

Graag zouden wij zien dat er energiebesparende maatregelen voor winkeldeuren op de EML lijst geplaatst gaan worden.

In het nieuws is de afgelopen maanden al gebleken dat in omliggende landen, er al verplichtingen zijn omtrent winkeldeuren; van geen openstaande deuren, snel sluitende deuren, versnelde tochtsluis deuren, verplicht realiseren van tochtsluizen etc. allemaal om de energiebesparing en de CO2 uitstoot te verminderen.

U geeft aan dat de terugverdientijd voor maatregelen aan de voordeur te lang is gebleken.

Er zijn verschillende oplossingen, zoals onder andere ons product de gevellamel die het tegendeel bewijzen.

Bijgevoegd in bijlage 1: het CFD rapport van de gevellamel welke voor een gemiddelde winkel al snel een energiebesparing kan opleveren tot wel 12.200 kWh op jaarbasis met een gemiddelde terugverdientijd van 8 maanden. Met de huidige energieprijzen een terugverdientijd van 4-6 maanden.

Zeker ook met het verplicht stellen van warmtepompen in winkels, welke op lage temperaturen werken, is er meer onrust in het windklimaat bij de voordeur. Waardoor luchtgordijnen minder effectief hun werk kunnen doen. Daardoor wordt er tocht ervaren. Wat doet men dan? Juist het luchtgordijn harder zetten, waardoor er nog meer energie verspild wordt.

Vandaar onze vraag om maatregelen tot energiebesparing bij winkeldeuren op de EML lijst te plaatsen.



**CFD onderzoek**  
**Prestatie gevellamel**  
**in combinatie met luchtgordijn**

Research & Development

P13920334e102

20 december 2021

Revisie 2

<b>Project</b>	<b>Prestatie gevellamel in combinatie met luchtgordijn</b>
<b>Onderwerp</b>	<b>CFD onderzoek</b>
Document	P13920334e102
Revisie	2
Datum	20 december 2021
Status	Definitief
<b>Opdrachtgever</b>	<b>Windsafe Projects</b> Poeldonkweg 5 5216 JX 's-Hertogenbosch sales@windsafe.nl <a href="http://www.windsafe.nl">www.windsafe.nl</a>
<b>CFD expert</b>	<b>SIMSTUDIO International Consultants</b> Baron de Coubertinlaan 6 2719 EL Zoetermeer info@simstudio-ic.com <a href="http://www.simstudio-ic.com">www.simstudio-ic.com</a>

<b>MANAGEMENTSAMENVATTING</b>	<b>3</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUCTIE</b>	<b>4</b>
1.1	Tocht in winkels	4
1.2	Windsafe Gevellamel	4
1.3	Onderzoeksdoel	5
<b>2</b>	<b>UITGANGSPUNTEN EN AANNAMEN</b>	<b>6</b>
2.1	Geometrie	6
2.1.1	Winkel	6
2.1.2	Gevellamel	7
2.1.3	Luchtgardijn	9
2.2	Buitenklimaat	10
2.3	Wanden winkel	10
2.4	Verwarming winkel	10
2.5	CFD modellering	11
<b>3</b>	<b>RESULTATEN VAN DE SIMULATIES</b>	<b>12</b>
3.1	Werking luchtgardijn	12
3.2	Werking gevellamel	15
3.3	Potentiële energiebesparing	17
<b>4</b>	<b>CONCLUSIE</b>	<b>18</b>

## Managementsamenvatting

In opdracht van Windsafe heeft SIMSTUDIO een onderzoek uitgevoerd om de prestatie van de Windsafe gevellamel in combinatie met een luchtgardijn inzichtelijk te maken.

Het is bekend dat ondanks de aanwezigheid van een luchtgardijn er tocht wordt ervaren in winkels. Dit komt voornamelijk doordat wind de werking van het luchtgardijn verstoort.

De speciaal ontwikkelde Windsafe gevellamellen maken de wind beheersbaar in het gebied voor de deuropening. Hiermee wordt de werking van het luchtgardijn voor elke windhoek optimaal. In de winkel zal er nagenoeg geen tocht meer ervaren worden. Een tweede effect is dat de combinatie ook energie bespaart.

Het besparingspotentieel op de energiekosten is afhankelijk van de ligging en oriëntatie van de deur. Een grove inschatting voor de bestudeerde situatie is dat er circa 12.200 kWh bespaard kan worden per jaar.

Er kan worden geconcludeerd dat het plaatsen van de gevellamellen tochtklachten tot een minimum beperkt. De luchtstroming in de ruimte wordt tevens meer uniform van temperatuur. De gevellamellen in combinatie met een luchtgardijn zorgen ervoor dat er een stabiel binnenklimaat wordt gecreëerd, met andere woorden comfort verhogend.

# 1 Introductie

## 1.1 Tocht in winkels

In winkels treedt met regelmaat tocht op. Bij tocht wordt een koude luchtstroom ervaren. Tocht kan onder andere ontstaan door een versnelling van luchtstromingen, bijvoorbeeld veroorzaakt door vernauwingen in de stroomrichting van de wind. Tocht wordt als storend ervaren, omdat het de warmte van het lichaam versneld afvoert.

Bij winkels staan de deuren vaak open of worden de deuren met hoge frequentie geopend. Als de deuren openstaan, zal in de winter warme lucht uit de winkel door de bovenzijde van de deur naar buiten stromen en koude lucht via de onderzijde van de deur naar binnen stromen. Koude lucht is zwaarder als warme lucht. De koude lucht die over de vloer binnenstroomt 'rolt' over de vloer op lage hoogte tot ver in de winkel. De warme lucht wil opstijgen en stijgt door de deuropening naar buiten. Het temperatuurverschil over de hoogte van de deur creëert een 'pomp'. Alle lucht (massa) die de winkel uitstroomt moet ook weer de winkel instromen (wet van behoud van massa).

