

Referentienummer 91-284
Dossiernummer 112325-22166
Datum augustus 1991
NP

Auteur
Ir. S.M. van der Sluis

Met medewerking van
Ir. R.J.M. van Gerwen
H. Koffijberg

Trefwoorden

- ontdooisensor
- luchtkoelers
- rijpvorming
- ontdooien naar behoefte
- enquête
- praktijkervaringen
- energiebesparing

Bestemd voor
NOVEM B.V.
t.a.v. de Ir. W. van Zanten
Postbus 17
6130 AA Sittard

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor Onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

Samenvatting

Ontdooien naar behoefte is een mogelijkheid om energie te besparen op het ontdooien van luchtkoelers. Een ontdooisensor is de sensor van een systeem dat ontdooiing naar behoefte realiseert. Er zijn verschillende typen ontdooisensoren bekend in Nederland. De sensoren berusten op verschillende werkingsprincipes:

- infrarood rijpdiktemeting,
- drukverschil meting (δP),
- luchtsnelheidsmeting,
- temperatuurverschil meting (δT),

De in Nederland bekende typen ontdooisensoren worden beschreven.

Het doel van deze studie is, naast het geven van een overzicht van de bekende ontdooisensoren, het inventariseren van de praktijkervaringen met de toegepaste sensoren. Voor de toepassingsproblemen die naar voren komen, worden mogelijke oplossingen aangedragen.

Door middel van een enquête zijn de praktijkervaringen met ontdooisensoren in Nederland geïnventariseerd. Op basis van deze enquête kunnen kwalitatieve uitspraken worden gedaan over de ervaringen met ontdooisensoren. Hieruit blijkt dat men in slechts 30% van de toepassingen echt tevreden is met de ontdooisensoren. Veel sensoren zijn na enkele jaren van toepassing weer uit de installatie verwijderd.

Slechts in enkele gevallen is energiebesparing in de praktijk gemeten, in de overige gevallen is de optredende energiebesparing onbekend.

Een theoretische studie van TNO uit 1981 concludeert dat de maximale besparing ten gevolge van het toepassen van ontdooien naar behoefte voor koelmeubelen 460 kWh/jaar bedraagt, en voor vriesmeubelen 505 kWh/jaar.

Bij een terugverdientijd van drie jaar met een ontdooisensor met bijbehorende elektronica dan maximaal f 300,00 kosten.

In de studie "Besparingsopties koel- en vriesmeubelen" wordt het besparingspotentieel geschat op 36 kWh/dag, betrokken op alle vrieseilanden in de Nederlandse detailhandel.

Het verbruik van industriële koeling werd in 1987 geschat op circa 300.000 MWh/jaar. Bij een besparingspercentage van 3% bedraagt het potentieel hier 25 MWh/dag.

Het besparingspotentieel bij toepassing van ontdooisensoren bedraagt in Nederland circa 22 miljoen kWh per jaar. Dit potentieel geldt voor industriële en commerciële koeling, dus exclusief huishoudelijke koeling.

Op basis van de enquête, gecombineerd met een aantal interviews met deskundigen, worden de oorzaken aangewezen van de problemen die optreden bij de toepassing van ontdooisensoren. Dit zijn:

Ontdooisensoren in de praktijk

- lokatiekeuze voor plaatsing van de sensor op het lamellenblok,
- overgang van rijp naar ijs,
- beïnvloeding van de te meten grootte door de sensor (IR sensoren),
- vochtproblematiek (δP ontdooisensor),
- afregeling,
- vervuiling,
- relatie tot werkelijk gewenste ontdooitijdstip.

Voor deze problemen worden in een analyse mogelijke oplossingen aangedragen. Sommige van deze oplossingen zijn te realiseren met de huidige (verkrijgbare) sensoren. Andere oplossingen vergen aanpassing van de sensoren, echter zonder fundamentele aanpassing van het werkingsprincipe.

Tot slot worden enkele alternatieve sensorprincipes genoemd en enkele alternatieve methoden om energie te besparen op het ontdooien van luchtkoelers. In deze laatste categorie vallen ook mechanische methoden om rijp te verwijderen en methoden om rijpvorming te vertragen.

Uit het onderzoek blijkt, dat bij een aantal toepassingen de huidige sensoren goed functioneren. Dit aantal kan verder uitgebreid worden, wanneer enkele in het rapport genoemde aanbevelingen ter harte worden genomen.

Verder worden een aantal mogelijke verbeteringen genoemd van de huidige ontdooisensoren, die ingrijpen in het sensorontwerp, maar het meetprincipe handhaven.

Ook alternatieve sensorprincipes en alternatieve methoden om energie te besparen op het ontdooien worden genoemd; dezen verdienen volgens de onderzoekers nadere aandacht in de toekomst.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	5
2	Overzicht ontdooisensoren	7
2.1	Meting van de dikte van de rijplaat	7
2.1.1	CFDH ontdooisensor	8
2.1.2	ID-10 ijsdetector	9
2.1.3	IQ3 elektronische sensor	10
2.2	Meting van de doorlaatbaarheid van het koelerblok	12
2.2.1	HO ontdooischakelaar	13
2.2.2	EFS electronic frost sensor	14
2.3	Meting van temperatuurverschillen (δT)	16
2.3.1	TK(G) 250 en TK 1920 Combinatieregelaars	18
2.3.2	Kübatron QKL 2 regelsysteem	18
2.3.3	δT ontdooiregelsystemen van diverse installateurs	19
2.4	Prijsindicatie	19
3	Enquête praktijkervaringen	20
3.1	Opzet van de enquête	20
3.2	Resultaten van de enquête	21
3.3	Conclusies met betrekking tot de enquête	23
4	Interviews met deskundigen	25
4.1	De plaatsbepalingsproblematiek	25
4.2	Overige methode- en toepassingsafhankelijke problematiek	26
4.3	Energiebesparing en kwaliteitsverbetering	28
4.4	Visies op toekomstige ontwikkelingen	28
5	Analyse	30
5.1	Verbeterde toepassing van de bestaande ontdooisensoren	30
5.1.1	Infrarood rijdiktemeting	30
5.1.2	δP ontdooisensor	33
5.1.3	Luchtsnelheidssensor	36
5.1.4	δT ontdooisensoren (Temperatuurverschil meting)	37
5.2	Mogelijkheden voor toekomstige ontwikkeling van ontdooisensoren	39
5.3	Energiebesparing	40
5.4	Aanverwante methoden om de ontdooi-efficiëncy te verbeteren	43
6	Conclusies en aanbevelingen	45
7	Literatuur	47
8	Verantwoording	48
<i>Bijlagen</i>	<i>1 Vragenlijst Enquête</i>	
	<i>2 Besprekingsverslagen Interviews</i>	
	<i>3 Adressen van ontdooisensorleveranciers</i>	
	<i>4 Bedrijven die een bijdrage hebben geleverd aan het onderzoek</i>	

1 Inleiding

Bij alle koelsystemen, waarmee vochtige lucht wordt afgekoeld, wordt tegelijk met het onttrekken van warmte uit de lucht ook vocht uit de lucht onttrokken. De warmte wordt opgenomen door de luchtkoeler en afgevoerd door het koudemiddel. Het vocht wordt echter niet afgevoerd en slaat neer op de luchtkoeler, waarop zich een rijplaag vormt (indien de temperatuur lager dan 0 °C is).

Wanneer de koelinstallatie continu in bedrijf is, zal de rijplaag blijven groeien. De rijplaag heeft echter een nadelige invloed op de werking van de installatie, omdat deze laag het transport van warmte uit de lucht naar de luchtkoeler bemoeilijkt en ook de doorgang van lucht door de luchtkoeler hindert. Het is daarom van belang deze rijplaag te verwijderen, oftewel de luchtkoeler te ontdooien.

Het probleem dat zich nu voordoet is de bepaling van het juiste tijdstip om over te schakelen van koelen naar ontdooien. Veelvuldig ontdooien kost meer energie dan slechts enkelen malen ontdooien in dezelfde tijdsduur. Anderzijds neemt de efficiency van de koelinstallatie meer af, naarmate langer wordt gewacht met ontdooien.

De keuze van het ontdooitijdstip wordt veelal geregeld met een ontdooidklok, die na een vaste tijdsduur de ontdooiing inschakelt.

Het optimale ontdooitijdstip ligt echter niet vast en kan variëren al naar gelang de bedrijfscondities. Gebaseerd op deze constatering zijn er ontdooisensoren op de markt, die als doel hebben de ontdooiing slechts in te schakelen wanneer daaraan behoefte bestaat: ontdooien naar behoefte.

Van verschillende kanten zijn de laatste jaren technieken aangeboden voor het ‘ontdooien naar behoefte’, welke gebruik maken van een ‘ontdooisensor’ voor de meting van de mate van berijping van de koeler. Voorbeelden zijn:

- meting van de dikte van de rijplaag op een buis of lamel van de luchtkoeler (optisch of elektronisch),
- meting van de doorlaatbaarheid van het koelerblok (luchtzijdige drukval, debietmeting, luchtsnelheidsmeting),
- meting van temperatuurverschillen tussen in- en uittredende lucht of tussen (uittredende) lucht en verdamper.

Er zijn grote bedragen gemoeid geweest met de introductie van deze technieken bij zowel de leveranciers als de gebruikers. Desondanks bestaat bij velen de indruk dat deze technieken niet aan de verwachtingen voldoen. Daarmee is tevens het vertrouwen van de markt in de technieken voor het “ontdooien naar behoefte” sterk verminderd.

TNO heeft geconstateerd dat bij leveranciers en gebruikers vele verschillende opvattingen bestaan over de manco's en problemen van de gebruikte sensoren. Veelal hebben de ervaringen en standpunten betrekking op ongelijksoortige toepassingen en sensoren. Gezien het belang van het “ontdooien naar behoefte” heeft TNO van NOVEM de opdracht gekregen om de ervaringen met ontdooisensoren te inventariseren. Het doel van deze studie is om ervaringen te verzamelen, te bestuderen en te beoordelen, teneinde inzicht te krijgen in:

Ontdooisensoren in de praktijk

- de omvang en aard van de gerealiseerde toepassingen in Nederland (typen, aantallen en toepassingen),
- de ervaringen met de verschillende typen sensoren, afhankelijk van het soort toepassing,
- de redenen van succes of mislukking,
- de mogelijkheden om bestaande sensoren met meer succes toe te passen.

Deze studie heeft niet de pretentie om een oplossing te geven voor het ‘ontdoeien naar behoefte’: Het is wel de bedoeling om lering te trekken uit de opgedane ervaringen, in de hoop dat de koeltechniek als geheel daar haar voordeel mee kan doen.

TNO wordt in deze studie ondersteund door een aantal koeltechnische bedrijven. Deze bedrijven geven zowel financiële als inhoudelijke ondersteuning. De partners in de studie vormen een goede doorsnede van de koeltechniek, omdat zowel componentenleveranciers, installateurs en meubelbouwers als gebruikers aan de studie deelnemen.

Als tegenprestatie voor de geboden ondersteuning ontvangen de deelnemende bedrijven een exemplaar van het eindrapport. Via een publikatie in de vakbladen worden de meer algemene resultaten van het onderzoek ook aan overige belangstellenden kenbaar gemaakt.

Bij deze willen de onderzoekers gebruik maken van de gelegenheid om de bedrijven te bedanken voor hun medewerking aan het onderzoek.

2 Overzicht ontdooisensoren

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de in Nederland gebruikte en verkrijgbare ontdooisensoren. De ontdooisensor bestaat strikt genomen alleen uit ‘de opnemer van een systeem voor ontdooiing naar behoefte’.

In de praktijk kunnen de meeste ontdooisensoren alleen worden toegepast met een bijbehorend elektronisch regelsysteem. Het komt daarom ook veelvuldig voor dat gesproken wordt over een ontdooisensor wanneer in feite de sensor met het daarbij behorende regelsysteem bedoeld wordt.

Kenmerkend voor de ontdooisensor met regelsysteem, is dat de aanvang van de ontdooiing hiermee wordt aangegeven zodat er werkelijk sprake is van ontdooien naar behoefte. De duur van de ontdooiperiode kan naar keuze een vaste waarde hebben (klok) of worden bepaald naar behoefte met behulp van een ontdooibeëindigingsthermostaat.

Ontdooisystemen waarbij de aanvang van de ontdooiing wordt bepaald door een klok vallen buiten het kader van deze studie, ook wanneer de beëindiging wordt geregeld door middel van een ontdooibeëindigingsthermostaat. Wel kan worden opgemerkt dat bij systemen met een ontdooibeëindigingsthermostaat in het algemeen goede resultaten zijn bereikt en energiebesparing is te realiseren.

Achtereenvolgens zullen nu de in Nederland gebruikte en verkrijgbare ontdooisensoren worden besproken, op basis van de indeling die eerder ter sprake is gekomen in de inleiding:

- meting van de dikte van de rijplaag op een buis of lamel van de luchtkoeler,
- meting van de doorlaatbaarheid van het koelerblok,
- meting van temperatuurverschillen.

2.1 Meting van de dikte van de rijplaag

Meting van de dikte van de rijplaag die zich gevormd heeft op een lamel of op een verdamperpijp vindt (in het algemeen) plaats met behulp van een infrarode lichtstraal. De infrarode lichtstraal wordt uitgezonden door een zender (LED) en opgevangen door een ontvanger.

Wanneer zender en ontvanger tegenover elkaar gemonteerd zijn, werkt de sensor met het onderbrekingsprincipe: wanneer zich rijp vormt tussen zender en ontvanger, zal de lichtstraal onderbroken worden omdat de rijp ondoorzichtig is (in tegenstelling tot ijs, dat doorzichtig is). Het elektronisch regelsysteem constateert de onderbreking of verminderde intensiteit van de lichtstraal en schakelt aan de hand hiervan de ontdooiing in.

Wanneer zender en ontvanger naast elkaar gemonteerd zijn, werkt de sensor met het reflectieprincipe. De uitgezonden lichtstraal wordt gereflecteerd door een zwart oppervlak en opgevangen door de ontvanger. Wanneer het zwarte oppervlak onberijpt is, is de reflectie klein en de lichtintensiteit bij de ontvanger laag.

Bij rijpvorming wordt de reflectie beter en de lichtintensiteit bij de ontvanger hoger.

De opgevangen lichtintensiteit is ongeveer evenredig met de dikte van de rijplaag. Het elektronisch regelsysteem schakelt de ontdooiing in wanneer de opgevangen lichtintensiteit een bepaald waarde bereikt.

Van dit type ontdooisensor (rijplaagdikte meting) zijn drie uitvoeringsvormen verkrijgbaar in Nederland:

- CDFH sensor van ALCO controls division, Emerson Electric CO (Frigo Import).
- ID-10 ijsdetector van Contronics Holland B.V.
- IQ 3 sensor van VDH Products B.V.

Deze 3 typen worden hieronder beschreven.

2.1.1 CFDH ontdooisensor

De CFDH ontdooisensor is een optische sensor die werkt met het onderbrekingsprincipe. De U-vormige sensor (figuur 1) wordt om een verdamperpijp geklemd met een klemveer, onderbreking van de lichtstraal, die over het oppervlak van de pijp scheert, vindt plaats door de rijp die wordt gevormd op de verdamperpijp. Gezien de breedte van de sensor (minimaal 14 mm.), zal de sensor in de meeste gevallen niet tussen de lamellen op een verdamperpijp geklemd kunnen worden, maar wordt de sensor bevestigd buiten het lamellenblok.

