

ECN-C--06-048

Onderzoek haalbaarheid afdekking koel- en vriesmeubelen in supermarkten

F.A.T.M. Ligthart

Juli 2006

Verantwoording

Dit rapport is gemaakt in opdracht van de Dienst Milieu en Bouwtoezicht onder ECN-projectnummer 7.4995.

Abstract

De Dienst Milieu- en Bouwtoezicht te Amsterdam heeft aan ECN gevraagd wat de terugverdientijd is van afdekking van bestaande koel- en vriesmeubelen. Hierbij moet in het bijzonder aandacht worden besteed aan:

1. Het energiegebruik van het koelmeubel.
2. De energieprijs
3. De prijs van de afdekking

De terugverdientijd wordt berekend door het investeringsbedrag van de afdekking van het koelmeubel te delen door de kostenreductie door energiebesparing per jaar, verminderd met eventuele bijkomende kosten van de maatregel.

De terugverdientijd van afdekking van bestaande verticale koelvitrites in supermarkten ligt op 2,9 jaar met een marge van plus of min 0,9 jaar. Bij horizontale vriesmeubelen liggen de terugverdientijden van dagafdekking rond de 2,4 jaar met een maximum van 2,5 en een minimum van 1,3 jaar. Bij horizontale koelmeubelen is de terugverdientijd 9,4 jaar. De terugverdientijden van nachtafdekking variëren van 1,8 tot 4,1 jaar.

Uit onderzoek blijkt dat de omzet niet lijdt onder de besparingsmaatregelen en dat het comfortniveau in de winkel aanzienlijk zal stijgen bij afdekking van koel- en vriesmeubelen.

Inhoud

Lijst van tabellen	4
Lijst van figuren	4
1. Inleiding	5
1.1 Het project 'Handhaven bij supermarkten – een open deur'	5
1.2 Opdracht aan ECN	6
2. Onderbouwing van de terugverdientijd door afdekking van verticale koelvitrites	7
2.1 Het energiegebruik van het verticale koelmeubel	7
2.1.1 Wetenschappelijke, theoretische benadering	8
2.1.2 Praktijkwaarden	8
2.1.3 Het energiegebruik	9
2.2 De besparing	9
2.3 Nachtafdekking	9
2.4 De energieprijs	9
2.5 Stookkosten	9
2.6 Bijkomenden kosten	10
2.7 De prijs van de afdekking	10
2.7.1 De afdekdeuren	10
2.8 Terugverdientijden voor afdekking van verticale koelvitrites	10
2.8.1 De terugverdientijd	10
2.8.2 Terugverdientijd bij nieuwbouw:	11
2.8.3 Conclusie	11
3. Berekening dagafdekking horizontale vriesmeubelen	12
4. Berekening dagafdekking horizontale koelmeubelen	13
5. Nachtafdekking	14
6. Algemene conclusie	15
Bijlage A Kosten van reinigen en vullen van de meubelen.	16
Bijlage B Omzetzijning	17
Bijlage C Het comfort bij onafgedekte koelmeubelen	18
Bijlage D Bepaling van de gemiddelde rendementsverbetering door afdekking van verticale koelvitrites	20
Bijlage E Stookverliezen, koeling van de winkel	21
Bijlage F Uitwerking van rekenvoorbeelden voor afdekking van verticale koelvitrites	22

Lijst van tabellen

Tabel 1: besparingsperspectieven supermarkten	5
Tabel 2: rendementsverbeteringen door afdekking van verticale koelvitines	20

Lijst van figuren

Figuur 1: Overzicht stand van zaken MJA (bron Novem)	5
Figuur 2: verticale koelvitrine	7
Figuur 3: horizontaal vriesmeubel.....	12
Figuur 4: rolscherm voor nachtafdekking	14

1. Inleiding

Bij een gemiddelde supermarkt komt 62% van het elektriciteitsverbruik voor rekening van koelen en vriezen. Een grote supermarkt verbruikt 10 maal zoveel elektriciteit als een kantoorgebouw van dezelfde grootte. (bron Cijfers en tabellen, Novem)

Het was dus niet zonder reden dat er met deze branche landelijk een aparte afspraak over energiebesparing is gemaakt – de Meerjarenaafpraak Energiebesparing Supermarkten (MJA) uit 1999. Daarin beloofde de supermarktbranche om in 2010 per jaar ongeveer 32% minder energie te gebruiken ten opzichte van 1995. In 2004 bleek echter dat de branche veel te weinig ondernam om die doelstelling te halen en op dat moment bleef steken op een besparing van slechts 4,7%.

Dit is voor de Dienst Milieu en Bouwtoezicht Amsterdam en de Milieudienst IJmond aanleiding geweest om het project ‘Handhaven bij supermarkten – een open deur’ te starten. In dit project wordt op basis van de Wet milieubeheer beoordeeld of alle maatregelen met een terugverdientijd van 5 jaar of minder door de supermarkten ook genomen worden.