Een veel toegepaste oplossing om tocht in de winkel te verminderen is het plaatsen van een luchtgordijn. Een luchtgordijn blaast lucht met relatief hoge snelheid naar beneden aan de binnenzijde van de deur. De meeste luchtgordijnen zijn uitgevoerd met een verwarmingselement. Het luchtgordijn beperkt de uitstroom van warme lucht aan de bovenzijde van de deur en voorkomt/beperkt daarmee de instroom van koude lucht aan de onderkant van de deur. Indien het luchtgordijn verstoort wordt, dat deze niet tot op de vloer stroomt, zal er echter alsnog koude lucht naar binnen kunnen stromen. De lucht die onder het luchtgordijn naar binnenstroomt zal deels opmengen met de warme lucht van het luchtgordijn. Echter bestaat het risico dat een koude luchtlaag tot ver in de winkel reikt.

Ook is het bekend dat bij een bepaalde windhoek de lucht van het luchtgordijn naar buiten wordt gezogen, dit komt door de langs de buitengevel scherpende wind. In dit geval wordt warme lucht naar buiten gezogen en zal op laag niveau van de deur koude lucht naar binnen stromen. Dit effect treedt ook op in een situatie zonder luchtgordijn. In dit geval zal er tocht worden ervaren en zal er meer verwarmingsenergie nodig zijn om de winkel op temperatuur te houden.

## 1.2 Windsafe Gevellamel

Windsafe heeft een product ontwikkeld welke de windinvloeden op het binnenklimaat vermindert. Dit product bestaat uit twee spoiler-vormige elementen met wind nivellerende gaasrollen. Door de luchtstroming langs de open deur te 'manipuleren' heeft wind slechts beperkt effect op het binnenklimaat. De in de vorige paragraaf beschreven pompwerking, door warme en koude lucht, wordt daarmee nagenoeg opgeheven.

### 1.3 Onderzoeksdoel

In opdracht van Windsafe heeft SIMSTUDIO een onderzoek uitgevoerd met als doel het inzichtelijk maken van de positieve werking van de gevellamellen op de prestatie van een luchtgordijn.

Voor dit onderzoek is de warmtevraag onderzocht voor een fictieve winkel uitgerust met een luchtgordijn en met een luchtgordijn in combinatie met een Windsafe gevellamel. Dit is gedaan voor windrichting van 0° (loodrecht op de deur) tot 180° (loodrecht op de achtergevel).

De prestatie wordt geanalyseerd op basis van temperatuurverdeling in de winkel en de warmtevraag van de winkel om deze op de setpoint temperatuur te houden.