De sensor is leverbaar voor 3 verschillende pijpdiameters, variërend van 3/8 tot 3/4 inch. Met een stelschroef kan de rijpdikte worden ingesteld waarbij de lichtstraal onderbroken wordt (instelbaar van 1/64 tot 3/8 inch).

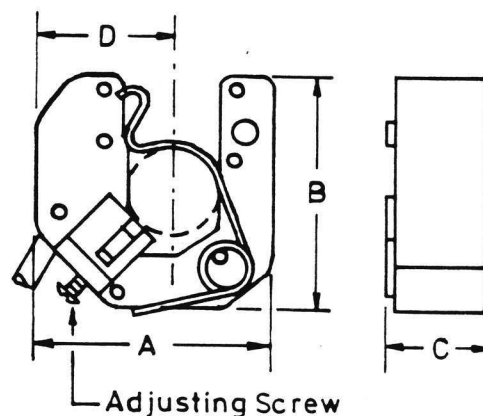
Volgens opgave van de fabrikant is de sensor ongevoelig voor omgevingslicht en wordt de werking niet beïnvloed door normale vervuiling.

Bij de CFDH ontdooisensor behoort een elektronisch regelsysteem type DCU, ondergebracht in een metalen behuizing. De combinatie van sensor en regelsysteem wordt aangeduid als CDDC, 'Commercial Demand Defrost Control'.

Het CDDC systeem bepaalt de aanvang van de ontdooicyclus en niet de beëindiging van de ontdooicyclus. Als accessoire kan een ontdooischakelaar worden geleverd, waarmee het mogelijk is handmatig de ontdooicyclus te starten. Ook een klok voor bepaling van de duur van de ontdooiperiode kan worden bijgeleverd.

Sensor -CFDH

Model	Tube O.D	Nominal Dimensions (In)			
		A	B	C	D
CFDH-4	3/8"-1/2"	1 1/4	1 1/4	9/16	5/8
CFDH-5	1/2"-5/8"	1 23/32	1 23/32	13/16	1
CFDH-6	3/4"	1 13/16	1 15/16	13/16	1 1/16



Figuur 1 CFDH ontdooisensor

2.1.2 ID-10 ijsdetector

De ID-10 ijsdetector is een optische sensor die evenals de hiervoor behandelde sensor werkt met het onderbrekingsprincipe. De ID-10 sensor, afgebeeld in figuur 2, wordt op een lamel van de verdamper geschroefd. De lichtstraal wordt niet continu uitgezonden, maar slechts één minuut per uur. De onderbreking van de infrarode lichtstraal vindt plaats door de rijp die zich vormt op een stelschroef. Met behulp van deze stelschroef kan de toelaatbare rijpdikte worden ingesteld, waarbij de lichtstraal onderbroken wordt.

De basisinstelling van de stelschroef, van toepassing bij een bepaalde minimale lamelafstand, wordt door de fabrikant verricht. In de documentatie is informatie opgenomen over de instelling van de stelschroef bij afwijkende lamelafstanden.

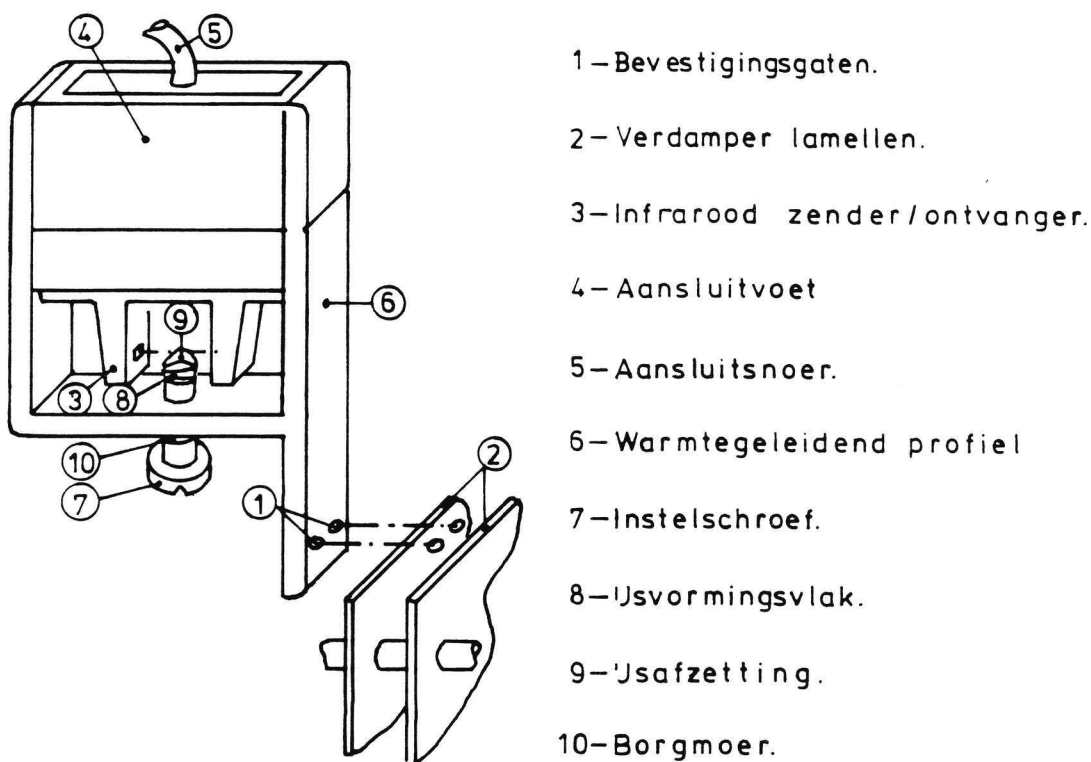
De afmetingen van de sensor bedragen 55 x 36 x 20 mm. De werking wordt niet beïnvloed door omgevingslicht.

Bij de ID-10 ijsdetector kunnen verschillende elektronische regelsystemen worden toegepast (KT-31, KT-33 en KTD-55).

Het regelsysteem KT-31 is het meest eenvoudige systeem. Het bepaalt de aanvang van de ontdooicyclus naar aanleiding van de informatie afkomstig van de ijsdetector. De duur van de ontdooicyclus wordt bepaald door een interne klok en is instelbaar tussen 8 en 40 minuten. Er is een beveiliging opgenomen, zodat ook wanneer de bedrading naar de ijsdetector defect zou raken, toch ontdooid wordt.

Het regelsysteem KT-33 is qua werking identiek aan het KT-31 systeem, maar beschikt daarnaast over een regelthermostaat en is derhalve uitgerust met een temperatuursensor.

Ontdooisensoren in de praktijk



Figuur 2 ID-10 ijsdetector

Het regelsysteem KTD-55 is het meest uitgebreide regelsysteem, waarbij zowel de aanvang van de ontdooicyclus als ook de duur van de ontdooicyclus naar behoefte wordt geregeld. De start van de ontdooicyclus wordt bepaald door de ijsdetector ID-10, het beëindigen van de ontdooicyclus geschiedt met een thermostaat die instelbaar is tussen +2 en +10 °C. Ook is er een mogelijkheid aangebracht voor handmatige start van de ontdooicyclus.

Met behulp van het MID-30 elektronische schakelsysteem kunnen meerdere ijsdetectoren op één ontdooiregelaar worden aangesloten.

2.1.3 IQ3 elektronische sensor

De ID3 elektronische sensor is een optische sensor die in tegenstelling tot de hiervoor behandelde sensoren werkt met het reflectieprincipe. De reflectie van de infrarode lichtstraal vindt plaats door de rijp die zich vormt op een onderdeel van de sensor. De gewenste rijpdikte waarbij de ontdooicyclus wordt gestart, kan worden ingesteld op de bijbehorende elektronische regelaar. De sensor zelf is dus niet voorzien van een instelschroef.

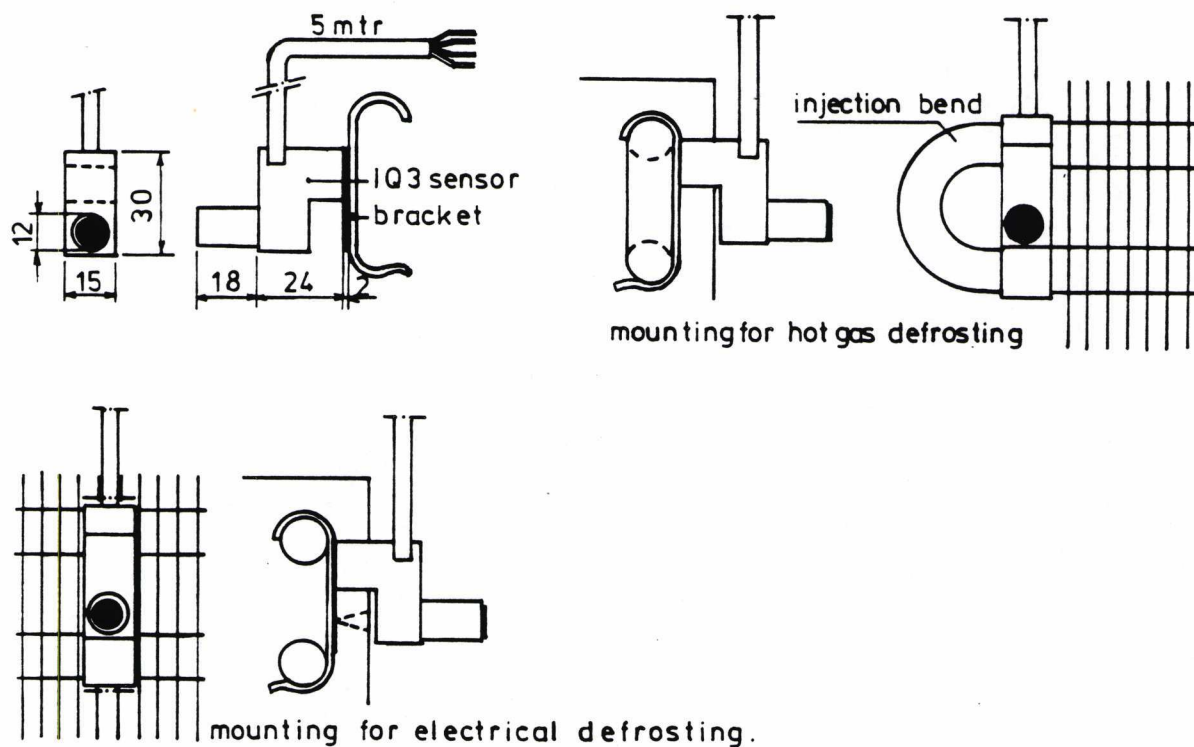
Deze sensor is afgebeeld in figuur 3.

Ontdooisensoren in de praktijk

De afmetingen van de sensor liggen vast, maar de bevestigingsklem kan op maat worden gekozen voor toepassing bij een bepaald merk en type verdamper.

De sensor is gecompenseerd voor externe lichtbronnen met een frequentie tot 200 Hz (normale lichtbronnen werken met een frequentie van 50 Hz).

Bij de elektronische sensor IQ3 kunnen verschillende regelsystemen worden toegepast (IQ 155, IQ 160, Ecostaat E 30 en Ecostaat E 40).



Figuur 3 Elektronische sensor IQ3.

De elektronische regelaar IQ 160 is een rijpdiktemeter waarmee de ontdooicyclus kan worden gestart bij een in te stellen rijpdikte. Deze rijpdikte kan worden ingesteld met behulp van een instelknop op de regelaar (bereik 0 - 4 mm). De duur van de ontdooicyclus kan worden ingesteld tussen 0 en 60 minuten.

Op de regelaar is een spanningsuitgang aanwezig, waaraan een recorder kan worden aangesloten voor registratie van de rijpdikte. De rijpdikte (in mm) kan op het display worden afgelezen.

Het Ecostaat E 30 regelsysteem is speciaal bedoeld als compleet regelsysteem voor commerciële koel- en vriesmeubelen waarbij nachtafdekking wordt toegepast. Met betrekking tot de ontdooiregeling is het systeem vergelijkbaar met de IQ 160.

Het Ecostaat E 40 regelsysteem is een uitgebreidere versie van de E 30, waarin ook een ontdooibeëindigingsthermostaat is opgenomen. Als extra beveiliging wordt de ontdooiing door een minimum en maximum tijdslimiet bewaakt. Er kunnen twee IQ3 rijpdikte sensoren worden aangesloten.

2.2 Meting van de doorlaatbaarheid van het koelerblok

Een lamellenblok (luchtkoeler) heeft in onberijpte toestand een bepaalde doorlaatbaarheid voor de doorstromende circulatielucht, die afhankelijk is van de geometrie. Wanneer zich ijs of rijp op het lamellenblok vormt, neemt de doorlaatbaarheid af (c.q. de luchtweerstand neemt toe).

De luchtcirculatieventilator zal in herent aan met een constant toerental blijven draaien, maar door de verhoogde luchtweerstand van het lamellenblok zal het luchtdebiet afnemen en het drukverschil over het blok (δP) toenemen.

De mate van verandering van δP en het debiet kunnen worden afgeleid uit de ventilator karakteristiek. Hieruit kan ook de optredende verandering van het opgenomen ventilatorvermogen worden afgelezen.

Wanneer temperatuur-effecten buiten beschouwing worden gelaten, kunnen we stellen dat de volgende effecten optreden wanneer de doorlaatbaarheid van het lamellenblok vermindert door rijpvorming:

- het luchtdebiet neemt af,
- de luchtsnelheid neemt af,
- het drukverschil over het lamellenblok (δP) neemt toe,
- het opgenomen ventilatorvermogen verandert.

Ontdooisensoren die reageren op de doorlaatbaarheid van het lamellenblok, maken gebruik van meting van de luchtsnelheid of het drukverschil δP .

Voor zover bekend, zijn er geen ontdooisensoren die gebruik maken van meting van het opgenomen ventilatorvermogen (in combinatie met de gemeten ventilator karakteristiek).

Een in Nederland verkrijgbare en gebruikte sensor die reageert op het drukverschil over het lamellenblok is:

- HO ontdooischakelaar van Helpman.

Dit type sensor wordt vooral gebruikt in de koeltransport sector.

In Nederland wordt voor zover bekend nog geen gebruik gemaakt van ontdooisensoren, die berusten op het meten van de luchtsnelheid. Een dergelijke sensor is echter sinds kort wel leverbaar (Frigo Import).

- EFS 'electronic frost sensor' van de Parker Hannifin Corporation, RSD.
Deze twee typen worden in § 2.2.1 en § 2.2.2 beschreven

2.2.1 HO ontdooischakelaar

De HO ontdooischakelaar is een drukverschilsensor die het optredende drukverschil over het lamellenblok meet. De sensor zelf wordt in de vriesruimte gemonteerd (afmetingen 10 cm f en 10 cm hoogte). Er bevinden zich twee aansluitingen op de sensor ten behoeve van de drukverschilmeting. Eén aansluiting wordt opengelaten - en meet dus de druk in de koel- of vriesruimte. Op de andere aansluiting wordt een slangetje gemonteerd (f 6mm), waarvan het uiteinde in de ruimte tussen ventilator en lamellenblok wordt geplaatst en daar de druk opneemt. De HO ontdooischakelaar is afgebeeld in figuur 4.