RESULTAAT	
<i>Energiegebruik in monitoring</i>	<i>3,583 PJ (1995) en 9,557 PJ (2004)</i>
<i>Energiegebruik gehele sector</i>	<i>11,8 PJ (1995) en 12,7 PJ (2004)</i>
<i>Doelstelling MJA1</i>	<i>32% energie-efficiencyverbetering</i>
	<i>5% duurzame energie in 2010 ten opzichte van 1995</i>
<i>Resultaat 2004</i>	<i>1,8% totale energie-efficiencyverbetering</i>
<i>Resultaat 1995-2004</i>	<i>4,7% totale energie-efficiencyverbetering</i>

Figuur 1: Overzicht stand van zaken MJA (bron Novem)

1.1 Het project ‘Handhaven bij supermarkten – een open deur’

Met het project ‘Handhaven bij supermarkten – een open deur’ wordt een aanzienlijke energiebesparing gerealiseerd. In het perspectief van grootschalige navolging op landelijk en Europees niveau is het besparingspotentieel spectaculair van omvang.

Bijna tweederde van het elektriciteitsverbruik van een supermarkt komt voor rekening van het koelen en vriezen van producten. Bij supermarkten zijn de verbruikscijfers hoog; de meeste verbruiken liggen tussen de 300 en 500 MWh op jaarbasis. In Amsterdam staat een supermarkt die 1300 MWh verbruikt, dat komt overeen met 1,3 miljoen kWh. Door het plaatsen van deuren voor de koelvitines wordt 40 tot 55% energie bespaard op de koelenergie. De besparingsperspectieven laten zich als volgt in een tabel samenvatten:

Tabel 1: besparingsperspectieven supermarkten

Besparingen per jaar	kWh	Vergelijkbaar met energieverbruik van:
Per supermarkt	127.000	42 woningen
Alle 170 supermarkten in het project	22.860.000	7.620 woningen
Supermarkten in heel Nederland	520.000.000	173.500 woningen

Het project bij de 170 bedrijven geeft een energiebesparing die gelijkwaardig is met het energieverbruik van circa 7.500 woningen. Nog sterker is de invloed van het project als dit zou leiden tot navolging op Europese schaal. In dat geval wordt per jaar zo'n 10 miljard kWh

bespaard, oftewel het verbruik van 3,1 miljoen woningen! Nederland telt ongeveer 6 miljoen woningen.

De reproduceerbaarheid van dit project is zeer gunstig. Supermarkten in Nederland en daarbuiten lijken qua opzet, assortiment en techniek veel op elkaar. Veel supermarktketens hebben vestigingen in verschillende Europese landen. Als alle supermarkten dagafdekking invoeren hebben zij allen te maken met vergelijkbare investeringen en exploitatiekosten. Op dit punt is dan sprake van een 'level playing field' zonder concurrentievervalsing. Met andere woorden, als de branche dit project ergens accepteert – gedwongen of niet - dan wordt het snel overgenomen door anderen in het land.

Het is duidelijk dat bij het besparen op energie de maatregelen die vrijwel geen of helemaal geen geld kosten het eerst worden genomen. De daarop volgende maatregelen kosten steeds meer geld en moeite om te verwezenlijken ten opzichte van de opbrengsten. Daarom is het des te zorgelijker dat het verschil tussen de stand van zaken en de doelstelling in 2010 nog zo groot is (4,7 versus 32%). Als de maatregel van afdekking niet genomen wordt is de kans groot dat tegen het einde van de afgesproken perioden in allerijl maatregelen genomen moeten worden die misschien wel een terugverdientijd hebben die hoger is dan vijf jaar. De afdekking van meubelen is in dit licht een optimale oplossing omdat dure investeringen vermeden worden. Hiermee zou de MJA-doelstelling van 32% ruimschoots gehaald kunnen worden.

1.2 Opdracht aan ECN

De Dienst Milieu- en Bouwtoezicht te Amsterdam heeft aan ECN gevraagd wat de terugverdientijd is van afdekking van bestaande koel- en vriesmeubelen. Hierbij moet in het bijzonder aandacht worden besteed aan:

1. Het energiegebruik van het koelmeubel.
2. De energieprijzen
3. De prijs van de afdekking

De terugverdientijd wordt berekend door het investeringsbedrag van de afdekking van het koelmeubel te delen door de kostenreductie door energiebesparing per jaar, verminderd met eventuele bijkomende kosten van de maatregel.

In dit rapport worden twee soorten meubelen besproken:

- de verticale koelvitrine
- het horizontale koel- en vrieseland

2. Onderbouwing van de terugverdientijd door afdekking van verticale koelvitрины

Dit hoofdstuk gaat over de verticale koelvitrine.



Figuur 2: verticale koelvitrine

Bij de onderbouwing van de terugverdientijd spelen de volgende parameters een rol:

1. het energiegebruik van het koelmeubel,
2. de besparing door de afdekking,
3. de besparing van de reeds grootschalig ingevoerde nachtafdekking; die besparing moet worden afgetrokken van de besparing door de dagafdekking omdat die in feite de nachtafdekking vervangt gedurende de nacht,
4. de energieprijs.
5. de toename van de stookkosten omdat de winkel door de "lekkage" van koude extra afkoelt en moet worden bijgewarmd door de stookinstallatie,
6. bijkomende kosten zoals onderhoud van de deuren; de reiniging is buiten beschouwing gelaten omdat daarover te weinig gegevens bekend zijn; ook de omzetsderving komt aan de orde,
7. de prijs van de afdekdeuren oftewel ramen,

2.1 Het energiegebruik van het verticale koelmeubel

Het gemiddelde energiegebruik van verticale koelmeubelen ligt volgens de Eurovent Certification Database van oktober 2005¹ rond 20 kiloWattuur per strekkende meter koelvitrine per dag, afgekort 20 kWh/m/d. Deze waarde kan worden aangemerkt als een representatieve waarde voor het energiegebruik van verticale koelmeubelen omdat hij is samengesteld uit vele meetwaarden afkomstig uit zowel testfaciliteiten als ook uit de dagelijkse praktijk. Daarom wordt hij in onze berekeningen gebruikt. Naast de Eurovent Certification Database kunnen ook andere bronnen worden gebruikt om een referentiewaarde te vinden voor het gebruik van koel- en vriesmeubelen. Er zijn bijvoorbeeld simulatiemodellen in gebruik zoals EKS en Stimec laboratoriummetingen waarvan hieronder wordt toegelicht waarom deze als minder representatief worden aangemerkt voor dit onderzoek.