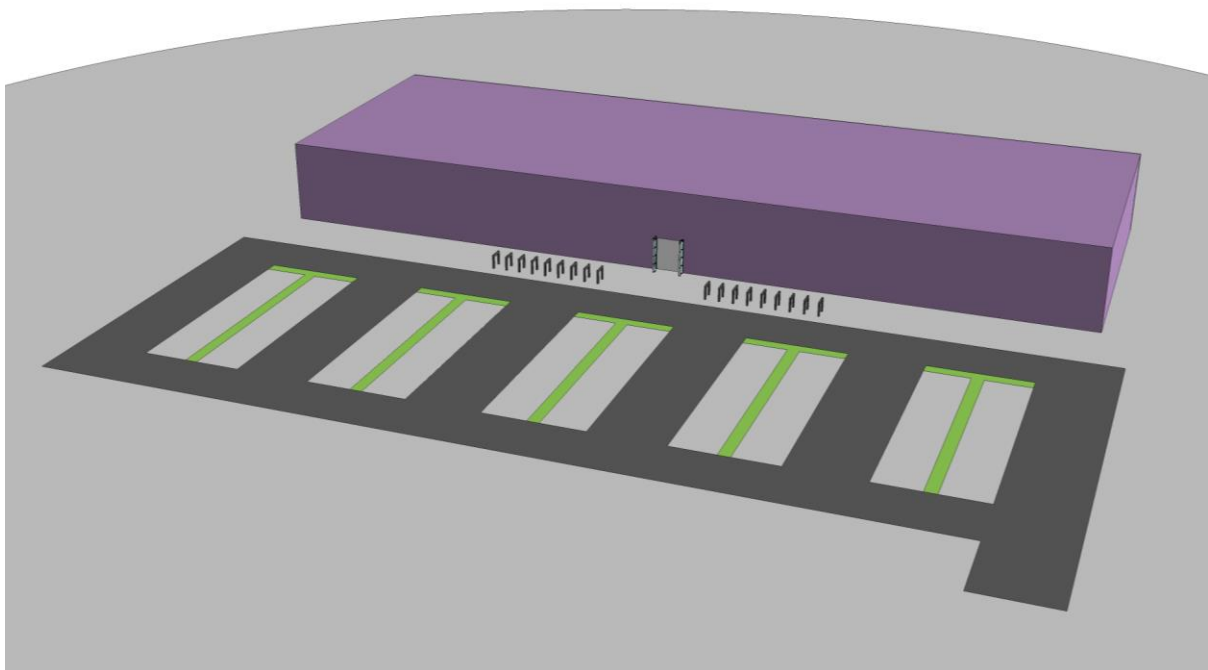
## 2 Uitgangspunten en aannamen

### 2.1 Geometrie

#### 2.1.1 Winkel

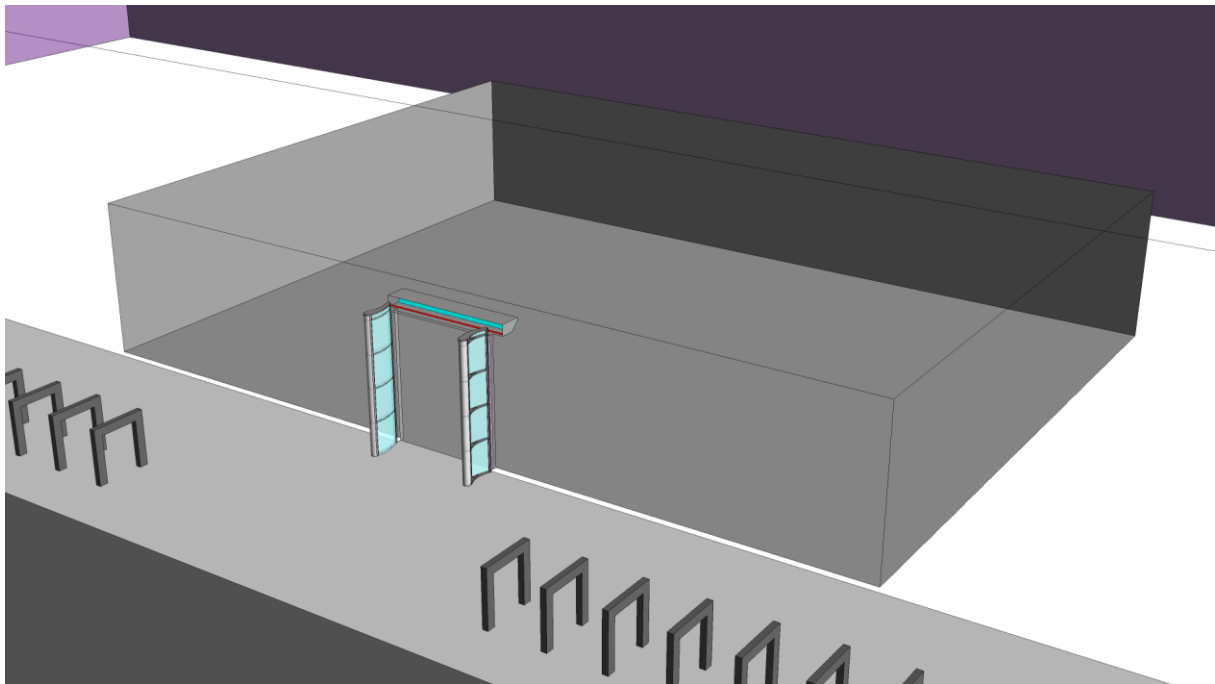
De simulatie is uitgevoerd voor een winkel met een oppervlakte van ongeveer 190 m<sup>2</sup>. Er is geen winkelinrichting meegenomen in het model. De winkel heeft enkel een opening aan de voorzijde. De deur is in het midden van de voorgevel voorzien en is 2m breed en 2,4 meter hoog. De winkel bevindt zich in een gebouwblok met een hoogte van 6 m en een lengte van 60 m. De winkel is in het midden van het gebouwblok gepositioneerd om een generieke situatie te beoordelen.

In Figuur 1 is het gebouwblok weergegeven en in Figuur 2 is het model van de winkel weergegeven.



Figuur 1: CFD model gebouwblok.





Figuur 2: CFD model winkel.

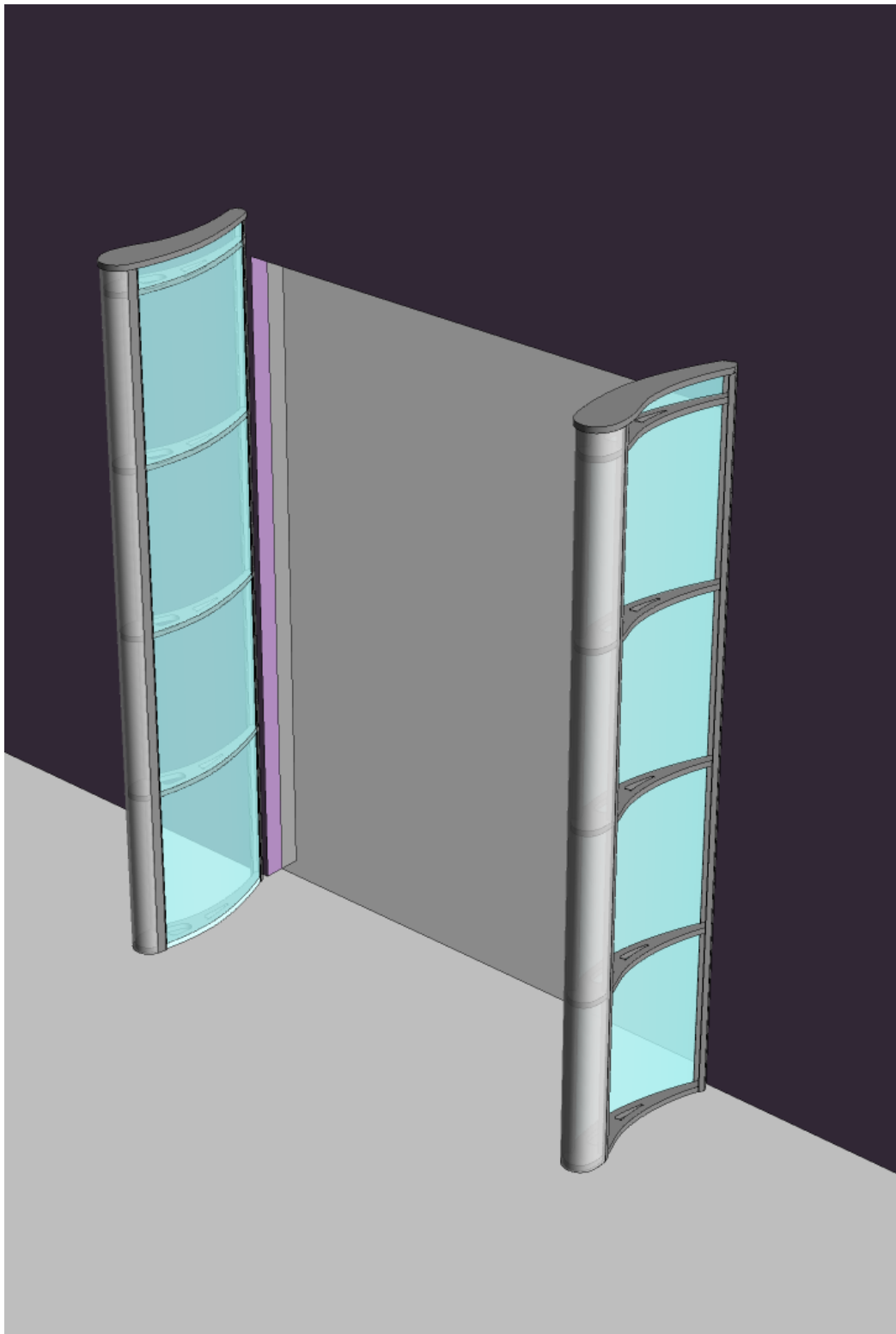
### 2.1.2 Gevellamel

De gevellamel naar het ontwerp van Windsafe. De hoogte van de lamel is 2.5m hoog, heeft een lengte van 0.6m en is 0.165m breed.