Bij blazende ventilatoren is de druk in de ruimte tussen ventilator en lamellenblok hoger dan de druk in de vriesruimte en neemt toe naarmate de berijping toeneemt.

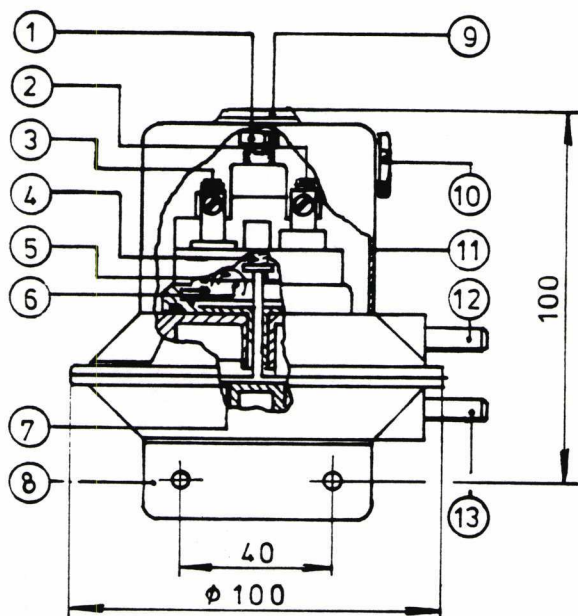
Bij zuigende ventilatoren is de druk in de ruimte tussen ventilator en lamellenblok juist lager dan de druk in de vriesruimte en neemt nog verder af naarmate het lamellenblok verder berijpt.

Door plaatsing van het drukopneemslangetje op de 'hoge' druk aansluiting bij blazende ventilatoren en op de 'lage' druk aansluiting bij zuigende ventilatoren, wordt in beide gevallen een positief drukverschil gemeten dat toeneemt naarmate de berijping van de verdamper toeneemt.

In beide gevallen neemt het drukverschil toe met de berijping en kan dus de ontdooiing worden ingeschakeld bij een bepaald optredend drukverschil. Dit drukverschil waarbij de sensor schakelt, is instelbaar tussen 30 en 200 Pa

(overeenkomend met de druk van een waterkolom van 3 tot 20 mm hoogte).
De minimum toepassingstemperatuur bedraagt -40 °C.

Ontdooisensoren in de praktijk



1. Instelschroef.
2. Aansluitklemmen P.
3. Aansluitklemmen 1 + 2.
4. Drukveer.
5. Omschakelkontakt.
6. Veerelement.
7. Membraan.
8. Bevestigingsbeugel.
9. Afdekkap van instelschroef.
10. Kabeldoorvoerwartel PG 11.
11. Afdekkap.
12. Aansluiting voor drukverschilmeting, bij zgn zuigende ventilator.
13. Aansluiting voor drukverschilmeting, bij zgn. blazende ventilator.

Figuur 4 HO ontdooischakelaar

In de HO ontdooischakelaar is een elektrisch schakelcontact (250 V, 1A) ingebouwd, waarmee de ontdooiing kan worden ingeschakeld (vandaar ook de naam ontdooischakelaar). Hierdoor is een extern regelsysteem niet noodzakelijk.

De HO ontdooischakelaar bepaalt dus alleen de aanvang van de ontdooicyclus. Voor het beëindigen van de ontdooiperiode is een extern tijdrelais of een externe beëindigingstermostaat benodigd. Er is geen ingebouwde beveiliging, die de ontdooicyclus (na een bepaalde tijd) start wanneer de ontdooischakelaar niet naar behoren functioneert.

2.2.2 EFS electronic frost sensor

De EFS electronic frost sensor is een elektronisch systeem, dat op basis van de waargenomen luchtsnelheid door het lamellenblok de ontdooicyclus start. De echte 'ontdooisensor' is in dit geval in principe alleen de luchtsnelheid opnemer (Airflow Sensor, part no. 203364). In dit geval kunnen de sensor en het elektronisch regelsysteem echter niet los van elkaar worden gezien.

Ontdooisensoren in de praktijk

Bij zuigende ventilatoren wordt de airflow sensor op ca. 25 cm afstand, centraal vóór de luchtintredezijde van het lamellenblok geplaatst.

Bij blazende ventilatoren wordt de sensor aan de luchtuittredezijde geplaatst.

De electronic frost sensor vergelijkt de (gemeten) waarde van de luchtsnelheid door het onberijpte lamellenblok met de gemeten waarde van de werkelijk optredende luchtsnelheid.

Wanneer de gemeten luchtsnelheid een bepaald percentage van de luchtsnelheid door de onberijpte koeler onderschrijdt, wordt een signaal gegeven dat de ontdooicyclus start. Dit percentage is instelbaar tussen 50% en 100%.

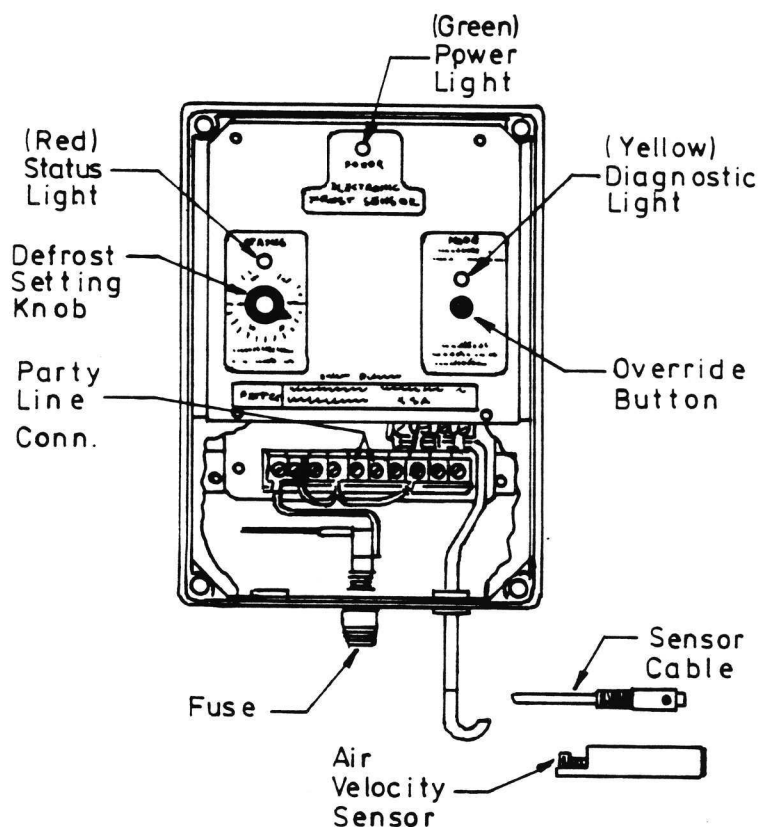
Een plotselinge daling van de luchtsnelheid, veroorzaakt door het uitschakelen van de ventilator, wordt door de electronic frost sensor als zodanig herkend en zal niet resulteren in een (onnodige) ontdooicyclus. Ook kleine variaties in de luchtsnelheid, die altijd optreden, worden 'uitgemiddeld'.

Voor een geleidelijke toe- of afname van de luchtsnelheid door de onberijpte koeler (vervuiling e.d.), wordt automatisch gecompenseerd.

De electronic frost sensor kan niet worden gebruikt in combinatie met ventilatoren met een variabel toerental. De minimum temperatuur voor toepassing bedraagt -40 °C. De optredende luchtsnelheden moeten liggen in het bereik tussen 1.70 m/s en 5.00 m/s. Vooral in verband met de minimum luchtsnelheid, is toepassing bij commerciële koel- en vriesmeubelen niet mogelijk (optredende snelheden in de orde van 0.5 m/s).

De duur van de ontdooicyclus wordt niet geregeld door de EFS. Daartoe moet een externe timer worden toegepast, met een maximum ontdooiduur van 3 uur.

Meerder electronic frost sensors kunnen in een netwerk worden opgenomen, waarmee het mogelijk is nooit meer dan één koeler tegelijk te ontdooien. Dit is vooral van belang bij toepassing van heetgasontdooiing.



Figuur 5 EFS electronic frost sensor

2.3 Meting van temperatuurverschillen (δT)

Bij een onberijpte verdamper stroomt warmte vanuit de circulatielucht door de verdamper naar het koudemiddel, dat door de buizen van de verdamper circuleert. De hoeveelheid warmte (Q , gegeven in kW) die wordt overgedragen is afhankelijk van:

- het temperatuurverschil ($T_1 - T_k$ in $^{\circ}\text{C}$) tussen lucht (T_1) en koudemiddel (T_k)
- het oppervlak van de verdamper (A in m^2)
- de warmtedoorgangscoefficiënt k (in $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$) van de verdamper

$$Q = k \times A \times (T_1 - T_k).$$

Wanneer de verdamper berijpt, neemt de warmtedoorgangscoefficiënt k af. Dit betekent, dat bij gelijkblijvende hoeveelheid afgevoerde warmte Q , het temperatuurverschil tussen koudemiddel en lucht toeneemt.

Ontdooisensoren in de praktijk

Wanneer de hoeveelheid afgevoerde warmte Q afneemt, hetgeen in de praktijk het geval is, neemt het temperatuurverschil tussen koudemiddel en lucht minder snel toe dan wanneer Q constant blijft.

De overgedragen hoeveelheid warmte Q is afkomstig uit de langstromende lucht. Door het afdragen van warmte zal de temperatuur van de lucht afnemen bij het passeren van het verdamperoppervlak. Deze temperatuurafname ($T_{in} - T_{uit}$) volgt uit de formule:

$$Q = C_p \times F \times (T_{in} - T_{uit})$$

met:

Q = hoeveelheid afgestane warmte (kW)

C_p = soortelijke warmte van lucht (kJ/kg.K)

F = luchtdebiet (kg/s).

Bij een berijpte luchtkoeler is het luchtdebiet lager dan bij dezelfde luchtkoeler in onberijpte toestand, omdat de luchtsnelheid lager is (zie vorige paragraaf). Wanneer nu de hoeveelheid afgevoerde warmte Q gelijk blijft, betekent dit dat het temperatuurverschil ($T_{in} - T_{uit}$) toeneemt wanneer de koeler berijpt. In de praktijk zal Q afnemen en het temperatuurverschil minder snel toenemen dan bij gelijkblijvende hoeveelheid afgevoerde warmte.

Samenvattend kunnen we dus stellen dat ten opzichte van een onberijpte luchtkoeler voor dezelfde luchtkoeler bij rijpvorming de genoemde temperatuurverschillen ($T_1 - T_k$) en ($T_{in} - T_{uit}$) toenemen.

Op basis van deze constatering kan ontdooiing naar behoefte worden toegepast, waarbij de ontdooisensor het temperatuurverschil ($T_1 - T_k$) of ($T_{in} - T_{uit}$) meet.

Een afgeleide methode is de meting van het temperatuurverschil tussen koudemiddel en de lamellen van de luchtkoeler.

De eigenlijke “ontdooisensor” bestaat dan uit twee temperatuursensoren. Vanzelfsprekend moet bij deze ontdooisensor een elektronisch regelsysteem worden toegepast, dat als minimaal kenmerk heeft dat de ontdooicyclus wordt gestart naar aanleiding van het gemeten temperatuurverschil. Dergelijke ontdooisensor/regelsysteem combinaties zijn als pakket verkrijgbaar:

- TK(G) 250 en TK 1920 Combinatieregelaars van ELREHA (Frigo Import)
- Kübatron QKL 2 regelsysteem van Küba Kältetechnik (Frigo Import).

Het is daarnaast ook zeer goed mogelijk - en in de praktijk voorkomend - dat een installateur op basis van twee temperatuursensoren zelf een regelsysteem ontwerpt, veelal met toepassing van (micro)computers.

Voorbeelden zijn de ontdooisensoren van Van Kempen en Priva.

2.3.1 TK(G) 250 en TK 1920 Combinatieregelaars

De drie regelaars TK 250, TKG 250 en TK 1920 betreffen hetzelfde elektronische regelsysteem, voorzien van een verschillende behuizing. Op dit regelsysteem worden drie temperatuurvoelers aangesloten (type TF 101 of TF 102) waarvan er twee dienen als ontdooisensor.

Bij koelmeubelen wordt het temperatuurverschil tussen verdamper (op een plaats buiten de luchtstroom) en de uittreddende lucht gemeten. Omdat de gemeten verdampertemperatuur de koudemiddeltemperatuur benadert, wordt hier in feite een combinatie gemeten van $(T_l - T_k)$ en $(T_{in} - T_{uit})$.

Bij koel- en vriescellen wordt het temperatuurverschil tussen in- en uittreddende lucht gemeten $(T_{in} - T_{uit})$.

In beide gevallen wordt bij overschrijding van een in te stellen temperatuurverschil ($0\text{ }^\circ\text{C} - 15\text{ }^\circ\text{C}$) de ontdooicyclus gestart.

De combinatieregelaar kan meerder taken verrichten dan alleen het ontdooien naar behoefte. Ingebouwd is een regelthermostaat voor de sturing van de koelbehoefte (met een aparte temperatuurvoeler). Wanneer de gemeten luchttemperatuur meer dan $8\text{ }^\circ\text{C}$ afwijkt van de gewenste luchttemperatuur, wordt een waarschuwingssignaal gegeven. Ook is voorzien in regeling van de ventilatorna-loop.

Interessant uit het oogpunt van ontdooien naar behoefte is de ingebouwde ontdooibeeindigingsthermostaat, die werkt met één van de temperatuuroptnemers van de ontdooisensor.

Daarnaast wordt de ontdooitijd bewaakt, bij overschrijding van 60 minuten ontdooiduur wordt de ontdooiing automatisch uitgeschakeld. Ook is een interne klok aanwezig, die ervoor zorgt dat twee ontdooicycli niet korter dan 6 uur op elkaar volgen.

2.3.2 Kübatron QKL 2 regelsysteem

Het Kübatron QKL 2 regelsysteem is een complete computergestuurde koel- of vriesregeling, die speciaal dient voor toepassing bij Küba verdampers.

Het QKL 2 regelsysteem is voorzien van een systeem voor ontdooiing naar behoefte, met als 'ontdooisensor' twee PT 1000 temperatuursensoren. Met behulp van deze temperatuursensoren wordt het verschil tussen verdampertemperatuur en luchttemperatuur $(T_l - T_k)$ gemeten. Markant detail is hier, dat de Küba verdampers zijn uitgevoerd met een buis, waarin de temperatuursensor kan worden geschoven (dit is overigens geen zogenaamde 'dompelbuis').

De ontdooisensor schakelt de elektrische ontdooiing in bij een vastgesteld maximum temperatuurverschil $(T_l - T_k)$.

Het regelsysteem bezit een ontdooibeëindigingsthermostaat, welke de ontdooiing beëindigt bij een verdampertemperatuur van 10 °C.

Storingen worden automatisch gesignaleerd en aangeduid.