¹http://www.eurovent-certification.com/en/Programmes/Characteristics.php?rub=02&srub=01&ssrub=&lg=en&select_prog=RDC
Het opgegeven verbruik ligt tussen de 17 en 23 kWh/m/d

2.1.1 Wetenschappelijke, theoretische benadering

Het EKS simulatieprogramma (Energieberekening Koeling Supermarkt²) is een hulpmiddel dat gebruikt wordt om energiegebruiken van diverse koel- en vriesmeubelen onder verschillende omstandigheden met elkaar te vergelijken. De gebruiksrichtlijnen van het programma vermelden uitdrukkelijk dat het werkelijke energiegebruik door middel van metingen moet worden bepaald. Voor de bepaling van het gemiddeld energiegebruik van de meubelen in de praktijk is deze rekenmethode om die redenen door ons niet gebruikt.

De Stimec meting, (Stimulation of efficient commercial cooling³) die ook regelmatig wordt gehanteerd en die is afgeleid van de Eurovent Certification Database, wordt vooral uitgevoerd onder “laboratorium”-omstandigheden en niet tijdens het dagelijks gebruik. Deze waarde is daarom niet maatgevend voor het energiegebruik tijdens het winkelbedrijf en hebben wij daarom ook niet betrokken in de berekeningen.

2.1.2 Praktijkwaarden

In de verschillende praktijkonderzoeken lijkt consensus te bestaan over de mate van energiebesparing die door de maatregel van afdekking wordt bereikt. In onze berekening wordt een getal van 55% gebruikt dat een gemiddelde is van waarden die op veel plaatsen worden gemeten. In Bijlage D wordt aangegeven op welke wijze dit gemiddelde is bepaald. Dit getal wordt ook niet ter discussie gesteld.

Dat in dit onderzoek zoveel waarde wordt gehecht aan praktijkmetingen en minder aan theoretische berekeningen, simulaties en laboratoriumbeproevingen heeft als reden dat de omstandigheden in winkels sterk verschillen van die in testruimtes. Hieronder worden een aantal situaties beschreven die in een testruimte in een onderzoeksinstituut moeilijk na te bootsen zijn maar wel een negatieve invloed hebben op het energiegebruik van de koel- en vriesmeubelen zonder afdekking.

1. De lucht in rond de koel- en vriesmeubelen is altijd sterk in beweging door langslowende mensen en door het pakken van producten waardoor bijvoorbeeld de werking van het luchtgordijn, in geval van een verticale koelvitrine vrijwel continue verstoord wordt en zijn effect verliest.
2. Vaak staan producten geheel of gedeeltelijk op het rooster van het luchtgordijn of in de luchtstroom waardoor het gordijn een groot deel van zijn functie verliest en zelfs in sommige gevallen de koude rechtstreeks de winkel in geblazen wordt.
3. Vaak staan in winkels deuren tegen elkaar open door de constante aan- en afvoer van producten. Hierdoor is er constante beweging van de lucht langs de meubelen die aanleiding geeft tot koudeverlies.
4. Vanwege de hoeveelheid mensen in een supermarkt is de atmosfeer tamelijk vochtig met name als het regent en de mensen met natte jassen binnen komen. Die vochtige lucht vermengt zich met de lucht in de meubelen en zorgt voor extra condensatie op de verdamper die meer energie gaan gebruiken en ook op de producten die daardoor een minder aantrekkelijk uiterlijk krijgen door condens.
5. De verdamper raken vervuild door de grote hoeveelheden lucht die erdoorheen stromen en die sterk verontreinigd zijn door de activiteiten in de winkel zoals ook in Bijlage A wordt beschreven. Alleen direct na de reiniging is de werking optimaal. Voor de condensor geldt ook dat hij vervuild en daardoor steeds slechter gaat werken..
6. Het vullen en reinigen van de meubelen geeft een extra verhoging van het energiegebruik.

²http://www.tno.nl/bouw_en_oudergrond/bouwinnovatie/koudetechniek_en_warmtepo/koelsystemen_voor_superma/supermarket_energy_consum/index.xml

³http://www.tno.nl/bouw_en_oudergrond/bouwinnovatie/koudetechniek_en_warmtepo/koelsystemen_voor_superma/the_stimeck_list/

Vanwege deze redenen kan het energiegebruik van meubelen in de praktijk aanzienlijk hoger zijn dan die onder laboratoriumomstandigheden.

2.1.3 Het energiegebruik

Als uitgangspunt voor het gebruik van het koelmeubel is uitgegaan van de gemiddelde waarde zoals bepaald in Eurovent Certification Database. Om de terugverdientijd zo kritisch als mogelijk te bepalen zijn twee andere cases genomen met energieverbruiken die lager liggen dan de gemiddelde praktijkwaarde. De volgende getallen zijn gehanteerd:

case 1: het gemiddelde van de Eurovent Certification Database waarden voor dit soort apparaten,

case 2: de ondergrens van de door Eurovent genoemde energiegebruikswaarden voor verschillende typen verticale koelvitruines,

case 3: een specifiek geval van een groot winkelconcern met extra zuinige apparatuur.