De lamelle bestaat uit 5 ribplaten, 1 eindplaat en plexiglas. Aan de voorkant van de gevellamellen is speciaal Windsafe gaas gemonteerd

Aan de ribben zijn aan de lange zijden plexiglas platen bevestigd.

Figuur 3 toont het 3D CFD model van de gevellamel in detail.



*Figuur 3: CFD model gevellamellen.*

### 2.1.3 Luchtgordijn

Er is een luchtgordijn gekozen in de simulatie welke in praktijk veel voorkomt. Er is gekozen voor een wand model gemonteerd boven de deuropening. Voor het onderzoek is het luchtgordijn ingesteld op laag vermogen als weergegeven in Tabel 1.

Stand	Debiet [ m/h]	Heater [kW]
Laag 9 Kw	1400	13.6
Middel 15 Kw	1725	15.4
Hoog 21 Kw	2325	18.2

Tabel 1: Standen luchtgordijn.

## 2.2 Buitenklimaat

Het onderzoek is uitgevoerd voor een windsnelheid van 5 m/s en 7°C buitenlucht temperatuur. Er is een windprofiel toegepast behorende bij klein stedelijk gebied.

Fysiek zijn er geen omliggende gebouwen meegenomen. Ook is in het model het effect van bomen niet meegenomen. Het doel van het onderzoek is om de effect van de gevellamellen in combinatie met een luchtgordijn inzichtelijk te maken. Hierbij is het effect van de hoek waaronder de wind de gevel aanstroomt van belang en niet de specifieke omliggende bebouwing. Elke winkel ligt immers anders qua oriëntatie en ombouwing.

Het onderzoek is uitgevoerd voor wind loodrecht op de deur (0°) tot loodrecht op de achtergevel (180°) in stappen van 10 graden.

## 2.3 Wanden winkel

De wanden, vloer, plafond en buitengeven van de winkel zijn gemodelleerd met een warmtetransport model. Waarbij de wanden en plafond uitgaan van een temperatuur aan de andere zijde van 20°C, de vloer van 15°C en de buitengevel van de buitentemperatuur 7°C.

## 2.4 Verwarming winkel

Er is in de winkel een verwarmingsbron opgenomen, welke voldoende energie toevoegt aan de winkel om de gewenste temperatuur van 20°C te behouden. Hiermee wordt berekend hoeveel warmte er naast het luchtgordijn aan de ruimte dient te worden toegevoegd. Houd er rekening mee dat dit de netto warmte vraag is, er wordt geen rekening gehouden met installatie rendement.

## 2.5 CFD modellering

De simulatie is uitgevoerd met behulp van het software pakket ANSYS CFX versie 18. Dit software pakket is geschikt voor vele toepassingen en in ruime mate gevalideerd.

De standaard differentiaalvergelijkingen voor de stroming van fluida worden voor elke cel opgelost. In figuur 4 staan de belangrijkste toegepaste randvoorwaarden beschreven.

Parameter	Beschrijving
<b>Cel type</b>	Hybride, combinatie van hexaëders, tetraëders, piramides en prismalagen
<b>Cel grootte</b>	Dynamisch, variërend tussen 0,005 tot 0,5 m in de omgeving
<b>Aantal cellen</b>	16.3 miljoen
<b>Simulatie type</b>	Steady state
<b>Convergentie criteria</b>	RMS maximaal $1 \cdot 10^{-4}$
<b>Fluida</b>	Lucht met constante eigenschappen
<b>Turbulentie model</b>	Shear Stress transport model (SST)
<b>Wanden</b>	Glad met stilstaande lucht (no slip)
<b>Grondvlak</b>	Ruw met stilstaande lucht (no slip)
<b>Inlet</b>	Snelheids- en turbulentieprofiel

Figuur 4: CFD modellering eigenschappen.

## 3 Resultaten van de simulaties

### 3.1 Werking luchtgardijn

Een veel toegepaste oplossing om tocht in een winkel te verminderen is het plaatsen van een luchtgardijn. Een luchtgardijn blaast lucht met relatief hoge snelheid naar beneden aan de binnenzijde van de deur. De meeste luchtgardijnen zijn uitgevoerd met een verwarmingselement. Het luchtgardijn beperkt de uitstroom van warme lucht aan de bovenzijde van de deur en voorkomt/beperkt daarmee de instroom van koude lucht aan de onderkant van de deur. Indien het luchtgardijn verstoort wordt, dat deze niet tot op de vloer stroomt, zal er echter alsnog koude lucht naar binnen kunnen stromen. De lucht die onder het luchtgardijn naar binnen stroomt zal deels opmengen met de warme lucht van het luchtgardijn. Echter bestaat het risico dat een koude luchtlaag tot ver in de winkel rijkt.

Ook is het bekend dat bij een bepaalde windhoek de lucht van het luchtgardijn naar buiten wordt gezogen, dit door de langs de buitengevel scherende wind. In dit geval wordt warme lucht naar buiten gezogen en zal op laag niveau van de deur koude lucht naar binnen stromen, wat ook optreedt in een situatie zonder luchtgardijn. In dit geval zal en tocht worden ervaren en zal er meer verwarmingsenergie nodig zijn om de winkel op temperatuur te houden.

Het uitgevoerde CFD onderzoek toont aan dat het luchtgardijn effectief werkt wanneer wind loodrecht tot onder een hoek van circa 35° op de gevel aanstroomt. Zodra de wind onder een grotere hoek aanstroomt, wordt het luchtgardijn verstoord door de zuigende werking en biedt deze direct nagenoeg geen bescherming meer voor het binnenklimaat. Een luchtgardijn heeft geen effect tot op wind die langs de gevel stroomt (90°).