2.3.3 δT ontdooiregelsystemen van diverse installateurs

Naar aanleiding van de uitgevoerde schriftelijke enquête (zie hoofdstuk 3) zijn een aantal ontdooisensoren gesignaleerd, berustend op het δT principe, die exclusief door verschillende installateurs worden gebruikt.

- a. Van Kempen koudetechniek B.V.
 Voor vriestoepassingen wordt een computergestuurde regeling toegepast. De bepaling van de ontdooibehoefte geschiedt op basis van het temperatuurverschil tussen in- en uitgaande lucht bij de verdamper.
 Voor groente- en fruitkoeling wordt een ander computergestuurd systeem toegepast, dat in zekere zin ontdooiing naar behoefte verzorgt.
 Er wordt gebruik gemaakt van een temperatuursensor, waarmee de cumulatieve tijdsduur wordt bepaald waarin de verdamper beneden het vriespunt werkt. Bij een bepaalde verstreken tijd wordt de ontdooiing ingeschakeld.
- b. Priva ontdooisensor type 'Landbouw'.
 De Priva ontdooisensor type 'Landbouw' is in feite een temperatuursensor die wordt geplaatst tussen de lamellen van de luchtkoeler. Door vergelijking met de verdampingstemperatuur kan worden vastgesteld (handmatig of met een PC) wanneer ontdooid moet worden.

2.4 Prijsindicatie

In de tabel 1 wordt een prijsindicatie gegeven van de in Nederland commercieel verkrijgbare ontdooisensoren, inclusief de prijs van een bijbehorend elektronisch regelsysteem. Bij de ontdooisensoren EFS (luchtsnelheid) en TK(G) 250/1920 (temperatuurverschil) zijn de sensor en het regelsysteem geïntegreerd. De HO ontdooisensor (drukverschil) wordt zonder elektronisch regelsysteem toegepast.

Tabel 1 Prijsindicatie ontdooisensor + regelsysteem

Ontdooisensor	Regelsysteem	Leverancier	Prijsindicatie
ALCO CFDH	CDDC	Frigo Import	niet meer leverbaar
ID-10	KT-33	Contronics	f 286,-
IQ 3	IQ 160	VDH Products	f 420,-
HO	-	Helpman	f 310,-
EFS	EFS	Frigo Import	f 3500,- (ca.)
Elreha TKG 250	TKG 250	Frigo Import	f 699,-

3 Enquête praktijkervaringen

In het kader van dit onderzoek is een enquête gehouden betreffende de ervaringen met ontdooisensoren. Het doel van de enquête is om inzicht te krijgen in:

- de omvang en aard van de gerealiseerde toepassingen in Nederland,
- de ervaringen met de verschillende typen sensoren, afhankelijk van het soort toepassing,
- in de praktijk geconstateerde energiebesparing,
- de redenen van succes of mislukking,
- de mogelijkheden om de bestaande sensoren met meer succes toe te passen.

De enquête is gehouden onder installateurs, adviseurs en gebruikers. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de enquête uitgewerkt en worden conclusies getrokken.

3.1 Opzet van de enquête

Om de ervaringen met ontdooisensoren te verzamelen, is gebruik gemaakt van een enquête-formulier. Dit formulier is toegestuurd aan installateurs, adviseurs, meubelbouwers en gebruikers. Met deze doelgroepen is een goede doorsnede van de koeltechnische branche gerealiseerd. De installateurs kunnen aangeven op welk soort installatie de sensoren zijn toegepast en op welke manier er wordt ontdooid. De adviseurs beschikken over informatie, verkregen van de leveranciers, installateurs en gebruikers. De meubelbouwers vormen een specifieke groep in het vak koeltechniek en hebben veelal een groot afzetgebied. De gebruikers hebben inzicht in de dagelijkse praktijkervaringen. Op het enquêteformulier zijn vragen gesteld betreffende:

- het merk, soort en aantal geplaatste sensoren,
- het toepassingsgebied, wijze van ontdooien, hoe lang en of de sensoren nog in gebruik zijn,
- het functioneren van de sensoren, problemen en oorzaken daarvan,
- energiebesparingseffecten en invloed op produktkwaliteit,
- ruimte voor eventuele suggesties.

De complete vragenlijst is opgenomen als bijlage 1.

Tijdens de uitwerking van de ingevulde formulieren, is gebleken dat het begrip 'ontdooisensor' niet door alle deelnemers éénduidig is gehanteerd.

In de hier gehanteerde definitie (hoofdstuk 2) is de minimale eis die we stellen aan een ontdooisensor met bijbehorend regelsysteem, dat ontdooiing naar behoefte wordt gerealiseerd, dus met een door de ontdooisensor bepaald aanvangstijdstip van de ontdooicyclus.

Deze definitie is niet vermeld op het enquêteformulier, met als gevolg dat door enkele respondenten ook ontdooibeëindigingssystemen zijn vermeld als ontdooisensor.

Door de uitgebreide vraagstelling (en dito beantwoording) was het mogelijk om de ontdooibeëindigingssystemen van de echte ontdooisensoren te scheiden.

Ontdooisensoren in de praktijk

In een voorgaande notitie betreffende de resultaten van de enquête (maart 1991, nr. 91-04163/112325-22166-020), die is toegestuurd aan de deelnemers aan de enquête was deze scheiding nog niet uitgevoerd, zodat de hier gepresenteerde resultaten enigszins afwijken vanwege het weglaten van ontdooibeëindigingssystemen.

3.2 Resultaten van de enquête

In totaal zijn er 59 enquêteformulieren opgestuurd, waarvan er 30 zijn teruggestuurd. De 30 formulieren zijn afkomstig van 20 installateurs, 7 meubelbouwers, 2 adviseurs en 1 gebruiker.

Uit de teruggestuurde formulieren zijn de volgende kwantitatieve resultaten naar voren gekomen:

- Van de 30 bedrijven die hebben gereageerd, zijn er 20 bedrijven die ervaringen hebben met ontdooisensoren. Bij het toepassen van sensoren zijn de onderstaande merken, uitvoeringsvormen en aantallen genoteerd:

Merk	Uitvoering	Aantal
Contronics	Rijpdiktemeting (IR)	ca. 1600
V.D.H.	Rijpdiktemeting (IR)	ca. 135
Helpman	δP	2
onbekend	δP	10
van Kempen	δT	diverse
Priva	δT	diverse

Het totale aantal komt hiermee op ca. 1800 stuks.

- Van de toegepaste sensoren is een aantal na verloop van tijd weggehaald en een resterend deel is blijven zitten, waarvan een deel nog in functie is en een ander deel is uitgeschakeld (overbrugd e.d.). Het overzicht van de huidige situatie - bij de respondenten - is als volgt:

Merk	verwijderd	uitgeschakeld	in functie	onbekend
Contronics	20	ca. 800	ca. 400	ca. 380
V.D.H.	15	40	ca. 80	
Helpman	2			
Onbekend δP				10
van Kempen		diverse		
Priva		diverse		

Ontdooisensoren in de praktijk

- De ervaringen met ontdooisensoren, naar het oordeel van de respondenten, zijn als volgt:

Merk	Uitvoering	Goed	Matig	Slecht
Contronics	Rijpdikte	500	800	300
V.D.H.	Rijpdikte	30	50	55
Helpman	δP	2		
Onbekend δP	δP	10		
v. Kempen	δT	diverse		
Priva	δT	diverse		

In deze resultaten zijn niet de gegevens verwerkt van een aantal grote bedrijven, die apart zijn benaderd door middel van interview (hoofdstuk 4). Aangezien juist deze bedrijven soms grote aantallen ontdooisensoren hebben toegepast, is de geldigheid van bovenstaande gegevens kwantitatief gezien beperkt.

Zo werd uit de interviews met de ontdooisensor fabrikanten duidelijk, dat het totaal aantal in Nederland toegepaste ontdooisensoren circa 4200 bedraagt. Uit de enquête zijn hiervan slechts 1800 tevoorschijn gekomen.

Hoewel kwantitatief dus slechts 40% van de toegepaste ontdooisensoren via de enquête is achterhaald, is de kwalitatieve uitkomst van de enquête op zichzelf interessant, en waarschijnlijk een goede indicatie voor de ervaringen met alle toegepaste ontdooisensoren.

De kwalitatieve resultaten van de enquête zijn de volgende:

- Het meest toegepaste werkingsprincipe is infrarood rijpdiktemeting. Onder de respondenten van de enquête werd dit principe in meer dan 95% van de gevallen toegepast.
- De meeste toepassingen (ca. 65%) vinden plaats in koel- en vriesmeubelen. De overige zijn als volgt verdeeld: 25% in koelcellen, 6% in vriescellen en 4% in vriestunnels.
- Bij het ontdooien wordt in ca. 90% van de ontdooimogelijkheden gebruik gemaakt van elektrische ontdooi-elementen en in ca. 10% van heet-gas.
- In ca. 40% van de gevallen wordt gebruik gemaakt van een klok in combinatie met het ontdooisysteem, een onbekend aantal is gecombineerd met een computerregeling.
- De meest voorkomende problemen met niet goed functionerende ontdooisensoren zijn:
 - het dichtvriezen van de verdamper,
 - te hoge celtemperaturen,
 - sterk wisselende ontdooifrequentie (te vaak of helemaal niet).

- Als oorzaken van de problemen zijn (door de respondenten) genoemd:
 - de plaats van de opnamer op de verdamper is sterk afhankelijk van het toe-passingsgebied (koelen of vriezen). Hierdoor moet per koeler bekeken worden waar de opnamer geplaatst moet worden (erg moeilijk). Ook de wisselende belasting op de verdamper (luchttemperatuur en vochtigheid) zorgt voor grote veranderingen in de rijpstructuur,
 - het overgaan van rijp in ijs, waardoor de sensor niet meer kan functioneren,
 - de gevoeligheid van de sensor is groot en de afstelling van de regelaar is kritisch,
 - de onvolledige montage- en afstel-instructies en de onbekendheid van de monteur met het systeem,
 - de onbetrouwbaarheid.
- Energiebesparende effecten zijn niet of nauwelijks waargenomen. In enkele gevallen is de ontdooifrequentie afgenomen, maar een duidelijke besparing is nooit aangetoond.
- Kwaliteitsverbetering van het opgeslagen produkt is nooit vastgesteld. Wel wordt gesteld dat wanneer de ontdooifrequentie lager was geworden, de produkten van betere kwaliteit zouden zijn.
- Suggesties en/of opmerkingen uit de enquête zijn de volgende:
 - toepassing van elektronische expansieventielen levert meer op dan ontdooisensoren, namelijk nauwelijks ontdooien meer nodig,
 - een goed afgestelde ontdoosklok is bijna even zuinig en veel bedrijfszek-der,
 - effectiviteit van elektrische ontdooiing kan veel beter.

3.3 Conclusies met betrekking tot de enquête

De enquête is gehouden onder een grote groep bedrijven, maar de indruk bestaat dat de kwantitatieve resultaten van de enquête niet maatgevend zijn voor de Nederlands situatie vanwege het ontbreken van gegevens van enkele grote verbruikers. Dit is in mindere mate van invloed op de kwalitatieve resultaten van de enquête. Uit de resultaten van de enquête zijn, met inachtneming van het hierboven gestelde, de volgende conclusies te trekken:

1. De respons op de toegestuurde enquêteformulieren is vrij hoog te noemen, namelijk 50%, waarvan 2/3 gebruikt kon worden om meer inzicht te verkrijgen in het gebruik en de toepassing van ontdooisensoren.
2. Er worden meerdere uitvoeringsvormen van ontdooisensoren toegepast, waarbij infra-rood rijpdiktemeting het meest toegepaste principe is. Bij de respondenten was het aandeel van de rijpdikte sensoren ca. 95% van alle toegepaste ontdooisensoren.
3. Het grootste toepassingsgebied is de koel- en vriesmeubelindustrie (ca. 2/3). Op de tweede plaats komt toepassing in koelcellen (ca. 1/4), de overige toepassingsgebieden zijn vriescellen en tunnels.
4. Bij de geënquêteerden wordt het elektrisch ontdooien veelvuldig toegepast (ca. 90%) en het heetgasontdooien relatief weinig (ca. 10%).
5. De ontdooisensoren worden in veel gevallen nog gecombineerd met een klok (ca. 40%), of met een computerregeling (aantal onbekend).

Ontdooisensoren in de praktijk

6. Afhankelijk van het functioneren van de ontdooisystemen zijn de sensoren weggehaald, overbrugd of nog in functie. Afgaande op de gegevens verstrekt door de respondenten is ongeveer de helft van het totale aantal sensoren nog in functie.
7. Met circa de helft van de toegepaste sensoren zeggen de respondenten matige praktijkervaringen te hebben. Met 30% van de toegepaste ontdooisensoren zijn de ervaringen goed, met 20% slecht.
8. De problemen van het niet goed ontdooien van de koelers zijn (volgens de respondenten) niet toe te schrijven aan slechte apparaten, maar aan een combinatie van meerdere factoren. Het wisselende berijpingspatroon op de verdampers, het overgaan van rijp in ijs, de gevoeligheid van de sensoren en de kritische afstelling van de regelaars, alsmede de onbekendheid met de apparatuur vormen tezamen de oorzaak van het disfunctioneren van veel systemen voor ontdooien naar behoefte.
9. Energiebesparende effecten of kwaliteitsverbetering van de producten bij het toepassen van ontdooisensoren is door de respondenten niet vastgesteld.

Suggesties voor verbeteringen van de huidige sensoren of voor ontwikkelen van nieuwe sensoren zijn door de geënquêteerden niet gegeven. Wel is gepleit voor nader onderzoek naar de effectiviteit van elektrische ontdooisystemen.

4 Interviews met deskundigen

Na het uitvoeren van de schriftelijke enquête is een globaal beeld ontstaan betreffende de toepassing van ontdooisensoren en de ervaringen met de ontdooisensoren in de praktijk. Om dit globale beeld verder te kunnen detailleren, is een serie gesprekken gevoerd met deskundigen op het terrein van de ontdooisensoren. Onder deze deskundigen bevonden zich fabrikanten, installateurs en eindgebruikers.

De eerste aanvulling die uit de interviews naar voren is gekomen, is een indicatie van het aantal in Nederland toegepaste ontdooisensoren. In Nederland zijn ca. 3000 ontdooisensoren van Contronics toegepast werkend met het infrarood onderbrekingsprincipe. VDH schat de omzet op enkele honderden per jaar en is ca. 5 jaar op de markt. Een ruwe schatting komt dan op ca. 1000 toegepaste VDH ontdooisensoren in Nederland, werkend met het infrarood reflectieprincipe.

Ervan uitgaande dat ca. 95% van alle toegepaste ontdooisensoren in Nederland van het type infrarood rijdiktemeting zijn (conform de enquête-uitslag), komen we zo op een totaal van ca. 4200 toegepaste ontdooisensoren.

Bovendien waren de gesprekken nuttig voor het verkrijgen van aanvullende informatie. Uit de schriftelijke enquête zijn geen suggesties naar voren gekomen voor verbetering van het concept van de ontdooisensoren en ook metingen van de bereikte energiebesparing zijn niet uit de enquête naar voren gekomen.

