
Energietarief gas (1 juli 2009)	€ 0,438	Incl. EB, excl. BTW , < 5000 m ³ per jaar
Energietarief gas (1 januari 2009)	€ 0,605	Incl. EB, excl. BTW
Energietarief elektra (1 juli 2009)	€ 0,124	Incl. EB, excl. BTW, 10.000-50.000 kWh per jaar (tweede schijf EB)
Energietarief elektra (1 januari 2009)	€ 0,166	Incl. EB, excl. BTW, 10.000-50.000 kWh per jaar (tweede schijf EB)
Berekende energiekostenbesparing per jaar (tarieven 1 juli 2009)	€ 473	Excl. BTW
Berekende energiekostenbesparing per jaar (tarieven 1 januari 2009)	€ 650	Excl. BTW

Tabel 7.1: Samenvatting gehanteerde tarieven en berekende energiekostenbesparing.

7.2 Investerings en return-on-investment

Door Besam is opgave gedaan van de investeringen behorend bij het leveren en monteren van de entreevoorziening in zowel een bestaande situatie als bij nieuwbouw. Door de DA groep is opgave ge-

daan van de investering in de oude pui. De bedragen zijn gegeven in Tabel 7.2 en zijn excl. BTW en incl. montage.

Investering in geval van vaste gevelpui:	
Gevelpui met harmonicadeur in drie delen	€ 6.794
Luchtgardijn 1,5 m + 2,0 m.	€ 4.078
Regeling luchtgardijn	€ 222
Totaal vaste gevelpui	€ 10.779
Investering in automatische entreevoorziening:	
Automatische deur, telescopisch	€ 4.800
Aluminium pui binnen, 6 -delig	€ 4.800
Extra zijlicht	€ 500
Luchtgardijn 2,0 m + schakeling op automatische deur	€ 3.404
Bouwkundige voorzieningen	€ 348
Totaal automatische entreevoorziening	€ 13.852
Niet-onderscheidende investering	
Rolluik	€ 3.000

Tabel 7.2: Investerings excl. BTW en incl. montage

In de bestaande situatie, zoals toegepast in het huidige onderzoek, kan de automatische entree binnen een bestaande entree worden toegepast, en is de investering in de entreevoorziening geheel te beschouwen als een meerinvestering.

In een nieuwbouwsituatie of in de situatie van een volledige upgrade van een bestaande winkel waarbij de pui wordt vernieuwd kan de automatische entreevoorziening in de plaats van de vaste gevelpui worden geplaatst. In beide gevallen wordt een inbraakwerend rolluik toegepast, zodat deze investering niet onderscheidend is. In dat geval is de meerinvestering gelijk aan de investering in de automatische entreevoorziening, minus de referentieinvestering in de vaste gevelpui.

Situatie	Meerinvestering
Aanvullend op bestaande pui	€ 13.852
Nieuwbouw of grootschalige upgrade	€ 3.073

Tabel 7.3 : Meerinvestering entreevoorziening excl. BTW, incl. montage

Op basis van de energiekostenbesparing is de return-on-investment berekend, als de energiekostenbesparing in jaar 1 gedeeld door de investering. Het berekeningsresultaat is gegeven in Tabel 7.4

Situatie	ROI (%) (o.b.v. energietarief per 1 januari 2009)	ROI (%) (o.b.v. energietarief per 1 juli 2009)
Aanvullend op bestaande pui	4,7%	3,4 %
Nieuwbouw of grootschalige upgrade	21 %	15 %

Tabel 7.4 Return-on-investment afhankelijk van energietarief en situatie.

Wanneer rekening wordt gehouden met een verwachte stijging van de energietarieven, wordt de investering sneller terugverdiend. Om dit inzichtelijk te maken is de terugverdientijd (investering gedeeld door de energiekostenbesparing) berekend voor twee situaties: op basis van de besparing in het eerste jaar en op basis van een gemiddelde energietariefstijging van 6% (netto t.o.v. de inflatie) per jaar.

Situatie	Energietarieven per 1 januari 2009		Energietarieven per 1 juli 2009	
	Eenvoudige terugverdientijd (jaar)	Terugverdientijd, anticiperend op 6% tariefstijging (jaar)	Eenvoudige terugverdientijd (jaar)	Terugverdientijd, anticiperend op 6% tariefstijging (jaar)
Bestaande bouw	21	13	29	17
Nieuwbouw	4,7	3,3	6,5	4,6

Tabel 7.5: Terugverdientijd bij diverse varianten.

Bij de bovenstaande berekeningen is de autonome besparing op de ventilatorenergie (430 kWh, ca. € 50 op jaarbasis) buiten beschouwing gelaten, omdat niet duidelijk is welk deel hiervan kan worden toegerekend aan de nieuwe entreevoorziening. Wanneer deze post wordt meegenomen betekent dit een 8 – 11 % kortere terugverdientijd.