In een winkelstraat of bebouwd gebied stroomt de wind nagenoeg nooit loodrecht op de gevel, maar altijd onder een hoek.

Het luchtgardijn geeft een goede bescherming voor alle windrichtingen die van achteren komen.

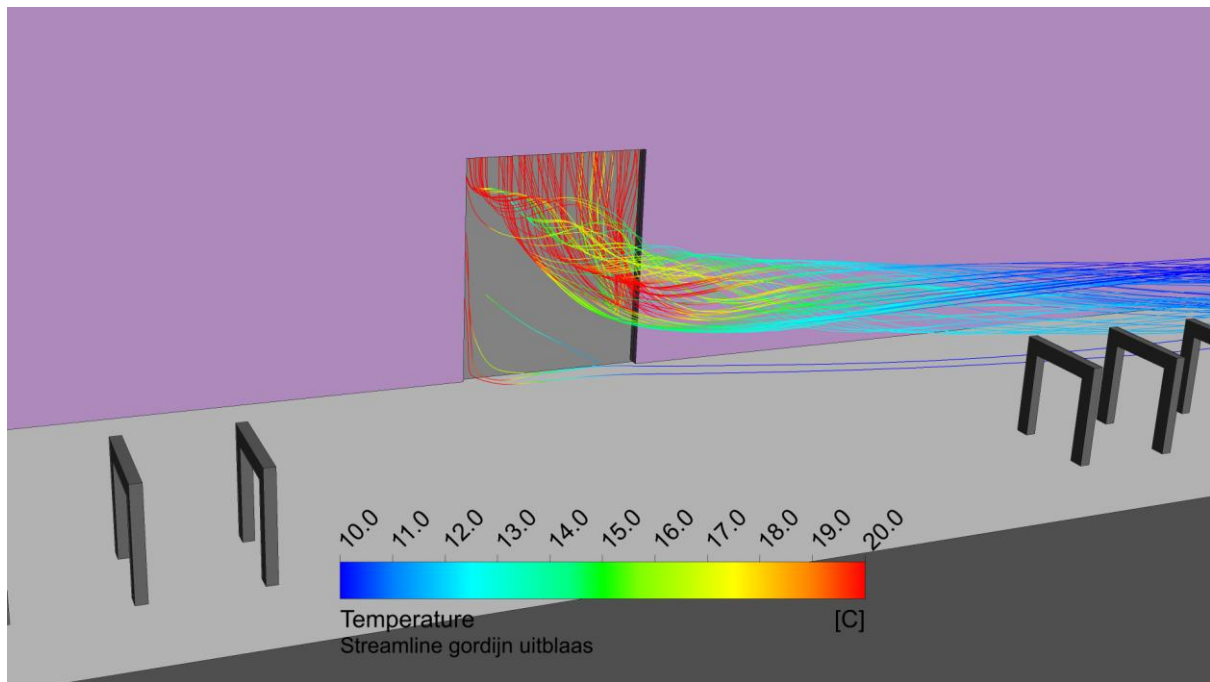
Voor 35% tot 50% van de windrichtingen wordt de werking van het luchtgardijn door de wind verstoord.

Een groot deel van de tijd biedt het luchtgardijn alleen dus geen goede oplossing tegen tocht.

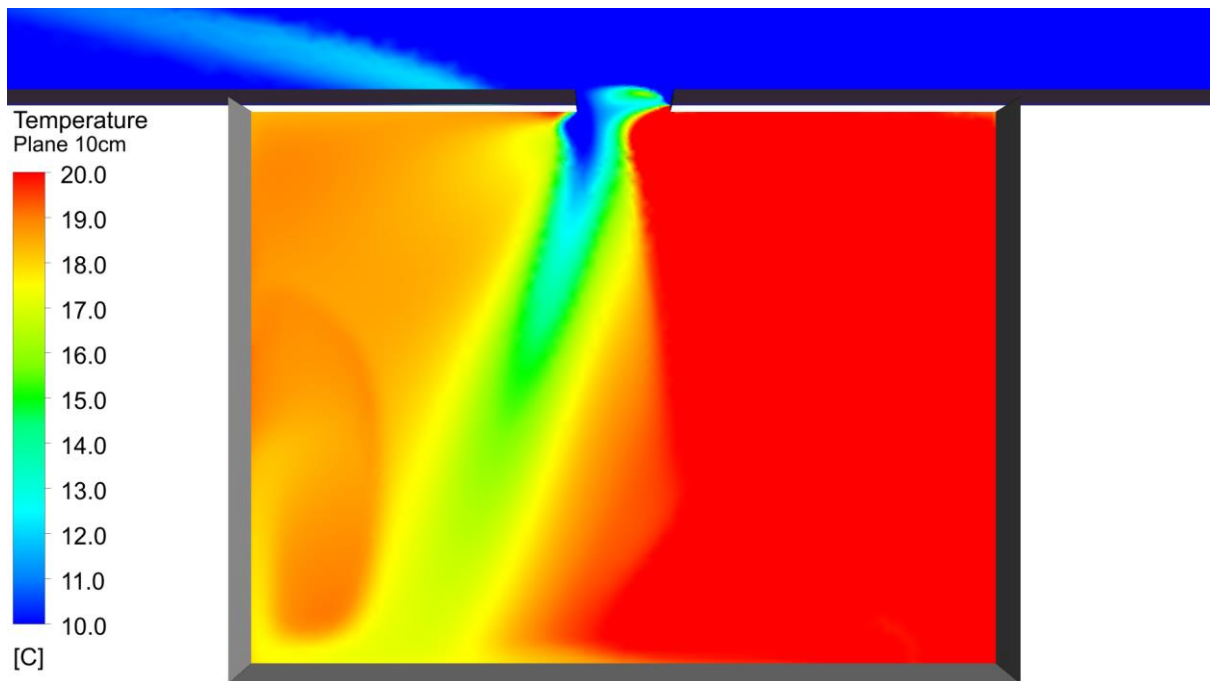
Figuur 5 toont de verstoring van de werking van het luchtgardijn bij een windhoek groter dan 35°. De stroomlijnen starten vanuit het luchtgardijn. Het is duidelijk zichtbaar dat alle lucht afkomstig uit het luchtgardijn naar buiten wordt gezogen. Dit houdt niet alleen in dat de warme lucht niet ten goed komt van de winkel, maar ook dat dezelfde hoeveelheid koude lucht naar binnen stroomt. Er moet namelijk een massabalans zijn, lucht die naar buiten stroomt moet ook naar binnen.