Naar aanleiding van de gehouden interviews is het mogelijk om een redelijk consistent beeld te vormen over de praktijk van de ontdooisensoren. Daarbij kunnen de volgende 'items' worden herkend:

1. plaatsbepalingsproblematiek,
2. overige methode- en toepassingsafhankelijke problematiek,
3. redenen voor toepassing energiebesparing en kwaliteitsverbetering,
4. visies op toekomstige ontwikkelingen.

In dit hoofdstuk zullen de interviews worden besproken op basis van bovengenoemde items. Omdat ook in het volgende hoofdstuk, de analyse, deze onderwerpen aan de orde komen, zal de bespreking hier niet zeer uitgebreid zijn. Voor een gedetailleerd verslag van de interviews wordt verwezen naar bijlage 2, waarin de besprekingsverslagen zijn opgenomen.

4.1 De plaatsbepalingsproblematiek

Verreweg de meeste problemen die ontstaan bij de toepassing van ontdooisensoren, hebben te maken met het vinden van de juiste plaats om de sensor te situeren. Dit probleem wordt dan ook door de meeste geënquêteerden onderkend. De opstelling tegenover het probleem varieert echter sterk.

Een producent van ontdooisensoren, VDH Products, laat door Zephyr Koel- en Luchttechniek B.V. onderzoeken wat de beste plaats is om de (IR) ontdooisensor aan te brengen.

Door installateurs wordt veelal vertrouwd op praktijkervaring om de juiste plaats aan te wijzen. Post Koudetechniek B.V. tracht daarbij bovendien systematisch om na ca. twee weken bedrijf de plaatsing van de ontdooisensor te controleren, door te inspecteren of de rijpvorming echt op de verwachte plaatsen optreedt.

Enkele geënquêteerden zagen de plaatsbepalingsproblematiek als een van de belangrijkste factoren om te stoppen met het toepassen van ontdooisensoren (nr. 4) of de levering van ontdooisensoren te beëindigen (nr. 6).

Dhr. Odolphy heeft een andere aanpak gekozen: in plaats van één infrarood onderbrekingssensor per verdamper, plaatst hij er drie. Deze oplossing werkt zeer bevredigend, waarbij echter opgemerkt moet worden dat dit door hem alleen wordt toegepast in vriescellen met een kleine delta-T (tussen lucht en verdamper). Bij deze toepassingen zal de verdamper over het algemeen gelijkmatiger berijpen dan bijvoorbeeld in een commercieel vriesmeubel.

Een aangrenzend aspect is de fysieke plaatsing van de sensoren, die op de verdamperlamellen geplaatst moeten worden. Enkele infrarood sensoren (VDH, ALCO) beschikken over een klemsysteem, om deze sensoren op een verdamperpijp te monteren. Wanneer de sensor te breed is, lukt dit niet en moet de sensor buiten het lamellenpakket op een pijp worden geplaatst, of aan de buitenzijde tegen de lamellen geklemd worden.

4.2 Overige methode- en toepassingsafhankelijke problematiek

A. Overgang rijp - water - ijs

Een zeer toepassingsafhankelijk probleem dat vaak wordt genoemd is het probleem van de vorming van ijs in plaats van rijp bij temperaturen rond 0 °C (koeltoepassingen). Dit fenomeen levert met name bij infrarood detectoren en bij delta-P ontdooisensoren problemen op.

Infrarood rijpdiktedetectoren reageren niet op ijs. De Contronics en ALCO sensoren reageren op een onderbreking van de IR lichtstraal door gevormde rijp, maar reageren niet op ijs omdat ijs de lichtstraal doorlaat. De VDH sensor reageert op reflectie van de lichtstraal door rijp. Ook hier treden problemen op, omdat ijs de lichtstraal niet reflecteert maar doorlaat.

Beide systemen zullen dus bij ijsvorming niet bemerken dat een ontdooicyclus gewenst is en de verdamper kan dichtvriezen.

Een oplossing voor dit probleem wordt niet gegeven.

Opgemerkt kan worden dat de sensoren wellicht toch nog 'reageren' wanneer zich op de ijslaag opnieuw rijp vormt, in hoeverre dit in de praktijk gebeurt is niet bekend.

Naar aanleiding van onderzoek in de Verenigde Staten, waarin deze problematiek werd geconstateerd, wordt de ALCO CDFH infrarood ontdooisensor daar niet meer geproduceerd.

Delta-P ontdooisensoren reageren op luchtdrukverschillen ter grootte van enkele millimeters waterdruk. Om de druk op een bepaalde plaats op te nemen worden vaak slangetjes toegepast als 'luchtdruktransducers'. Het probleem dat ontstaan kan bij temperaturen gelijk aan of hoger dan 0 °C, is dat zich in de slangetjes condens vormt. Door de capillaire werking kan een waterkolommetje ontstaan in de buis, dat voor een verstoring van de druk zorgt die van dezelfde orde grootte is als de te meten waarde. Wanneer dit waterkolommetje bevriest, wordt de te meten druk in het geheel niet meer waargenomen. Dit probleem kan optreden bij koeltoepassingen, maar ook na het ontdooien in vriestoepassingen.

De problemen met vocht in de drukopneemslangen worden zeer versterkt indien de drukopneemslangen niet verticaal gemonteerd zijn. Post Koudetechniek B.V. let er dan ook terdege op bij de toepassing van deze ontdooisensoren, dat er zich geen bochten bevinden in de drukopneemslangen en kan hiermee de problemen voldoende reduceren.

B. Beïnvloeding van de te meten grootte.

Er wordt in één van de interviews op gewezen dat met name de infrarood sensoren de te meten grootte beïnvloeden. Hiervoor zijn twee oorzaken.

- Door de niet verwaarloosbare fysieke afmetingen van de sensor wordt het stromingspatroon van de lucht door de verdamper lokaal, ter plaatse van de sensor, verstoord. Hierdoor zal ook de berijping ter plaatse van de sensor afwijken van de 'ongestoorde' berijping.
- Bij de infrarood sensoren wordt de berijping gemeten op een onderdeel van de sensor en niet op de verdamper (een uitzondering is de ALCO ontdooisensor). Door de extra weerstand voor warmtegeleiding van de sensor, zal de temperatuur ter plaatse van de gemeten rijkdikte afwijken van de temperatuur op het verdamperoppervlak.

De afwijkingen die optreden tussen gemeten rijkdikte en 'ongestoorde' rijkdikte kunnen grotendeels worden gecompenseerd met behulp van afregeling.

C. Vervuiling van de verdamper/sensor.

Sensoren kunnen gevoelig zijn voor vervuiling. Dit feit werd echter door geen van de geënquêteerde of geïnterviewde personen naar voren gebracht als reden voor het niet naar wens functioneren van ontdooisensoren. Of vervuiling in de praktijk wel of geen rol speelt, kan in dit stadium niet worden beoordeeld.

D. Afregelingsproblematiek.

Voor vrijwel alle typen sensoren geldt de afregeling als een onderdeel van de installatie waaraan veel aandacht moet worden geschonken. Bij de delta-T en delta-P ontdooisensoren is de afregeling kritisch, terwijl de plaatsbepaling voor de sensoren minder gevoelig is. Bij de infrarood ontdooisensoren is de plaatsbepaling kritisch, maar moet ook aan de afregeling aandacht worden geschonken in verband met de beïnvloeding van de te meten rijkdikte.

Uit de documentatie van de ontdooisensor die werkt met luchtsnelheidsmeting (Electronic Frost sensor EFS van Parker), blijkt dat hier de afregeling zeer eenvoudig is. Er zijn echter geen praktijkervaringen bekend met deze ontdooisensor, die relatief duur is.

E. Nazorg.

Plaatsbepaling en afregeling vormen samen het grootste deel van de nazorg die geleverd moet worden bij ontdooisensoren. Leveranciers van koudetechnische materialen zien de winst op de ontdooisensor teniet gedaan worden door de kosten van nazorg.

4.3 Energiebesparing en kwaliteitsverbetering

De genoemde redenen voor toepassing van ontdooisensoren zijn onder andere energiebesparing en kwaliteitsverbetering. Een andere reden voor toepassing van ontdooisensoren is 'omdat de klant erom vraagt'.

Minks Marijnen heeft in de beginperiode (van ontdooisensoren) de sensoren toegepast om het produkt een 'high tech' image te geven, maar is daar mee gestopt.

Uit de schriftelijke enquête zijn geen (directe) metingen van de energiebesparing naar voren gekomen. Wel wordt geconstateerd dat het aantal ontdooicycli afneemt, hetgeen een aanwijzing is voor energiebesparing.

Er zijn echter wel metingen gedaan naar energiebesparing, voornamelijk met betrekking tot de Contronics infrarood ontdooisensoren. Deze metingen zijn onder andere uitgevoerd bij Albert Heijn, Presto Hillsbrough (een supermarkt filiaal in Engeland) en door CEC (Coding Energy Control limited, Engeland).

Bij Albert Heijn werd bij een diepvrieseiland met nachtafdekking een besparing gemeten van 10,2% op het energieverbruik. Bij een niet afgedekt diepvrieseiland werd een besparing gemeten van 34%.

Voor VDH is door TNO (CIVO) onderzoek gedaan naar VDH infrarood ontdooisensoren, met de voorlopige conclusie dat - onder laboratoriumcondities - de ontdoofrequentie aanzienlijk is teruggebracht (eenmaal per week tegenover eenmaal per dag).

De ELREHA δT ontdooisensoren zijn gebruikt bij energiebesparingsmetingen met elektronische expansie ventielen door Electric Engineering B.V. te Utrecht. Van deze metingen is echter geen schriftelijk verslag gedaan.

In § 5.3 wordt nader ingegaan op het energiebesparingseffect ingegaan.

Naar kwaliteitsverbetering van de opgeslagen produkten door toepassing van ontdooisensoren is door niemand onderzoek gedaan.

4.4 Visies op toekomstige ontwikkelingen

Uit de gehouden interviews komt geen consistent beeld naar voren over de verwachte toekomstige ontwikkelingen. Het algemene beeld is, dat van de zijde van installateurs en groothandelaren wordt afgewacht wat de markt te bieden heeft. Ondertussen zijn per bedrijf beslissingen genomen over het al dan niet toepassen van de huidige generatie ontdooisensoren.

Ontdooisensoren in de praktijk

Bij de fabrikanten van infrarood rijpdetectoren heerst de opvatting dat met de huidige principes uiteindelijk goede resultaten te behalen zijn. Er wordt vanzelfsprekend wel gewerkt aan technologische verfijningen.

Op het ogenblik is de aandacht gericht op ontdooisensoren voor systemen met meerdere verdamper.

Enkele geïnterviewden zijn van mening dat er eerst naar andere manieren van energiebesparing (op ontdooien) moet worden gezocht. Genoemd worden onder andere het afschermen van de verdamper tijdens het ontdooien, zoals al wordt toegepast in de koeltransportsector en het overgaan op heetgas ontdooiing. Ook het verbeteren van het rendement van elektrische ontdooiing is een punt van belangstelling.

Enkele malen komt de ontdooisensor, die werkt door middel van het meten van de lichtsnelheid door de verdamper, naar voren als een zeer interessante optie. De prijs en de onbekendheid (in de praktijk) vormen hier echter een grote barrière. Documentatie over de EFS van Parker, die met dit principe werkt, is wel beschikbaar (Frigo Import). De EFS is beschreven in § 2.2.2.

5 Analyse

In de voorgaande hoofdstukken is een beeld geschetst van de praktijkervaringen met ontdooisensoren, op basis van een enquête onder gebruikers en interviews met deskundigen. Er is getracht een objectief beeld te schetsen van wat er 'in de markt' leeft.

In dit hoofdstuk, de analyse, zal het objectieve pad gedeeltelijk worden verlaten. We zullen het opgedane inzicht van de betrokken onderzoekers mee laten wegen in de beoordeling van:

- verbeterde toepassing van de bestaande ontdooisensoren,
- mogelijkheden voor toekomstige ontwikkeling van ontdooisensoren,
- aanverwante methoden om de ontdooi-efficiëncy te verbeteren.

5.1 Verbeterde toepassing van de bestaande ontdooisensoren

De problemen met de toepassing van ontdooisensoren, die in de praktijk worden geconstateerd, zijn van uiteenlopende aard en (mede) afhankelijk van het toegepaste sensorprincipe. Omdat de problemen duidelijk aanwijsbaar zijn, is het mogelijk oplossingen te bedenken om de optredende problemen bij de bestaande ontdooisensoren te verhelpen. In deze paragraaf wordt per ontdooiprincipe een aanzet gegeven voor manieren waarop de optredende problemen kunnen worden verholpen.

5.1.1 Infrarood rijpdiktemeting

Bij toepassing van rijpdikte ontdooisensoren wordt een relatie gelegd tussen het gewenste ontdooitijdstip en de rijpdikte op het lamellenblok. Het gewenste ontdooitijdstip is een parameter die wordt bepaald door de specifieke toegepaste luchtkoeler en de optredende gebruikscondities.

In principe kan dus niet algemeen gesteld worden dat luchtkoelers bij 'x mm' rijpdikte ontdood moeten worden.

In de praktijk wordt aan dit facet nauwelijks aandacht geschonken.

De praktijkproblemen die optreden bij ontdooisensoren werkend met het principe van de infrarood rijpdiktemeting zijn kort samengevat de volgende:

- a. sensorlokatie in verband met plaatsafhankelijkheid van de rijpdikte,
- b. het niet functioneren bij ijsvorming in plaats van rijpvorming,
- c. beïnvloeding van de te meten grootte door de sensor,
- d. afregeling.

De ideale positie voor een IR ontdooisensor bestaat niet. De rijpvorming is namelijk afhankelijk van de constructie van het lamellenblok en het stromingspatroon van de vochtige lucht door het lamellenblok, welke in iedere toepassing anders zal zijn.

Ontdooisensoren in de praktijk

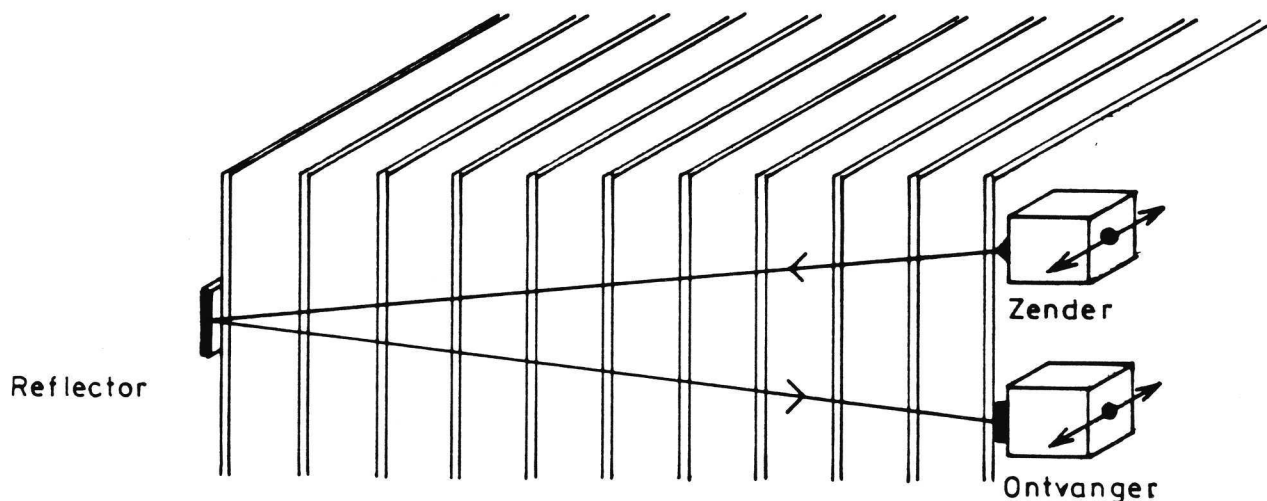
Zelfs in één bepaalde toepassing kan het stromingspatroon nog afhangen van bijvoorbeeld de belading van de koelruimte, of het al dan niet optreden van tocht.