8 Conclusie

Tijdens het stookseizoen is door toepassing van de intelligente entreevoorziening in de winkel een energiebesparing op verwarming van ca. 43% bereikt. Dit komt overeen met een besparing van ca. 1.059 m³ aardgas op jaarbasis. Op hulpenergie wordt ca. 75 kWh per jaar bespaard als gevolg van het automatisch schakelen van het luchtgordijn.

Het is gebleken dat ook op het hulpenergiegebruik van het luchtgordijn een zelfstandige besparing mogelijk is.

Verder is de verwachting dat de besparing op het energiegebruik voor verwarming nog kan worden verhoogd door een betere afstemming van de verwarmingsinstallatie op een schakelend luchtgordijn.

Er is een jaarlijkse energiekostenbesparing van ca. € 563 tot € 774 berekend, op basis van de energietarieven van respectievelijk 1 juli 2009 en 1 januari 2009.

Er is geen invloed op het klantgedrag waargenomen. Het aantal bezoekers is geteld en niet significant beïnvloed door de entreevoorziening. Het aantal betalende bezoekers van de winkel in verhouding tot het landelijke aantal betalende bezoekers van de keten is onderzocht en vertoont geen ongunstige ontwikkeling. Een enquête onder de bezoekers, gehouden enkele weken na het plaatsen van de automatische entreevoorziening, levert in meerderheid positieve reacties op. De klanten waarderen de oplossing in overgrote meerderheid (90-96%) als positief wanneer het doel van de nieuwe entreevoorziening wordt uitgelegd.

Een aantal gunstige neveneffecten is waargenomen: een afname van de concentratie uitlaatgassen in de winkel en een afname van het verkeerslawaaï in de winkel, waardoor de verstaanbaarheid van spraak in met name het kassagebied is verbeterd.

In koelbedrijf is geen energiebesparing gemeten bij verschillende bedrijfssituaties van de nieuwe entreevoorziening. In de zomer is er daarom een lichte voorkeur voor het toepassen van de telescoopdeuren in de permanente open-stand.

Wanneer een winkelier investeert in de entreevoorziening is dit het gunstigst in de nieuwbouwsituatie. De investering levert dan een rendement (R.O.I.) van 15 tot 21 %. Bij toepassing in een bestaande winkel bedraagt de R.O.I. 3,4 tot 4,7 %, afhankelijk van welk energietarief wordt gehanteerd.

Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV

ir. A.J. Kalkman
Senior Projectleider

Bijlage I Meetprotocol DA drogist Amsterdam

Bijlage II Opstelling meters in de winkel

Bijlage III Wekelijkse meterstanden stookseizoen

Datum

datum	wk nr	1. totaal gas [m3]	2. kwh totaal x40 [kWh]	3. bezoekers	10. vent. Convector (links) [kWh]	10. vent. Convector (rechts) [kWh]	11. warmte luchtgordijn [x3600 MJ]	12. kwh stand luchtgordijn [kWh]	12 kwh stand deur
6-1-2009	2	57.711,4	32.818,9	3682	0	0			
12-1-2009	3	57.900,3	32.839,0	5554	3,4	3,0			
19-1-2009	4	58.021,6	32.862,1	3359	10,9	10	0,656	13,7	
26-1-2009	5	58.132,5	32.885,1	5090	16	15,5	1,435	40,4	
2-2-2009	6	58.298,2	32.908,2	1963	32,7	25	2,627	67,4	0
9-2-2009	7	58.372,7	32.931,5	1775	96,25	56,65	2,771	68,7	0,8
16-2-2009	8	58.459,6	32.952,8	4818	101,2	61,45	3,022	70,65	1,95
23-2-2009	9	58.525,2	32.974,5	3967	106,2	66,3	3,247	72	3
2-3-2009	10	58.564,3	32.995,9	3137	111,1	71,1	3,405	73,3	4,1
9-3-2009	11	58.636,5	33.016,9	3561	116,15	76	3,585	74,7	5,15
16-3-2009	12	58.696,2	33.037,8	3701	121,1	80,8	3,93	80,3	5,2
23-3-2009	13	58.768,5	33.058,4	4667	126	85,5	4,301	85,8	5,2
30-3-2009	14	58.830,2	33.079,5	4201	130,9	90,3	4,74	91,7	5,15
6-4-2009	15	58.863,2	33.101,7	4526	135,9	95,2	4,921	94,8	5,2
14-4-2009	16	58.870,2	33.123,5	3223	147,7	110,4	4,927	94,8	5,9
20-4-2009	17	58.875,0	33.140,3	2818	152,7	114,8	4,927	94,8	6
27-4-2009	18	58.880,5	33.167,0	6639	166,9	126,1	4,927	94,8	6,2

Opmerkingen bij data

- de kWh verbruiken zijn van een landis&Gyr (Tarigir 400) meter en moeten met 40 vermenigvuldigd worden om het werkelijke kWh verbruik te hebben. Het in de bovenstaande tabel vermelde verbruik is wat de meter aangeeft (en moet dus nog met 40 vermenigvuldigd te worden).