2.2 De besparing

Over de besparingen door afdekking liggen de meningen niet ver uiteen. In Bijlage D wordt aangegeven hoe de waarde van 55% besparing is bepaald.

2.3 Nachtafdekking

Nachtafdekking is al jaren gangbare praktijk in winkels omdat het een simpele, goedkope maatregel is met een korte terugverdientijd en om die reden ook niet meer opgenomen is in de EIA-regeling. De afdekking werkt als een rolgordijn dat zowel handmatig als ook motorisch kan worden bediend. Het materiaal bestaat meestal uit een polyester weefsel, bekleed met een reflecterende metaalcoating. Na sluitingstijd worden de rolgordijnen gesloten en vormen zo een afsluiting tussen het koude binnenklimaat in het meubel en het relatief warme winkelklimaat. Hierdoor wordt warmteuitwisseling vooral door convectie en ook voor een deel straling en transmissie vermeden. De getallen voor nachtafdekking worden in Hoofdstuk 4 genoemd. De voor verticale koelvitruines relevante getallen zijn hieronder gebruikt.

2.4 De energieprijzen

De energieprijzen die in haalbaarheidsberekeningen worden genoemd variëren bij de diverse concerns tussen 8 en 10,5 cent per kWh. In de berekeningen is de waarde gehanteerd van de energieprijzen die als gemiddelde door een groot concern wordt gehanteerd. Dat gemiddelde komt uit op 8,8 eurocent per kWh. De concerns die deze gegevens hebben aangeleverd zijn in alfabetische volgorde: AH, Lidl en Schuitema.

De energieprijzen steeg in de afgelopen 5 jaar met ongeveer 4% per jaar wat blijkt uit de door ECN Beleidsstudies voor het ministerie van Economische Zaken bepaalde cijfers. De verwachting is dat deze trend zich voortzet in de komende jaren. Omdat dit getal hoger is dan de inflatie zal dit waarschijnlijk een verkortend effect hebben op de terugverdientijden in de komende jaren.

2.5 Stookkosten

Door de "lekkage" van koude uit de koel- en vriesmeubelen wordt de winkel afgekoeld. De warmte die aan de koel- en vriesmeubelen wordt onttrokken wordt in de meeste gevallen naar buiten afgevoerd via de koelmachine en de condensor op het dak. De verwarmingsinstallatie van de winkel moet die warmte weer aanvullen en dus meer stoken dan zonder deze meubelen het geval zou zijn. De verlaging van de stookkosten door de afdekking van de koelmeubelen wordt door ons in de berekening meegeteld als een extra energiebesparing (Bijlage E). De bijdrage door de meubelen aan de koeling van de winkel wordt niet meegeteld omdat die niet meewerkt aan het bereiken van een comfortabel binnenmilieu waarvoor een daarvoor ontworpen comfortkoelinstallatie is bedoeld (zie Bijlage C).

2.6 Bijkomenden kosten

De extra vultijden en onderhoudstijden zijn overgenomen uit de rapport van TNO 2006-A-R0054/B en Van Beek rapport 725 versie 1.0 definitief, 28 apr. 04. De bijkomende kosten bestaand uit extra reinigingskosten worden besproken in Bijlage A.

In Bijlage B komt de omzetzijde aan de orde. Op grond van de hier genoemde argumenten wordt er geen omzetzijde meegenomen in de terugverdientijd van afdekking.

2.7 De prijs van de afdekking

De prijs van de afdekking is bepaald door het gemiddelde te nemen van prijzen die in concurrentie op de vrije markt zijn aangevraagd en werden betaald. De bijkomende kosten voor montage en inregelen werden op dezelfde wijze vastgesteld. Er zijn ook leveranciers die het twee tot drievoudige van deze prijzen hanteren. Elke ondernemer is vrij deze deuren te kiezen maar in dit onderzoek is uitgegaan van deuren die voldoen aan de eisen die eraan mogen worden gesteld. Dit zijn bijvoorbeeld isolatiewaarde, kierdichtheid, veiligheid, bedienbaarheid, levensduur van het bewegingsmechanisme, etc.

2.7.1 De afdekdeuren

De prijzen van de hier genoemde afdekkingen (deuren) lopen niet ver uiteen, één uitschieter uitgezonderd. Als uitgangspunt voor de berekening hebben we het gemiddelde van alle vier afdekkingprijzen genomen. In de eerste kolom staat een letter die straks in de formule gebruikt gaat worden en die de gemiddelde prijs van de deuren voorstelt.

D	prijzen deuren	€m ⁴	596	622	1.142	705	gemiddelde:	766
---	----------------	-----------------	-----	-----	-------	-----	-------------	-----

Alle getallen en waarden in dit rapport zijn geanonimiseerd. Dat wil zeggen dat bij ECN bekend is door wie de getallen geleverd zijn of bij welk bedrijf de metingen zijn gedaan. Deze bedrijven worden wel genoemd in dit rapport omdat ze eraan hebben meegewerkt maar de koppeling tussen de namen van bedrijven en de gegevens is bewust weggelaten. Deze handelswijze voorkomt eventueel voor- of nadeel voor het betreffende bedrijf en maakt het tevens mogelijk het rapport te publiceren zodat meer bedrijven kennis kunnen nemen van deze besparingsmaatregelen.