De situering van één lokale sensor op een lamellenblok zal vrijwel in alle situaties op basis van ervaring moeten geschieden en na installatie gecontroleerd moeten worden. In dit verband is het nuttig om:

- de praktijkervaringen van verschillende installateurs betreffende de beste lokatie van de ontdooisensor, in relatie tot de toepassing, te bundelen. Dit zou kunnen resulteren in een handleiding, die een eerste benadering geeft voor de lokatie op het lamellenblok waar met de grootste waarschijnlijkheid de maximale rijpvorming optreedt,
- een methode waarbij in een bestaande, werkende installatie, de juiste lokatie voor plaatsing van de detector kan worden aangewezen,
- een procedure voor plaatsing van ontdooisensoren, waarin het bovenstaande wordt gecombineerd met een methode voor controle na een bepaalde tijd. Een dergelijke procedure kan bijvoorbeeld in een kwaliteitssysteem worden opgenomen.

Een meer fundamentele aanpak van het lokatieprobleem, is het meten van de rijpdikte op verschillende plaatsen op de verdamper. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt twee methoden:

- Het toepassen van meerdere ontdooisensoren per lamellenblok. Deze methode wordt al met succes toegepast (Odolphy). De sensoren kunnen niet zonder meer serie en/of parallel geschakeld worden, maar moeten één voor één uitgelezen worden met behulp van een elektronisch systeem.
- Het aantal sensoren en de juiste lokaties zullen in de praktijk vastgesteld moeten worden.
- Er kan één (onderbrekings)sensor worden toegepast, die een groter oppervlak bestrijkt. Daartoe moeten ontvanger en zender op veel grotere afstand van elkaar worden gemonteerd (figuur 6). De lichtstraal scheert daarbij langs de rand van een aantal lamellen en zal onderbroken worden indien zich op één van de lamellen voldoende rijp heeft gevormd. De lichtstraal moet in dit geval gebundeld zijn (met behulp van een lens) of een groter intensiteit hebben om de afstand te kunnen overbruggen.
Bijkomende voordelen van deze opstelling zijn dat de rijpdikte direct op de lamellen wordt gemeten en dat de luchtstroom niet wordt verstoord door de sensor ter plaatse van de meting.
- Hetzelfde idee als hierboven genoemd kan ook worden toegepast door meting van de rijpdikte over de volle lengte van één lamel, evenwijdig aan de lamel. De lichtstraal scheert dan over het lamel oppervlak.



Figuur 6 Onderbrekingsensor met rijpdiktemeting op meerdere lamellen

De overgang van rijp naar ijs is een probleem voor de toepassing van infrarood ontdooisensoren, omdat dezen niet reageren op ijs (in verband met de infrarood doorzichtigheid). Deze overgang treedt vooral op bij temperaturen rond $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Er zijn een aantal mogelijke oplossingen:

- Het beperken van de toepassing van infrarood ontdooisensoren tot vriestoe-passingen is de meest voor de hand liggende oplossing.
- Het signaleren van temperaturen rond $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ met een temperatuursensor behoort tot de mogelijkheden. In dit geval kan bijvoorbeeld met een infrarood ontdooi-sensor, die werkt met het reflectieprincipe, door de elektronische schakeling worden gecontroleerd of een 'sprong' optreedt in de gemeten rijpdikte (het-geen duidt op de overgang van rijp naar ijs).
- In het geval temperaturen van de rijplaag rond $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (sporadisch) voorkomen en dit gesignaleerd wordt, ligt het voor de hand om op dat moment een ont-dooicyclus te starten. Dit is energetisch gunstig (echter niet indien de ont-dooiduur vastligt) en voorkomt malfunctioneren bij rijp-ijs overgang.
- De ontdooisensor die een groot oppervlak bestrijkt (figuur 6), is minder ge-voelig voor lokale ijsvorming, indien zich op ander plaatsen nog rijp bevindt. Dit is een extra argument voor ontwikkeling van een dergelijke sensor.

De aanwezigheid van de ontdooisensor beïnvloedt de luchtstroom ter plaatse van de sensor. Omdat de rijpvorming sterk afhankelijk is van de luchtstroom, wordt dus de rijpdikte, juist op de plaats waar gemeten wordt, beïnvloed. Bovendien wordt, behalve bij de CFDH infrarood ontdooisensor, de rijpdikte gemeten op een onderdeel van de sensor. De temperatuur van dit sensoronderdeel kan verschillen van de lameltemperatuur, hetgeen resulteert in een niet-representatieve rijpdikte.

Deze beide effecten komen neer op beïnvloeding van de te meten grootte door de sensor. Om deze invloed te verminderen kan worden gedacht aan:

- miniaturisering van de sensor om beïnvloeding van de luchtstroom tegen te gaan,
- directe meting van de rijpvorming op de verdamper, zoals bij de CFDH infrarood sensor wordt toegepast. Dit is ook mogelijk voor de twee andere voorkomende ontdooisensoren. In het buitenland werd deze methode reeds toegepast met een infrarood reflectie sensor (Torry frost sensor, Torry Research, Aberdeen).

Bij de ontdooisensor die een groter oppervlak bestrijkt (figuur 6) wordt de luchtstroom lokaal weliswaar beïnvloed, maar zal dit geen effect hebben op de meetresultaten omdat:

- de sensor buiten de luchtstroom geplaatst kan worden,
- de rijpdikte ook op grote afstand van de sensor gemeten wordt.

In de praktijk wordt het als hinderlijk ervaren, wanneer de afregeling van de ontdooisensor kritisch is of moeilijk uitvoerbaar is. Op de volgende manieren kan hieraan worden tegemoetgekomen:

- Een duidelijk omschreven afregelprocedure in de handleiding en eventueel op een los (geplastificeerd) blad. Deze procedure kan eventueel deel uitmaken van een kwaliteitssysteem van de installateur. Het opstellen van de procedure is voornamelijk een taak van de leverancier van de sensor, in overleg met en met gebruikmaking van de ervaring van de installateurs.
- Met betrekking tot de afregeling zou het wenselijk zijn om over een soort ‘test-sigitaal’ te beschikken, waaraan kan worden afgelezen of de afstelling optimaal is. Een bekend voorbeeld is de veldsterktemeter op een radio, waaraan kan worden afgelezen of op een bepaalde zender juist is afgestemd. In hoeverre dit mogelijk is bij ontdooisensoren, is de vraag.
- Qua uitvoerbaarheid van de afregeling is het waarschijnlijk eenvoudiger wanneer de afregeling kan gebeuren ter plaatse van de elektronische regelaar en de sensor zelf niet voorzien is van afstelschroeven. Omdat de afregeling op deze wijze minder tijd kost, kan er meer aandacht aan worden geschonken.

5.1.2 δP ontdooisensor

De δP ontdooisensor meet de doorlaatbaarheid van het koelerblok door middel van het meten van het drukverschil over het koelerblok. Dit drukverschil is onder andere een functie van de rijpdikte op het lamellenblok.

Net als bij de rijpdiktesensoren geldt hier, dat het optimale ontdooitijdstip niet alleen een functie is van het drukverschil, maar ook van ander factoren afhangt zoals de toegepaste luchtkoeler en de gebruikscondities.

Het drukverschil δp over het lamellenblok is onder meer afhankelijk van de luchtsnelheid v door het blok en de stromingsweerstand R :

$$\delta p = v^2 \cdot R$$

Bij toenemende berijping neemt de stromingsweerstand R toe en neemt de luchtsnelheid af (het luchtdebiet wordt kleiner).

Hoe het drukverschil verandert met toenemende berijping, wordt hoofdzakelijk bepaald door de ventilator karakteristiek. Daarbij kan er van worden uitgegaan dat het toerental van de ventilator constant blijft bij druk- en debietvariaties.

Uit de interviews en de enquête is niet voldoende informatie naar voren gekomen om 'statistisch' vast te stellen wat de meest voorkomende problemen zijn met δP ontdooisensoren. Wel kunnen we, op basis van theoretische beschouwingen, vaststellen welke problemen mogelijk kunnen optreden bij dergelijke ontdooisensoren.

De praktijkproblemen die kunnen optreden bij ontdooisensoren werkend met dit principe zijn kort samengevat de volgende:

- a. meting van dynamische drukcomponent in plaats van de statische druk,
- b. gevoeligheid voor drukvariaties met een kleine tijdschaal,
- c. problemen door vocht in het opneemslangetje van de δP ontdooisensor,
- d. afregeling,
- e. vervuiling van het lamellenblok.

De druk in een ruimte, waar luchtbeweging optreedt, is opgebouwd uit twee componenten: de statische druk en de dynamische druk. De dynamische druk op een bepaalde plaats is afhankelijk van de lichtsnelheid ter plaatse. Omdat de lichtsnelheid niet constant is in plaats en tijd, is het voor een goede werking van de δP ontdooisensor aan te bevelen alleen de statische druk te meten en niet de totaal druk. De statische druk kan worden gemeten:

- op een plaats waar geen luchtbeweging optreedt,
- door het uiteinde van de drukopneemslang loodrecht op de richting van de optredende luchtbeweging te plaatsen,
- door aan het uiteinde van de drukopneemslang een 'T stuk' te plaatsen, zodat altijd loodrecht op de luchtbeweging wordt gemeten.

Druk variaties met een kleine tijdschaal, bijvoorbeeld veroorzaakt door een onregelmatigheid in de voedingsspanning van de ventilator, mogen geen aanleiding geven tot het starten van de ontdooicyclus.

Om dit te bereiken staan de volgende mogelijkheden open:

- Het inbouwen van een grote tijdconstante in de huidige δP schakelaar, door het aanbrengen van een voldoende grote mechanische demping.
- Het verwerken van het elektrische uitgangssignaal van de δP ontdooischakelaar in een elektronische schakeling, die alleen wanneer de ontdooischakelaar langer dan een in te stellen tijd gesloten is geweest een uitgangssignaal afgeeft, waarmee de ontdooicyclus wordt gestart.
- Het omzetten van het gemeten drukverschil in een (analoge) elektrische spanning, welke in een elektronische schakeling gemiddeld kan worden over een bepaalde tijd.

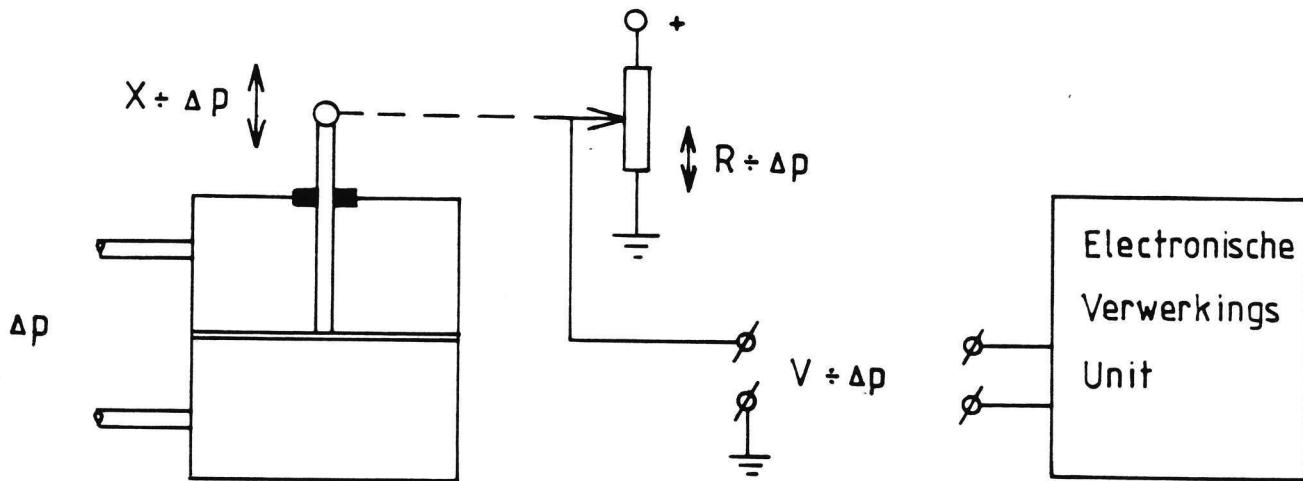
In de praktijk treden problemen op wanneer vocht condenseert en zich ophoopt in het drukopneemslangetje. Er kan zich door de capillaire werking gemakkelijk een waterkolommetje van enkele millimeters hoogte vormen. De extra druk van dit waterkolommetje is van dezelfde orde grootte als het te meten drukverschil. Wanneer het waterkolommetje bevroert, wordt de doorgang belemmerd en is de ontdooisensor buiten werking. Mogelijke oplossingen zijn:

Ontdooisensoren in de praktijk

- Het monteren van de drukopneemslang op een zodanige wijze dat zich geen waterkolom in de slang kan vormen (doordat het condenswater uitstroomt). In het algemeen zal voorkomen moeten worden dat de slang op welk punt dan ook ‘U-vormig’ hangt. Een rechte slang, met een stand van ca 45° ten opzichte van de horizontaal, lijkt in eerste instantie de meest geschikte oplossing.
- Het toepassen van een zo kort mogelijk slangetje.
- Het gebruik van een grotere slangdiameter. In de huidige uitvoering wordt gebruik gemaakt van een (inwendige) diameter van 6 mm.
- Het tegengaan van condensvorming door slangverwarming. Deze mogelijkheid is echter complex en duur en waarschijnlijk niet nodig wanneer de hiervoor genoemde mogelijkheden worden benut.

De grenswaarde van het drukverschil δP , waarop de ontdooiing ingeschakeld moet worden, is moeilijk in te stellen. Theoretisch gezien is het optredende drukverschil niet alleen een functie van de optredende rijpdikte, maar ook afhankelijk van de ventilatorkarakteristiek. Praktisch gezien bevindt de instelschroef op de ontdooisensor op een onhandige plaats.

- In de huidige toepassingswijze van de δP ontdooischakelaar is het zinvol om meer inzicht te verschaffen in de relatie tussen drukverschil, berijping, ventilatorkarakteristiek en het daaruit voortvloeiende (economisch) optimale drukverschil waarbij de ontdooiing moet worden ingeschakeld.
- Een oplossing voor de instelproblematiek kan worden gezocht in de toevoeging van een elektronisch verwerkingssysteem. Daartoe moet de ontdooischakelaar worden veranderd in een ontdooisensor, die een elektrisch signaal afgeeft dat maatgevend is voor het gemeten drukverschil. Dit elektrische signaal kan in het elektronisch regelsysteem worden omgezet in een lineair signaal voor de optredende rijpdikte (figuur 7). Op deze manier kan op de regelaar de gewenste maximale rijpdikte worden ingesteld. Een instelschroef op de sensor wordt dan overbodig.
- Bijkomend voordeel is dat in het elektronisch regelsysteem ook de middeling van de meetwaarde (ruisonderdrukking) gerealiseerd kan worden, alsmede vele ander extra functies (bevroezingssignalering, beveiliging).