Figuur 6 en Figuur 7 geven de temperatuurverdeling op respectievelijk 10cm en 150cm. Hierin is duidelijk zichtbaar dat boven de grond een koude luchtstroom tot ver in de winkel rijkt.

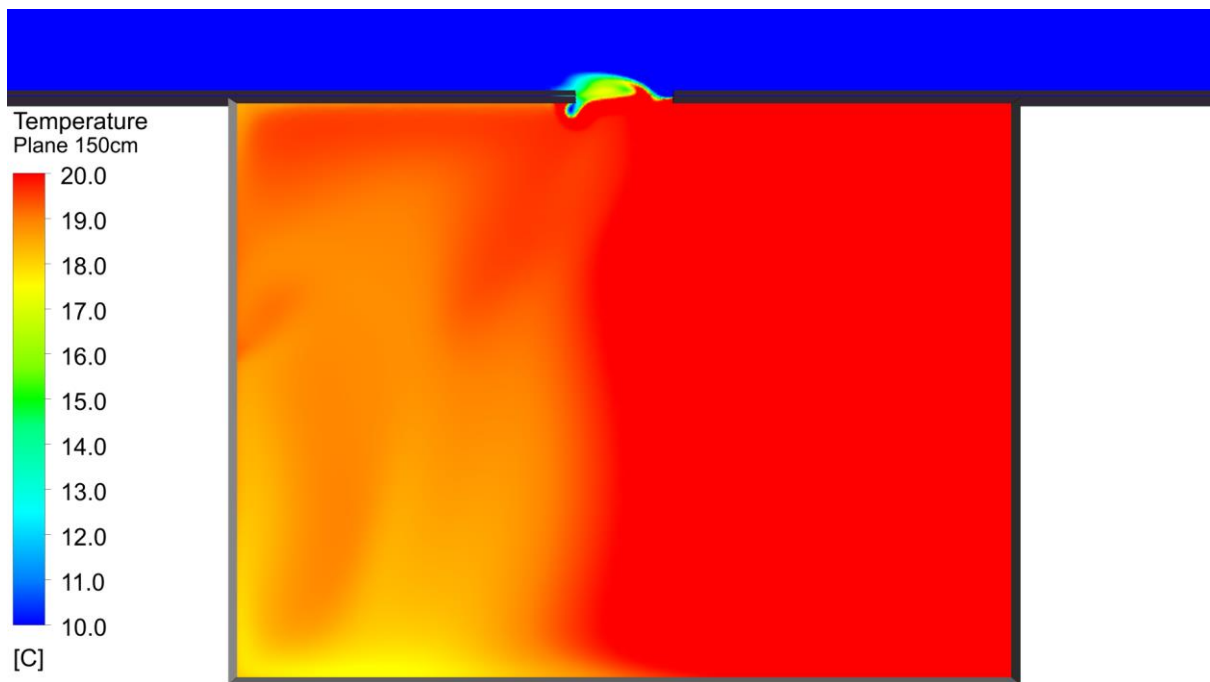
Vooraf op 10cm hoogte worden temperaturen tot onder 15°C opgemerkt in een relatief groot gebied. Dit wordt potentieel door aanwezig zijn als tocht ervaren langs de enkels en onderbenen.



Figuur 5: Luchtstroom van luchtgordijn naar buiten, hoek groter dan 35° (0° loodrecht op deur).



Figuur 6: Temperatuur verdeling 10cm boven de vloer, situatie met luchtgordijn.



*Figuur 7: Temperatuur verdeling op 150cm boven de vloer, situatie met luchtgordijn.*



### 3.2 Werking gevellamel

De gevellamel van Windsafe manipuleert lokaal bij de deur de wind/luchtstroming. De Windsafe gevellamel bestaat uit twee spoiler-vormige elementen met wind nivellerende gaasrollen. De wind wordt door de spoilers van de deuropening afgeleid. De nivellerende gaasrollen zorgen ervoor dat er geen hinderlijke snelheden aan het einde van de lamel optreden.

Figuur 8 toont de uitstroom van het luchtgordijn, in combinatie met de gevellamellen, representatief voor een windhoek tussen 35° en 90° ten opzichte van de deur (0° loodrecht op deur).

Dit toont duidelijk dat de werking van het luchtgordijn door het plaatsen van de gevellamellen wordt hersteld.

Figuur9 en Figuur 40 geven de temperatuur verdeling op respectievelijk 10cm en 150cm.

Wanneer dit vergeleken wordt met het resultaat zonder gevellamellen en met luchtgordijn, wordt opgemerkt dat er bij toepassing van de Windsafe gevellamellen geen koude luchtstroom meer optreedt.