2.8 Terugverdientijden voor afdekking van verticale koelvitines

De inhoud van de voorgaande paragrafen is in het onderstaande voorzien van voorbeelden en het berekenen van terugverdientijden.

2.8.1 De terugverdientijd

De terugverdientijd wordt berekend in Bijlage F. Daar is een overzicht gemaakt van verschillende energiegebruiken van vitrines in onafgedekte toestand, met nachtafdekking, de gasbesparing door dagafdekking en overige besparingen en kosten. Door de investering in de deuren te delen door de jaarlijkse besparing in kWh, vermeerderd met de gasbesparing en verminderd met de kosten van onderhoud en vultijden wordt de terugverdientijd bepaald. De formule ziet er in compacte vorm als volgt uit:

⁴ prijzen inclusief montage, meubelaanpassingen, montage en inregelen maar exclusief EIA-af trek. De prijzen zijn opgegeven door de volgende deurenleveranciers, genoemd in alfabetische volgorde: Smeva, Tahob, Van Beek, Veld.

$$T = D / B.$$

Het totaal terug te verdienen bedrag per jaar B is:		case 1	case 2	case 3
B	elektriciteitsbesparing door afdekking inclusief minderbesparing door nachtafdekking, gasbesparing, verminderd met de extra vul-en onderhoudskosten [€]	379	257	193
T	terugverdientijd in jaren	2,0	2,9	3,8

Zie voor de details de genoemde bijlage.

2.8.2 Terugverdientijd bij nieuwbouw:

Bij een afname van het benodigde koelvermogen door afdekking, dat wordt geschat op tenminste 20% hetgeen gelet op de besparing van gemiddeld 50% gerechtvaardigd lijkt te zijn, kan ook het geïnstalleerd vermogen van de elektrische installatie worden teruggebracht. Dit kan in geval van uitbreiding of nieuwbouw van vestigingen het geval zijn. Hierdoor wordt de terugverdientijd van afdekking in die gevallen vaak negatief. Met ander woorden: afdekken is vanaf de in gebruik name van de winkel goedkoper dan niet afdekken omdat de prijs van bijvoorbeeld een zwaardere elektrische aansluiting of een grotere trafo vele malen hoger is dan die van afdekking. Bovendien zijn de koelinstallaties ook goedkoper door het lagere vermogen.

2.8.3 Conclusie

Op basis van de hierboven genoemde uitgangspunten en de in Bijlage A tot en met Bijlage E genoemde bijkomende aspecten is een terugverdientijd berekend. Dit getal ligt voor afdekking van verticale koelmeubelen op 2,9 jaar met een marge van plus of min 0,9 jaar.

In geval van uitbreiding of nieuwbouw van vestigingen kan de terugverdientijd van afdekking in veel gevallen vaak negatief worden door de vermeden investering in een zwaardere elektrische aansluiting of een grotere trafo. Ook de koelmachines worden goedkoper door een ongeveer 20% lagere vermogensbehoefte.

3. Berekening dagafdekking horizontale vriesmeubelen

Dit hoofdstuk gaat over horizontale vriesmeubelen waarvan hieronder een afbeelding te zien is om als voorbeeld te dienen voor hoe ze eruit zien.



Figuur 3: horizontaal vriesmeubel

Bij de bepaling van de terugverdientijd van afdekking van horizontale vriesmeubelen is dezelfde systematiek gevolgd als voor de afdekking van verticale koelvitrites. Hieronder volgt een samenvatting van de onderzochte waarden.

horizontale vriesmeubelen						gemiddelde
prijzen deuren ⁵	[€m ²]	271	366		211	282
energiegebruik ⁶	[kWh/m ² /d]	case 1	case 2	case 3	case 4	
		13,0	13,0	13,0	11,7	
Besparing door afdekking		52%	40%	40%	40%	
idem	[kWh/m ² /d]	6,76	5,20	5,20	4,67	
minderbesparing nachtafdekking						
door rolschermen	[kWh/m ² /d]	2,34	2,34	2,34	2,10	
Besparing gas ⁷ ,	[€m ² /d]	0,11	0,09	0,09	0,08	
energieprijs	[€kWh]	0,11	0,088	0,080	0,088	
extra onderhoud vultijden ⁸	[€m ² /d]	0	0	0	0	
terugverdientijd in jaren		1,3	2,3	2,4	2,5	

Conclusie:

Bij horizontale vriesmeubelen liggen de terugverdientijden van dagafdekking rond de 2,4 jaar met een maximum van 2,5 jaar en een minimum van 1,3 jaar.

⁵ Leveranciers in alfabetische volgorde Deen, Dirk vd Broek, MGB, Zurich, Smeva.

⁶ volgens Eurovent Certification Database

⁷ berekend uit koudetoevoer met 25 ct als gasprijs

⁸ zie bijlage Bijlage A

4. Berekening dagafdekking horizontale koelmeubelen

Dit hoofdstuk gaat over horizontale koelmeubelen die er ongeveer hetzelfde uitzien als horizontale vriesmeubelen.