Figuur 7 δP ontdooisensor met elektronisch regelsysteem

Vervuiling van het lamellenblok leidt tot een grotere stromingsweerstand. Bij de huidige uitvoering van de ontdooischakelaar wordt hiervoor niet gecorrigeerd. Daardoor zal in de loop der tijd (op een schaal van jaren) de ontdooiing reeds bij kleinere hoeveelheden rijp worden ingeschakeld.

- De meest voor de hand liggende oplossing is het tijdig reinigen van het lamellenblok.
- Een geavanceerdere oplossing is om met behulp van een elektronisch regelsysteem (figuur 7) de stromingsweerstand van het lamellenblok in onberijpte toestand regelmatig te herzien. Deze methode wordt al toegepast bij de luchtsnelheidssensor.

5.1.3 Luchtsnelheidssensor

De praktijkproblemen die optreden bij ontdooisensoren werkend met het principe van de luchtsnelheidsmeting zijn niet bekend, omdat deze ontdooisensor in Nederland nog niet is toegepast. Uit de documentatie van deze ontdooisensor volgt al, dat veel problemen zijn onderkend en oplossing in het elektronisch regelsysteem geïmplementeerd zijn. Voor vervuiling van het lamellenblok wordt automatisch gecorrigeerd.

Op basis van theoretische kennis en ervaringen met andere ontdooisensoren kunnen we echter wel stellen dat ook in dit geval problemen kunnen optreden met betrekking tot de plaatsing van de sensor.

De te verwachten problemen zijn in dat geval hoofdzakelijk de plaats- en tijdafhankelijkheid van de te meten grootte. We kunnen daaromtrent opmerken dat:

- Het elektronische regelsysteem van de snelheidssensor standaard is uitgerust met een tijdmiddeling, zodat er geen problemen met kortdurende variaties van de luchtsnelheid met de tijd (ruis) te verwachten zijn.
- Duidelijk wordt aangegeven dat het gebruik in combinatie met ventilatoren met een variabel toerental niet mogelijk is.
- Aansluiting van meerder sensoren (middeling over de lokatie) niet voorzien is. Vanzelfsprekend kan hiertoe wel een voorziening worden getroffen, indien zou blijken dat dit wenselijk is.

5.1.4 δT ontdooisensoren (Temperatuurverschil meting)

Ook temperatuurverschilmeting is meting van een afgeleide grootte; het optimale tijdstip voor ontdooiing wordt immers in eerste instantie bepaald door de afname van de koelerprestaties onder berijpende condities.

De principe werking van δT ontdooisensoren is reeds theoretisch besproken in hoofdstuk 2, paragraaf 3. Op basis daarvan kunnen we stellen dat het temperatuurverschil onder andere afhankelijk is van de volgende factoren:

- Afgevoerde warmte (Q);
- Warmtedoorgangscoefficiënt van de verdamper (k);
- Luchtdebiet (F).

De uiteindelijke relatie tussen temperatuurverschil en bovengenoemde grootheden is ondoorzichtig, omdat de verschillende grootheden tegengestelde invloeden uitoefenen op het temperatuurverschil.

Bovendien treden verschillen op afhankelijk van het type koelinstallatie. Bij pompcirculatie systemen blijft de (verdampings)temperatuur van het koudemiddel constant in tegenstelling tot de systemen met directe expansie.

Verandering van de afgevoerde warmte, anders dan door vermindering van de prestaties van de koeler, geven eveneens een verandering van het temperatuurverschil te zien. Het gebruik van δT ontdooisensoren in situaties met een wisselende koudevraag moet daarom afgeraden worden.

- Een iets breder toepasbaar systeem, dat ook belastingfluctuaties kan opvangen, zou gebruik kunnen maken van middeling van de gemeten waarde over een voldoende lange tijd.
- Een geavanceerd systeem dat toepasbaar is bij verschillende belastingsituaties, kan worden opgebouwd met behulp van een computergestuurde regeling. In deze regeling kan een conversie worden opgenomen voor δT als functie van de afgevoerde warmte en kan zelfs het dynamisch gedrag worden verdisconteerd.

De hoeveelheid rijp is maatgevend voor de k -waarde van de verdamper en zoals we eerder zagen ook voor het luchtdebiet. Het luchtdebiet wordt echter anderzijds bepaald door de ventilator.

Om te zorgen dat een groter gemeten temperatuurverschil ook werkelijk overeenkomt met een grotere berijping van het lamellenblok is het noodzakelijk een ventilator toe te passen die werkt met een constant toerental, waarvan de relatie tussen het drukverschil δP en het debiet (de ventilatorkarakteristiek) eenduidig vaststaat.

- In het hiervoor genoemde geavanceerde (computergeregelde) systeem, zou ook de ventilatorkarakteristiek verdisconteerd kunnen worden, eventueel bij verschillende toerentallen. Zo is het zelfs mogelijk om met ventilatoren met een variabel toerental te werken.

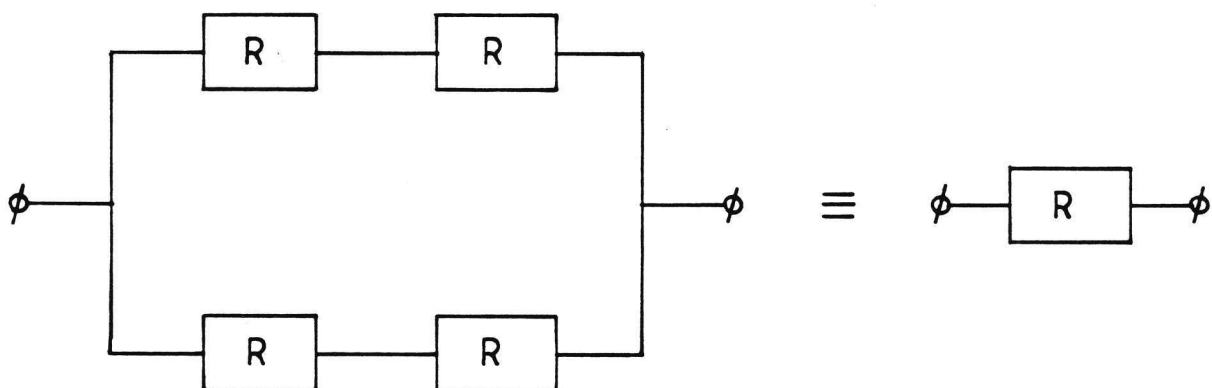
De overige praktijkproblemen zijn kort samengevat de volgende:

- a. sensorlokatie in verband met plaatsafhankelijkheid van de te meten grootte,
- d. afregeling,
- e. vervuiling van het lamellenblok.

De plaatsbepalingsproblematiek speelt ook hier. Er is echter een zeer simpele en doeltreffende oplossing mogelijk:

- Platina Temperatuursensoren zijn temperatuur/weerstands transducers. Een serie + parallel schakeling van 4 identieke weerstanden geeft dezelfde weerstand over de aansluitingen als een enkele weerstand (figuur 8).

Zo is het mogelijk om in plaats van één temperatuursensor 4 sensoren aan te sluiten op dezelfde ingangsbuss, waarmee de gemiddelde temperatuur op 4 locaties kan worden gemeten.



Figuur 8 Serie + parallel schakeling van weerstanden

De afregelproblemen van δT ontdooisensoren kunnen verlicht worden door het geven van een goede afregelprocedure door de fabrikant (eventueel onderdeel van een kwaliteitssysteem). De afregeling vindt in alle gevallen plaats bij de elektronische regelaar.

Vervuiling van de verdamper (inwendig én uitwendig) heeft invloed op de k-waarde van de verdamper. Hierdoor zal in de loop der tijd de geconstateerde 'rijpdikte' gaan afwijken van de werkelijke rijpdikte en te vroeg ontdooid worden. Er gelden dezelfde oplossingsmogelijkheden als reeds genoemd bij de δP ontdooisensor, met dien verstande dat inwendige reiniging van de verdamper vrijwel niet mogelijk is.

5.2 Mogelijkheden voor toekomstige ontwikkeling van ontdooisensoren

In de vorige paragraaf zijn een aantal suggesties voor aanpassingen genoemd, om de huidige generatie ontdooisensoren beter te laten functioneren. Sommige van die aanpassingen gaan echter zo ver, dat in feite van een nieuw type ontdooisensor kan worden gesproken. De zo omschreven nieuwe ontdooisensoren, op basis van bestaande technologie, zijn:

- Infrarood ontdooisensor met rijpdiktemeting over meerdere lamellen (fig. 6).
- δP ontdooisensor met elektronisch regelsysteem (fig. 7).
- δT ontdooisensor met computergestuurd regelsysteem. (Dit type wordt reeds toegepast door individuele bedrijven, maar is niet op de markt).

Naast het perfectioneren van ontdooisensoren, gebaseerd op reeds in Nederland toegepaste principes, verschijnen soms ook artikelen die van een geheel ander principe uitgaan. Voorbeelden zijn:

- Capacitieve ontdooisensor. De waarde van de capaciteit van een parallelle plaat condensator hangt af van de stof die zich tussen de platen bevindt. Door het meten van de capaciteit kan de rijpdikte worden bepaald. Alhoewel in praktijktesten dit principe haalbaar bleek, is dit idee niet verder uitgewerkt omdat zeer stabiele (dure) meetapparatuur nodig is voor de capaciteitsbepaling.
- Akoestische resonantie. De resonantie (eigen trilling) frequentie van een voorwerp is afhankelijk van de massa. Bij een verdamper neemt de massa toe in berijpte toestand en verschuift dus de resonantiefrequentie. In de praktijk is dit meetbaar, maar ook hier is zeer dure meetapparatuur benodigd.
- Capaciteit- en temperatuurmeting. Drie sensoren (twee capacitief, één voor temperatuur) zijn in een blokje kunsthars gegoten. Dit blokje wordt geplaatst in een uitsparing in het metaaloppervlak. Op deze manier ontstaat luchtzijdig absoluut geen beïnvloeding van de luchtstroom.

De twee capacitieve sensoren worden gebruikt om de 'H₂O' dikte te meten, de temperatuursensor om vast te stellen of het om rijp of water gaat. Voor deze sensor is patent aangevraagd voor toepassing in de luchtvaart (NASA).

- Piëzo elektrische ontdooisensor. Een piëzo elektrische transducer heeft een sterk bepaalde eigenfrequentie, resulterend in een impedantie karakteristiek met een sterke piek bij de resonantiefrequentie. Dit wordt gecombineerd met het feit dat de eigenfrequentie van een systeem afhangt van de massa (die bij berijping groter is). Op deze wijze kunnen op velerlei verschillende manieren massaveranderingen (rijpvorming) worden gemeten, ofwel door meting van de impedantie ofwel door meting van de resonantiefrequentie. Een dergelijke ontdooisensor is door TNO gepatenteerd, maar de ontwikkeling is voorlopig gestopt in verband met de hoge kosten.

- Hygrometer ontdooisensor. Meting van de luchtvochtigheid met behulp van een hygrometer geeft een indicatie van de afgezette hoeveelheid rijp. Door integratie van de luchtvochtigheid over de tijd dat de koelcompressor ‘loopt’, kan een indicatie worden verkregen van de totale hoeveelheid afgezette rijp en kan dus worden ontdooid naar behoefte.

Daarnaast zijn er nog meerdere methoden denkbaar voor het bepalen van het optimale ontdooitijdstip. Te denken valt aan:

- het wegeven van het lamellenblok door middel van verplaatsingsopnemers (rekstrookjes) gemonteerd op de bevestigingspunten,
- het meten van de werkelijke koelerprestatie. Deze methode is niet ondenkbaar wanneer steeds meer parameters van het koelproces worden gemeten in samenhang met steeds moderner wordende regelsystemen,
- meting van de afgevoerde warmte door middel van een warmtestroommeter die is geïntegreerd in de verdamper.

De hier genoemde meetprincipes geven alle geheel nieuwe invalshoeken voor de ontwikkeling van nieuwe typen ontdooisensoren. Daarbij kan worden opgemerkt dat elektronische componenten steeds goedkoper worden vanwege de massaproductie en voorheen oninteressante oplossingen mogelijk nu of op korte termijn wel interessant kunnen zijn. Integratie van sensor en verdamper kan in het algemeen gunstig zijn in verband met het verminderen van de afregelproblematiek.

5.3 Energiebesparing

Wanneer een luchtkoeler berijpt, neemt de werkelijke koelcapaciteit af bij gelijkblijvende verdampingstemperatuur en koudemiddeldebiet. Een zeer praktische beschrijving van de koelerprestaties onder berijpende condities wordt gegeven in de Nederlandse norm voor het testen van luchtkoelers onder berijpende condities, NEN 1876. In deze norm wordt een effectief koelvermogen gedefinieerd, hetgeen wordt beschouwd als het gemiddelde werkelijke koelvermogen (gemiddeld over koel- en ontdooitijd).

Bij deze condities (gelijkblijvende verdampingstemperatuur en koudemiddeldebiet) blijft het opgenomen compressorvermogen constant en neemt dus het rendement van de installatie af naarmate de luchtkoeler berijpt.

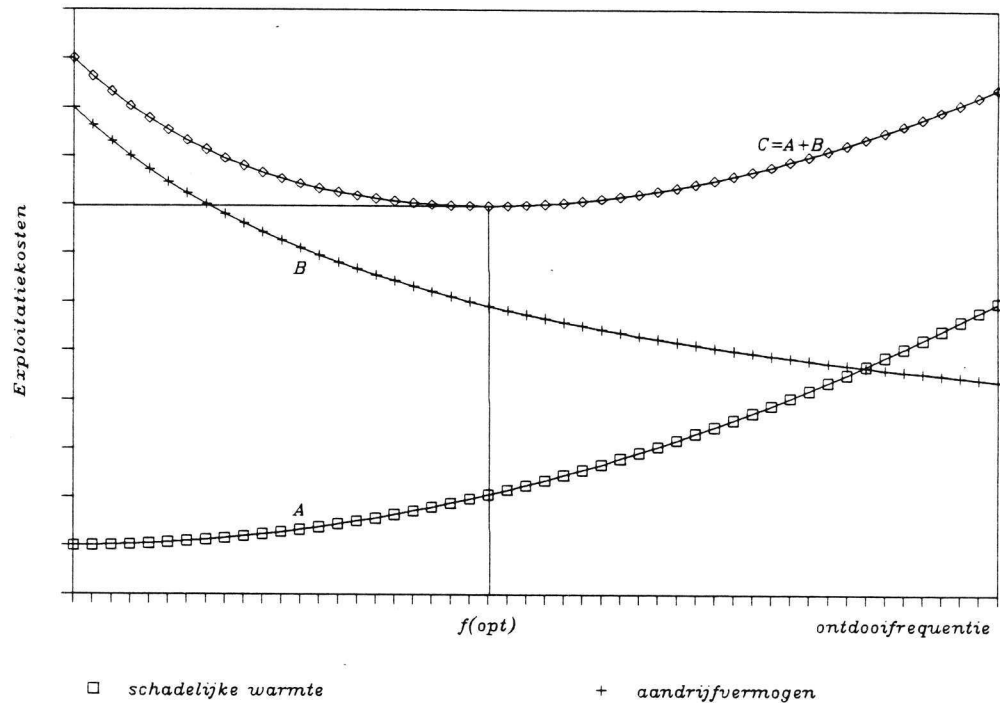
Ook in het geval dat niet het energiegebruik, maar het koelvermogen constant wordt gehouden, neemt het rendement van de installatie af bij berijping van de luchtkoeler. Dit wordt veroorzaakt door de noodzaak een lagere verdampingstemperatuur te kiezen.