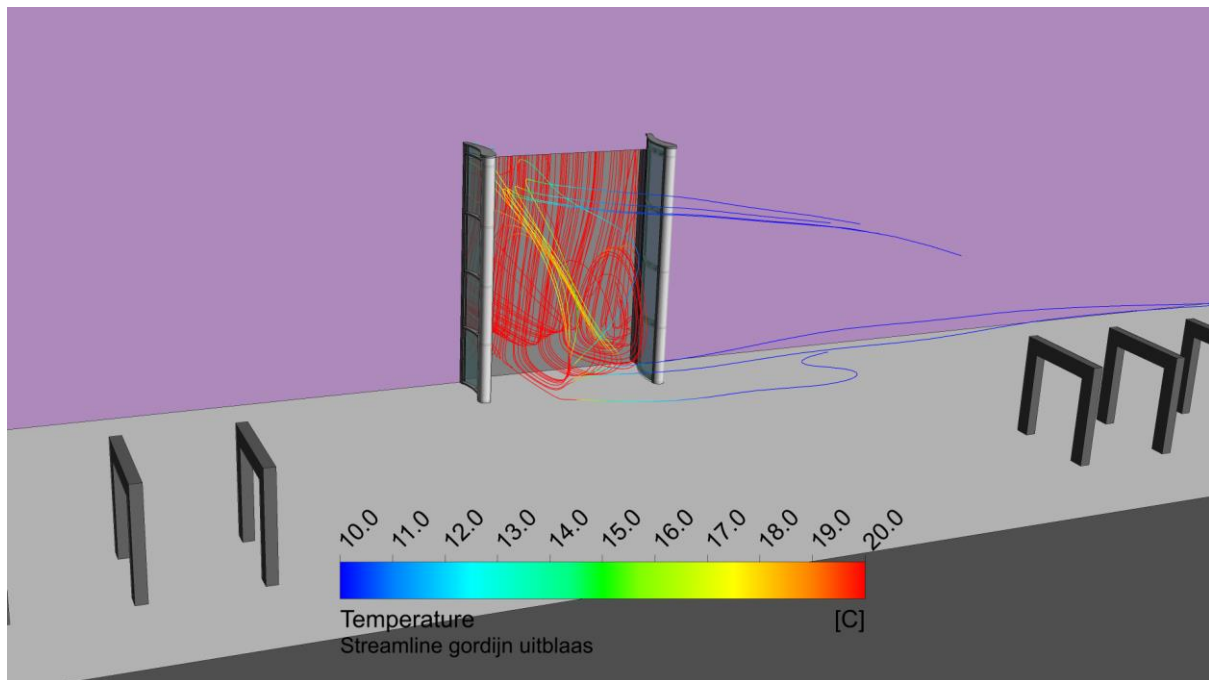
Geconcludeerd kan worden dat de Windsafe gevellamellen de door wind optredende tochtklachten wegnemen, wanneer geplaatst in combinatie met een luchtgordijn.

De gevellamellen zorgen ervoor dat er geen tocht optreedt in de winkel en nagenoeg geen koude lucht naar binnen stroomt. Afhankelijk van de omgeving en oriëntatie van de winkel wordt ingeschat dat het binnenklimaat verbeterd voor 35% tot 50% van de tijd.

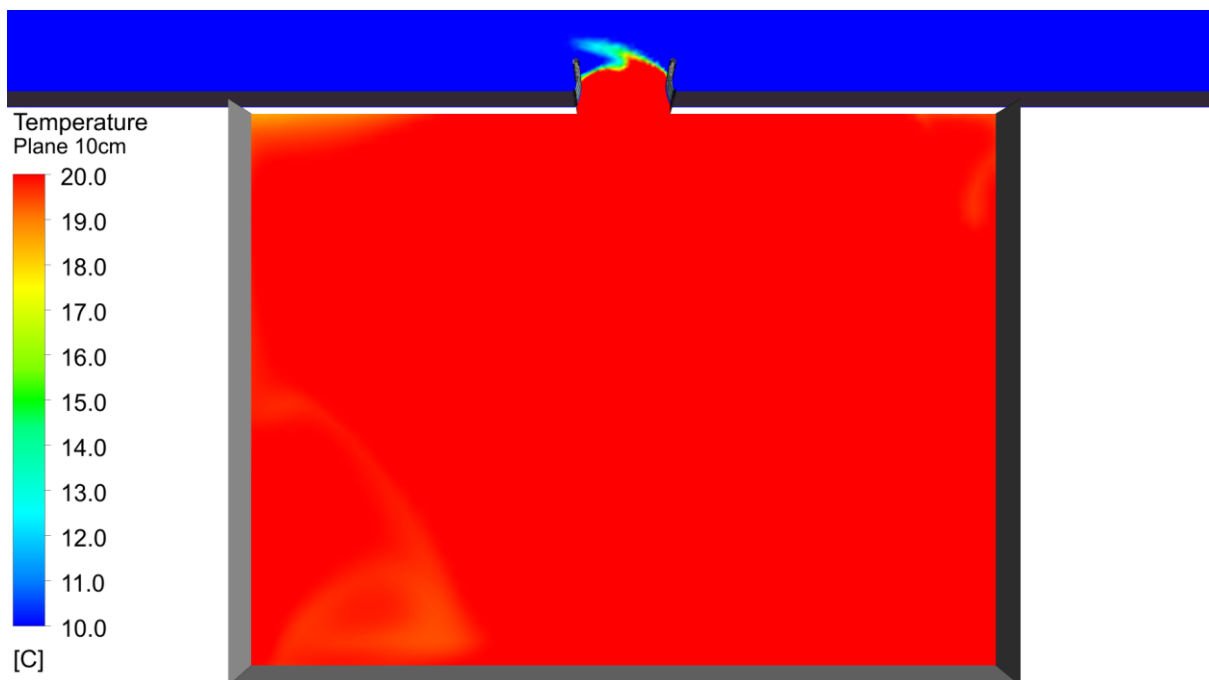
De gevellamellen kunnen op zichzelf het binnenklimaat in de winkel verbeteren. Als er een luchtgordijn in de winkel aanwezig is zullen de gevellamellen de werking van het luchtgordijn verbeteren, waardoor deze ook optimaal werkzaam is bij schuine windhoeken.

De gevellamellen hebben voor een optimale werking een schuine aanstroom op de gevel nodig. In deze gevallen werken de spoilers zo dat de wind nagenoeg geen effect hebben het binnenklimaat. Bij een 'te' rechte aanvalshoek op de gevel treedt het spoiler effect beperkt op. Juist bij die hoeken werkt een luchtgordijn optimaal. Vandaar dat de combinatie van gevellamellen en een luchtgordijn een goed controleerbaar binnenklimaat bewerkstelligen.