Bij de bepaling van de terugverdientijd van afdekking van horizontale koelmeubelen is dezelfde systematiek gevolgd als voor de afdekking van verticale koelvitrites. Hieronder volgt een samenvatting van de onderzochte waarden.

horizontale koelmeubelen		
prijzen deuren	[€m ²]	274
energiegebruik ⁹	[kWh/m ² /d]	6,0
Besparing door afdekking		17%
idem	[kWh/m ² /d]	1,04
minderbesparing nachtafdekking door rolschermen	[kWh/m ² /d]	0,36
Besparing gas ¹⁰ ,		
[€m ² /d]		0,02
energieprijs	[€kWh]	0,088
extra onderhoud vultijden ¹¹		
[€m ² /d]		0
terugverdientijd in jaren		9,4

Conclusie:

Bij horizontale koelmeubelen is de terugverdientijd 9,4 jaren.

⁹ volgens Eurovent Certification Database

¹⁰ berekend uit koudetoevoer met 25 ct als gasprijs

¹¹ zie bijlage Bijlage A

5. Nachtafdekking

Nachtafdekking is al jaren gangbare praktijk in winkels omdat het een simpele, goedkope maatregel is met een korte terugverdientijd en is om die reden ook niet meer opgenomen in de EIA-regeling.



Figuur 4: rolscherm voor nachtafdekking

De afdekking werkt als een rolgordijn dat zowel handmatig als ook motorisch kan worden bediend. Het materiaal bestaat meestal uit een polyester weefsel bekleed met een reflecterende metaalcoating. Na sluitingstijd worden de rolgordijnen gesloten en vormen zo een afsluiting tussen het koude binnenklimaat in het meubel en het relatief warme winkelklimaat. Hierdoor wordt warmteuitwisseling vooral door convectie en ook een deel straling en transmissie vermeden. Praktijkgegevens van nachtafdekking in een supermarkt zijn:

verticaal meubel	
kosten motorgedreven afdekking [€m]	124
besparing [kWh/m/d]	2,12
energieprijs [€kWh]	0,088
terugverdientijd in jaren	1,8

Ook horizontale meubelen worden 's nachts afgedekt. Door de vorm en de opstelling is dat een eenvoudige zaak. En paar perspex panelen of een rol folie is al voldoende. De kosten hiervan zijn te verwaarlozen. De energiebesparing niet. Een grote supermarkt heeft daar onderzoek naar gedaan en komt uit op een besparing door nachtafdekking van 18,1 %

Van Beek noemt in het rapport "Energiebesparing buiten de verbouwing om" een besparing door nachtafdekking van 20%. Ze schatten de investering op €100/m. Van Beek komt uit op een terugverdientijd van 4,1 jaar.

TNO komt in het rapport "Energiebesparing door nachtafdekking, praktijkmeting bij een supermarktfiliaal" op een gemiddelde besparing¹² voor allerlei soorten koel- en vriesmeubelen op een getal van 1,8 kWh/d/m.

Conclusie:

De terugverdientijden van nachtafdekking variëren van 1,8 tot 4,1 jaar. De besparing ligt rond de 2 kWh/m/d.

¹² conclusie rapport R 91/294 pagina 11.

6. Algemene conclusie

De terugverdientijd van afdekking van bestaande verticale koelvitines in supermarkten ligt op 2,9 jaar met een marge van plus of min 0,9 jaar.

Bij horizontale vriesmeubelen liggen de terugverdientijden van dagafdekking rond de 2,4 jaar met een maximum van 2,5 en een minimum van 1,3 jaar

Bij horizontale koelmeubelen is de terugverdientijd 9,4 jaar.

De terugverdientijden van nachtafdekking variëren van 1,8 tot 4,1 jaar.

In geval van uitbreiding of nieuwbouw van vestigingen kan de terugverdientijd van afdekking in veel gevallen vaak negatief worden door de vermeden investering in een zwaardere elektrische aansluiting of een grotere trafo. Ook de koelmachines worden goedkoper door een ongeveer 20% lagere vermogensbehoefte.

Bijlage A Kosten van reinigen en vullen van de meubelen.

In diverse berekeningen worden kosten opgevoerd voor het schoonmaken van de glazen afdekking van verticale koelvitrites. Er blijft echter in alle gevallen een belangrijke kostenbesparing onvermeld. Een overdag onafgedekte vitrine is onderhevig aan het ongehinderd binnendringen van stof, ongedierte en organisch materiaal dat afkomstig is van de mensen die de winkel bezoeken. Daarom zal de vitrine intensiever moeten worden gereinigd dan bij een afgedekt meubel het geval is. Volgens de HACCP moeten de meubels volgens een vaste frequentie gereinigd worden maar dat kost meer tijd als de vervuiling ernstiger is. De kostenreductie door minder intensieve reiniging tengevolge van afdekking is niet terug te vinden in de berekeningen. In onze berekening van de terugverdiëntijd is daarom de kostenpost van reiniging van deuren weggelaten omdat daar een kostenreductie tegenover staat waarover geen betrouwbare gegevens voor handen zijn. Of de netto reinigingskosten positief of negatief uitvallen moet blijken uit nader onderzoek. Het is in ieder geval zo dat de mee te nemen extra kosten ten dele worden gecompenseerd door bijkomende voordelen¹³.

Voor horizontale meubelen geldt hetzelfde als voor verticale wat reinigen betreft maar komt er nog een aspect bij. Het vullen van horizontale meubelen wordt namelijk door de afdekking vereenvoudigd. De afdekking wordt in de praktijk gebruikt om producten tijdelijk op neer te leggen zodat het personeel het meubel makkelijker kan vullen dan vanuit het transportrek. Bovendien is het horizontale meubel makkelijker te vullen omdat het maar uit één laag bestaat terwijl bij verticale meubelen meerdere schappen moeten worden gevuld. Om deze redenen laten we de kosten door extra vultijden bij de berekening van terugverdiëntijden bij horizontale koel- en vriesmeubelen weg.

¹³ Uit rapportage van MGB Logistik-TA Zurich. Dit instituut is gevestigd in Zwitserland en is enigszins vergelijkbaar met het Nederlands Normalisatie Instituut maar dan specifiek voor dit soort apparatuur

Bijlage B Omzetsderving

In het TNO rapport “Covering of freezer units with glass panels” TNO 93-340, september 1993 wordt wetenschappelijk aangetoond dat het afdekken van deze meubelen geen aantoonbaar effect heeft op de omzet. MGB Logistik-TA Zurich komt tot dezelfde conclusie.

Het risico van afkeuring van producten bij een steekproef door de Voedsel en Waren Autoriteit is niet mee gecalculeerd. Dit risico is aanzienlijk hoger bij onafgedekte koelmeubelen door de grotere temperatuurverschillen in het meubel¹⁴.

¹⁴ Uit rapportage van MGB Logistik-TA Zurich.

Bijlage C Het comfort bij onafgedekte koelmeubelen

Het comfort in de betreffende ruimte is een direct gevolg van het energiegebruik voor koelen en verwarmen. Daarom is ook dit aspect door ons theoretisch en deels praktisch onderzocht. Het binnenklimaat in de omgeving van open koelvitruines voldoet niet aan de voor verblijfsruimtes geldende normen die onder andere door de Arbo worden gehanteerd. Deze normen hebben betrekking op de volgende fysische grootheden:

1. luchttemperatuur,
2. luchtsnelheid,
3. luchtvochtigheid,
4. stralingstemperatuur van omringende oppervlakken.

Al deze waarden liggen bij open koelvitruines buiten de gangbare normen.

ad 1

De binnentemperatuur in de winkel is meestal op de normale waarde van rond de 21 graden ingesteld. Verschillende filiaalleiders hebben mij dat telefonisch bevestigd. In de buurt van de open koelvitruines vindt een menging plaats van lucht van 21 graden en lucht van 4 tot 7 graden afhankelijk van het soort meubel en de inhoud. De mate waarin dit gebeurt hangt af van de situaties zoals beschreven in hoofdstuk 2.1.2. Dit resulteert in een binnenluchttemperatuur die varieert tussen 21 en 4 tot 7 graden afhankelijk van de mate van menging die elke minuut verandert. De menging is volgens de energiegetallen ongeveer 55% waardoor we wat de binnentemperatuur betreft uitkomen op gemiddelde van 15,5 graad. Volgens de grafiek van ASHRAE-standaard 55-74 mag de temperatuur niet onder de 20 graden komen voor een comfortabel binnenklimaat. Het is duidelijk dat het binnenklimaat in de buurt van de koelvitruines niet aan deze eis voldoet

ad 2

Om tocht te voorkomen mag de luchtsnelheid in verblijfsruimten volgens comfortnormen niet boven 0,15 m/s uitkomen. Gezien het temperatuurverschil tussen de uit de vitruines lekkende koude lucht en de omgevingslucht van 21 graden is fysisch aantoonbaar dat die snelheid ruimschoots overschreden wordt. Dit heb ik overigens ook door eigen metingen vastgesteld.

ad 3

Uit een psychrometrisch diagram is af te lezen dat lucht van 7 graden die opgewarmd wordt tot 21 graden in vochtigheid afneemt met meer dan 50%. Dat houdt in dat de vochtigheid van lucht in de buurt van de vitrine af kan nemen tot 20% wanneer de vochtigheid in de ruimte 70% is, wat een veelvoorkomende waarde is. Bij een vochtigheid van 20% krijgen veel mensen klachten zoals uitgedroogde slijmvliezen in de ademhalingskanalen waardoor kans op infecties groter wordt.

ad 4

De binnenwanden van het meubel en de producten zelf hebben ongeveer dezelfde temperatuur als de lucht in de vitrine, die meestal tussen 4 en 7 graden ligt. De stralingstemperatuur noemt men dan 4 of 7 graden al naar gelang de heersende temperatuur. Ter vergelijking: in een kantoor waarvan de wanden bijvoorbeeld 17 graden zijn op maandagmorgen kan het comfort toch acceptabel zijn door de temperatuur van de binnenlucht op de voeren tot 23 graden. Het één compenseert het ander. Als dit verschil te groot is, is deze werkwijze niet meer bruikbaar. Hier is geen sprake van compensatie maar van sommatie. Het negatieve effect van de te lage luchttemperatuur moet worden opgeteld bij het negatieve effect van de koudestraling. Ook de oncomfortabele effecten van tocht kunnen gecompenseerd worden door de lucht extra op te warmen maar het tegendeel vindt plaats. Er is dus sprake van een opeenstapeling van factoren

die zorgen voor een zeer oncomfortabel situatie waar mensen niet langer willen verblijven dan strikt noodzakelijk is.

Comfortkoeling

Het koelend effect van de koelafdeling van de winkel op het binnencomfort in de zomer voldoet om dezelfde redenen als hierboven genoemd niet aan de gangbare normen voor koelinstallaties voor binnencomfort¹⁵.