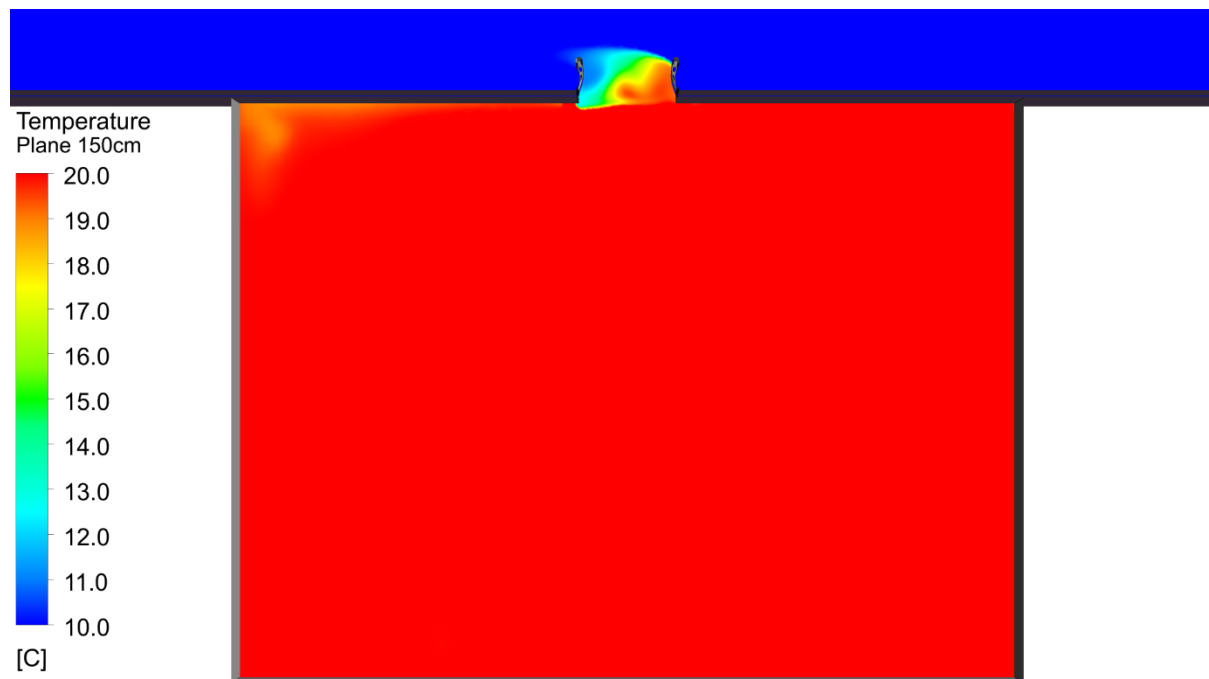
Een tweede effect is dat de combinatie ook in verlaagde energiekosten resulteert.



Figuur 8: Luchtstroom van luchtgordijn, met Windsafe gevellamellen.



Figuur 9: Temperatuur verdeling op 10cm boven de vloer, met Windsafe gevellamellen.



Figuur 40: Temperatuurverdeling op 150cm boven de vloer, met Windsafe gevellamellen.

### 3.3 Potentiële energiebesparing

Wanneer het luchtgordijn 'faalt', stroomt er een grote hoeveelheid koude lucht van buiten naar binnen. Door het plaatsen van de Windsafe gevellamellen wordt dit tot een minimum beperkt. De exacte besparing aan verwarmingsvermogen is afhankelijk van de specifieke situatie. Voor de gesimuleerde situatie is er bij een buitenluchttemperatuur van 7°C circa 5 kW verwarming nodig om te compenseren voor de binnentredende koude lucht.

Verwarming in de winkel zal waarschijnlijk nodig zijn tot 14°C buitenlucht.

In Nederland is het gemiddeld over de laatste 15 jaar 66% van de tijd kouder geweest als 14°C. Naar inschatting herstellen de gevellamellen voor 35%-50% van de tijd de werking van het luchtgordijn. Indien we uitgaan van 42,5% van de tijd dat de gevellamel de werking van het luchtgordijn herstelt is er voor de betreffende situatie een besparingspotentieel van 12.200 kWh.

## 4 Conclusie

In winkels treedt met regelmaat tocht op. Bij tocht wordt een koude luchtstroom ervaren. Tocht kan onder andere ontstaan door een versnelling van luchtstromingen, bijvoorbeeld veroorzaakt door vernauwingen in de stroomrichting van de wind. Een veel toegepaste oplossing om tocht in de winkel te verminderen is het plaatsen van een luchtgardijn. Het is bekend dat bij een bepaalde windhoek de lucht van het luchtgardijn naar buiten wordt gezogen, dit door de langs de buitengevel scherpende wind. In dit geval wordt warme lucht naar buiten gezogen en zal op laag niveau van de deur koude lucht naar binnen stromen.

Uit het uitgevoerde onderzoek blijkt dat een luchtgardijn niet goed functioneert tussen een windhoek van 35° tot 90° (0° is loodrecht op de deur). Bij deze windhoeken heeft koude wind een grote invloed op het binnenklimaat en de kosten voor de verwarming.

Windsafe heeft een product ontwikkeld welke de windinvloeden op het binnenklimaat vermindert. Dit bestaat uit twee spoiler-vormige elementen met druk vereffenende gaasrollen. Door de luchtstroming langs de open deur te 'manipuleren' heeft wind slecht beperkt effect op het binnenklimaat.

Uit het onderzoek blijkt dat de Windsafe gevellamellen de werking van het luchtgardijn hersteld. De plaatsing van de gevellamellen zorgt er dan ook voor dat het binnenklimaat voor alle windhoeken beheersbaar is. Er komt nagenoeg geen koude lucht meer naar binnen door de open deur.

Het besparingspotentieel op de energiekosten is afhankelijk van de ligging en oriëntatie van de deur. Een grove inschatting voor de bestudeerde situatie is dat er circa 12.200 kWh bespaard kan worden per jaar.

Er kan worden geconcludeerd dat het plaatsen van de gevellamellen tochtklachten tot een minimum beperkt. De luchtstroming in de ruimte is uniform van temperatuur. De gevellamellen in combinatie met een luchtgardijn zorgen ervoor dat er voor alle situaties nagenoeg geen buitenlucht naar binnen stroomt.