Voor het bereiken van een beter binnenklimaat in supermarkten zouden de koel- en vriesmeubelen moeten worden afgedekt en relatief koele lucht, gelijkmatig verdeeld over de ruimte, hoog moeten worden inblazen en gemengd met de binnenlucht. Op deze wijze kan zonodig in de zomer een gelijkmatige binnentemperatuur van, afhankelijk van de buitentemperatuur, tussen de 21 en 25 graden worden gehandhaafd.

¹⁵ Uit rapportage van MGB Logistik-TA Zurich.

Bijlage D Bepaling van de gemiddelde rendementsverbetering door afdekking van verticale koelvitines

Hierna volgt een tabel van rendementsverbeteringen door afdekking van verticale koelvitines die in rapporten over dit onderwerp worden genoemd.

Tabel 2: rendementsverbeteringen door afdekking van verticale koelvitines

Bureau, instituut of instelling	gerapporteerde rendementsverbetering [%]
Van Beek	55
TNO	55
Eurovent ¹⁶ ,	50
AGM, Zwitserland	86

55% is een conservatief gemiddelde van rendementen die genoemd worden.

¹⁶ Eurovent is an European association of air handling and refrigerating equipment. Performance testing is carried out by independent laboratories under contract with Eurovent.

Bijlage E Stookverliezen, koeling van de winkel

De toename van de stookkosten wordt berekend door gedurende het stookseizoen het koudeverlies van de meubelen gelijk te stellen aan warmteverlies. Hierdoor is bekend hoeveel warmte moet worden toegevoerd. Vervolgens wordt die hoeveelheid warmte omgerekend naar de hoeveelheid aardgas die nodig is om die warmte te leveren. De uitgangspunten hierbij zijn een verwarmingsinstallatie met een totaalrendement van 80% en gas van 25 ct. per m³.

Rekenvoorbeeld met de getallen uit Bijlage F:

Het verbruik 20 kWh per dag en per meter vermenigvuldigen met de besparing ofwel het koude verlies van 55%. Deze koude moet worden opgewarmd door de cv die een totaal rendement heeft van ongeveer 80%. De benodigde warmte die gelijk is aan het koudeverlies gedeeld door het rendement van de verwarmingsinstallatie geeft het aantal kWh per dag en per meter dat door de cv moet worden geleverd gedurende het stookseizoen waarvoor in dit geval een half jaar genomen is. Tien kWh is ongeveer gelijk aan een m³ aardgas waarvoor een prijs is bepaald van €0,25. In de formule is de factor 3 de COP van de koelmachine, die dus van elke kWh stroom 3 kWh koude maakt. Er is vanuit gegaan dat de bezetting van de winkel 0,36% van de week is en dat er 's nachts en in het weekend niet wordt gestookt. Er wordt dan echter wel gekoeld. Het is dus een vrij conservatieve benadering.

Besparing stookkosten: $20 \times 0,55 \times 3 \times 0,5 \times 0,36 / 0,8 / 10 \times 0,25$ is 18 cent per dag per meter.

Bijlage F Uitwerking van rekenvoorbeelden voor afdekking van verticale koelvitruines

De letters die in de volgende formule gebruikt worden staan in de eerste kolom van de tabellen. De D staat voor de gemiddelde marktprijs van de afdekdeuren. Voor de terugverdientijd T geldt

T =

Prijs dagafdekking / ((energiebesparing dagafdekking + bijkomende besparing) – extra kosten)

$$T = D / (((V \times C - N) \times F + E - G) \times 365)$$

De terugverdientijden zijn uitgerekend waarbij de linkse kolom in de tabel de meest gunstige en de rechtse de ongunstigste combinatie van kosten en opbrengsten weergeeft.

energie

	voor beschrijving cases: zie noten	case 1	case 2	case 3	zie noot
V	energiegebruik [kWh/m/d]	20 ¹⁷	17	14,3 ¹⁸	
C	besparing door afdekking	55%	55%	55%	¹⁹
N	minderbesparing nachtafdekking door rolschermen [kWh/m/d]	2,1	1,8	1,5	²⁰
E	besparing gas [€/m/d]	0,18	0,15	0,13	

energieprijzen

	energieprijs ²¹ [€/kWh]			
F	variatie energieprijis in diverse winkels	0,11	0,088	0,080

bijkomende kosten

G	extra onderhoud ²² [€/m/d]	0,08	0,08	0,08
---	---------------------------------------	------	------	------

zie volgende pagina voor het vervolg van de berekening

¹⁷ interpretatie van diverse getallen volgens Eurovent Certification Database

¹⁸ een specifiek geval van een groot winkelconcern met extra zuinige apparatuur

¹⁹ gemiddelde van praktijkmetingen en metingen door instituten

²⁰ resultaat praktijkmeting hoofdstuk 4 nachtafdekking

²¹ ECN-C--06-012

²² De schoonmaakuren zijn hierbij buiten beschouwing gelaten omdat daarover geen duidelijkheid bestaat. Ze kunnen positief en negatief uitvallen zie Bijlage A.

Het deel onder de deelstreep noemden we B:

$$B = ((V \times C - N) \times F + E - G) \times 365$$

De terugverdientijd is nu $T = D / B$

	Het totaal terug te verdienen bedrag per jaar B is:	case 1	case 2	case 3
B	elektriciteitsbeparing door afdekking inclusief minderbesparing door nachtafdekking, gasbesparing, verminderd met de extra vul-en onderhoudskosten [€]	379	257	193
T	terugverdientijd in jaren	2,0	2,9	3,8