Aan de hand van deze beschouwing zouden we kunnen veronderstellen, dat het rendement van de installatie toeneemt naarmate frequenter ontdooid wordt.

We dienen echter rekening te houden met het feit, dat er een grotere hoeveelheid schadelijke ontdooiwarmte in de koude ruimte wordt gevoerd, naarmate frequenter ontdooid wordt.

Ontdooisensoren in de praktijk

De conclusie moet dus zijn, dat er een optimum bestaat voor de ontdooifrequentie, waar een compromis wordt bereikt tussen de kosten van de schadelijke ontdooiwarmte (A) en de kosten samenhangend met het veranderende rendement van de koelinstallatie (B). Dit is weergegeven in figuur 9, ontleend aan [2].



Figuur 9 Kostenminimum bij optimale ontdooifrequentie

Het bepalen van de optimale ontdooifrequentie is een lastig karwei, waarin de literatuur door meerdere auteurs aandacht aan is besteed.

- Machiels en Kerschbaumer [1] behandelen dit onderwerp in samenhang met de norm NEN 1876. Ze stellen dat de ontdooiing uiterlijk moet worden ingeschakeld één uur na het bereiken van 85% van de nominale koelcapaciteit.
- Van Male [2] berekent voor heetgasontdooiing de ontdooicyclustijd bij een aantal aannamen. Deze berekeningen gelden voor constante verdampings-temperatuur en koudemiddeldebiet en een constante luchtvochtigheid.
- Delaunay [3,4] stelt dat het in de praktijk niet mogelijk is om een constante ontdooicyclustijd op te geven, maar dat deze zal afhangen van de omgevings-conditions, zoals de luchtvochtigheid. Verder stelt hij vast, dat de optimale ontdooitijd zelfs niet steeds hoeft op te treden bij dezelfde hoeveelheid gevormde rijp op de luchtkoeler.

In hoeverre het optimale ontdooitijdstip samenhangt met de gevormde rijpmassa, het drukverschil δP over de koeler, de luchtsnelheid of het temperatuurverschil δT , is niet uitgewerkt. Het is daarom de vraag of de 'schakeldrempel' van toegepaste ontdooisensoren overeenkomt met het optimale ontdooitijdstip.

Het bepalen van de mogelijke energiebesparing komt neer op het bepalen van het rendement van de installatie bij de optimale ontdooifrequentie ten opzichte van het rendement bij een referentie waarde voor de ontdooifrequentie.

Van Male [2] geeft een rekenvoorbeeld betreffende de energiebesparing bij een ontdooifrequentie anders dan de optimale frequentie. Bij verschuiving van de ontdooicyclustijd van 6 uur (de optimale tijd) naar 24 uur, vindt hij een toename van het compressor aandrijfvermogen met 3%. Deze berekening geldt echter met de aanname, dat het koelvermogen en de luchtvochtigheid constant zijn.

Bouma en Verwoerd [6] berekenen de energiebesparing ten gevolge van ontdooien naar behoefte voor koel- en vriesmeubelen. Zij maken gebruik van het feit, dat de hoeveelheid gevormde rijp niet evenredig met de tijd toeneemt. Minder frequent ontdooien is dan voordeliger, omdat in totaal minder rijp wordt gevormd in een periode van x uur, dan in vier perioden van $\frac{1}{4} x$ uur.

De energiebesparing die wordt berekend, is het verschil in ontdooienergie tussen ontdooiing op vaste tijdstippen, en ontdooiing naar behoefte op basis van een bepaalde daling van de koelcapaciteit. Het energieverbruik van de koelinstallatie wordt constant verondersteld.

Bouma en Verwoerd vinden voor een koelmeubel een besparing van maximaal 460 kWh per jaar, en voor een vriesmeubel een besparing van maximaal 405 kWh per jaar.

Indien een terugverdientijd van 3 jaar als criterium wordt gehanteerd, bedraagt de investeringsruimte circa f 300,00 (bij een elektriciteitsprijs van f 0,25/kWh). Voor dit bedrag is het mogelijk een ontdooisensor aan te schaffen getuige tabel 1.

In het rapport "Besparingsopties koel- en vriesmeubelen" [7] wordt aangegeven dat alleen bij vriesmeubelen het gebruik van een ontdooisensor rendabel is, met een terugverdientijd van 2,7 jaar. Volgens dit rapport bedraagt het besparingspotentieel 36 kWh/dag, voor alle in de Nederlandse detailhandel opgestelde vrieseilanden. Deze besparing komt ten dele voor rekening van het toepassen van een ontdooibeëindigingsthermostaat.

Een marktstudie uit 1987 van Ebben E.T.M. [8] naar het energieverbruik van koel- en vriesinstallaties leverde een geschat energieverbruik op van circa 300 miljoen kWh per jaar.

In deze studie werd alleen de industriële sector beschouwd, dus huishoudelijke en commerciële systemen (detailhandel) bleven buiten beschouwing.

Bij een besparing van 3% door het toepassen van ontdooisensoren bedraagt het besparingspotentieel in de industriële koeling 25 MWh per dag, oftewel 9 miljoen kWh per jaar.

In de praktijk, waar de berijping van de luchtkoeler geen lineaire functie is van de tijd, wordt het berekenen van de energiebesparing ondoenlijk; de meest realistische methode om inzicht te krijgen in de werkelijke besparing is door meting.

Ook hier doen zich problemen voor, vooral met betrekking tot het dupliceren van alle operationele condities in twee vergelijkende experimenten.

Verder is de keuze van de referentiewaarde voor de ontdooicyclustijd van grote invloed op de uitkomst: wanneer de referentiewaarde 'slecht' wordt gekozen (bijvoorbeeld één ontdooiing per uur), zal de energiebesparing aanzienlijk zijn. Er is echter geen andere referentiewaarde voorhanden, dan de waarde die oorspronkelijk werd bepaald door de ontdooiduur.

Voorts moet erop worden toegezien, dat alleen het effect van 'ontdooien naar behoefte' wordt gemeten: een installatie met volledige klok-ontdooibesturing (starttijd + duur) moet worden vergeleken met dezelfde installatie waarbij de ontdooisensor de starttijd bepaalt, maar de duur van de ontdooiing dezelfde is als bij het referentiesysteem. Het gebruik van een beëindigingsthermostaat is mogelijk, mits in beide experimenten gebruik wordt gemaakt van dezelfde beëindigingsthermostaat, met dezelfde (temperatuur) instelling.

Er zijn ons enkele praktijkmetingen ter hand gesteld door Contronics, betreffende de energiebesparing door het toepassen van ontdooisensoren. Enkele metingen van de Vries [5] geven bij toepassing van Contronics infrarood rijpdetector de volgende besparingspercentages:

- 10,6% bij een vrieseiland met nachtafdekking. In deze metingen is echter ook de besparing door het toepassen van een betere ontdooibeëindigingsthermostaat verdisconteerd.
- 34,6% bij een vrieseiland zonder nachtafdekking. Hier is het energieverbruik van het eiland met ontdooisensor vergeleken met een soortgelijk eiland, maar is niet nagegaan of het energieverbruik van de eilanden in eerste instantie gelijk was. Bovendien is ook hier een verbeterde ontdooibeëindigingsthermostaat toegepast.

Verder zijn ons door Contronics een aantal metingen ter hand gesteld, waarin de beperking van de ontdoofrequentie wordt nagegaan, door toepassing van de Contronics infrarood rijpdetector ontdooisystemen. Uit deze metingen blijkt dat de ontdoofrequentie aanzienlijk kan worden beperkt. Bij gelijkblijvende ontdooiduur zal hierdoor vrijwel zeker een energiebesparing optreden.

Onze conclusie is, dat het wenselijk is om de energiebesparing die bereikt kan worden door 'ontdooien naar behoefte' experimenteel vast te stellen, eventueel in combinatie met berekeningen. Wij bevelen dit aan, daar er niet voldoende verantwoorde gegevens voorhanden zijn betreffende de energiebesparing door ontdooisensoren. Naar aanleiding van een dergelijk experiment kan dan ook een kosten/batenanalyse worden uitgevoerd en de terugverdientijd worden berekend.

5.4 Aanverwante methoden om de ontdooi-efficiëntie te verbeteren

Ontdooien naar behoefte wordt in veel gevallen toegepast met als motivering het besparen van energie. Er zijn echter meerdere methoden denkbaar om energie te besparen op het ontdooien van luchtkoelers. Uit de enquête en de interviews kwam dan ook hier en daar de opmerking naar voren, dat het zinvol zou zijn om ook hier aandacht te besteden.

Ondanks het feit dat deze studie in principe alleen de praktijkervaringen met ontdooisensoren behandelt, willen we toch de aanverwante methoden om energie te besparen op het ontdooien in het kort noemen:

- Verbetering van de efficiëntcy van elektrische ontdooiing. Bij elektrische ontdooiing wordt het lamellenblok verwarmd, waardoor de rijp smelt en in de vorm van water van het blok af stroomt. Dit kost echter maar een deel van de toegevoerde warmte (de nuttige ontdooiwarmte). Een ander deel van de toegevoerde warmte verwarmt de verdamper en de omringende lucht; dit deel wordt aangemerkt als schadelijke ontdooiwarmte. De verhouding nuttige ontdooiwarmte/ totale ontdooiwarmte is in het beste geval 60%, in sommige gevallen slechts 15%. Verbetering van deze verhouding (het ontdooirendement) kan dus uit energiebesparingsoogpunt lucratief zijn.
- Het ontdooirendement van heetgasontdooiing is beter dan dat van elektrische ontdooiing. Bovendien is het hete gas in veel gevallen zonder extra energietoevoer voorhanden (persgas). Overschakeling van elektrische ontdooiing naar heetgasontdooiing kan dus energie besparen.
- Wanneer langer wordt ontdooid dan noodzakelijk, wordt op een gegeven moment alleen nog schadelijke ontdooiwarmte toegevoerd. Het toepassen van goede ontdooibeëindigingsthermostaten is daarom aan te bevelen. De indruk bestaat, dat de huidige generatie ontdooibeëindigingsthermostaten in de praktijk naar tevredenheid functioneert.
- Afscherming van het lamellenblok van de omgeving tijdens het ontdooien voorkomt warmteverlies naar de omgeving, hetgeen de schadelijke ontdooiwarmte vermindert. Bovendien moet ontdooiwarmte die in de koelruimte terecht komt, later weer worden ‘weggekoeld’, hetgeen extra energie kost.
- Naast de conventionele ontdooimethoden (elektrisch en heetgas) zijn er andere methoden denkbaar, met een beter ontdooirendement. Ook de verwijdering van rijp op andere wijze dan door ontdooien, kan energie besparen. Zo wordt bijvoorbeeld bij vriestunnels van Frigoscandia de rijplaag periodiek verwijderd met behulp van een luchtstraal. In dit verband zijn ook coatings, die de hechting van de rijplaag aan het koeleroppervlak verminderen, interessant.
- Het voorkomen van rijpvorming is vanzelfsprekend een mogelijkheid, die alle ontdooiproblemen naar het verleden verwijst en 100% energie bespaart op het ontdooien. Ook het verminderen van rijpvorming, door middel van coatings die de rijpvorming vertragen, bespaart direct energie.

6 Conclusies en aanbevelingen

Een ontdooisensor wordt in deze studie gedefinieerd als de sensor van een systeem voor ontdooiing naar behoefte. In Nederland komen de volgende typen ontdooisensoren voor:

- Infrarood rijpdiktesensor;
- δP ontdooisensor;
- δT ontdooisensor;
- Luchtsnelheidssensor.

Het meest toegepast worden de infrarood rijpdiktesensoren (ca. 95%), de luchtsnelheidssensor is tot nu toe niet toegepast.

Op basis van een uitgevoerde enquête onder een brede groep leveranciers, installateurs en gebruikers kunnen geen kwantitatieve uitspraken worden gedaan, omdat enkele grote gebruikers van ontdooisensoren ontbraken. Wel kan kwalitatief worden gesteld dat:

Met 30% van de toegepaste ontdooisensoren zijn de ervaringen goed.
Met 50% van de toegepaste ontdooisensoren zijn de ervaringen matig.
Met 20% van de toegepaste ontdooisensoren zijn de ervaringen slecht.

De meest voorkomende problemen met ontdooisensoren zijn:

- lokatie keuze voor plaatsing van ontdooisensoren (alle typen),
- overgang van rijp naar ijs (IR sensoren),
- beïnvloeding van de te meten grootte door de sensor (IR sensoren),
- vocht in de drukopneemslang (δP ontdooischakelaar),
- afregeling (alle typen),
- vervuiling (δP en δT).

Naar aanleiding van interviews met onder andere de leveranciers van ontdooisensoren, kan als schatting worden gegeven dat in Nederland in totaal ca. 4200 ontdooisensoren zijn toegepast.

Uit de enquête zijn geen gegevens naar voren gekomen omtrent energiebesparing in de praktijk. Via Contonics, leverancier van infrarood ontdooisensoren, zijn ons wel een aantal meetresultaten ter hand gesteld. Deze meetresultaten hebben echter betrekking op toepassing van ontdooisensoren in combinatie met ontdooi-afbeëindigingsthermostaten.

Een theoretische studie geeft als besparing door toepassing van ontdooisensoren voor koeleilanden maximaal 460 kWh/jaar en voor vrieseilanden maximaal 405 kWh/jaar. De mogelijke investering komt daarmee op f 300,00 bij een terugverdientijd van drie jaar.

Het besparingspotentieel wordt geschat op 36 MWh/dag, bij toepassing van ontdooisensor én ontdooi-afbeëindigingsthermostaat bij alle vriesmeubelen in de Nederlandse detailhandel.

In de industriële koeling wordt het besparingspotentieel geschat op 25 MWh/dag, bij toepassing van ontdooisensoren.

Aangezien er vrijwel geen gegevens bekend zijn over de besparing van ontdooi-

sensoren (Exclusief ontdooibeëindigingsthermostaat), is het gewenst dit verder te onderzoeken. Een dergelijk onderzoek zou kunnen bestaan uit metingen, gecombineerd met modelberekening.

Wij bevelen aan om nadere aandacht te besteden aan de onderstaande punten.

Met de bestaande ontdooisensoren kunnen problemen worden gereduceerd door:

- Het vaststellen van de optimale lokatie op basis van ervaringsgegevens en het opstellen van een procedure voor controle van de juiste werking.
 - Het niet toepassen van infrarood sensoren bij koelruimten met temperaturen rond 0 °C waar zich ijs kan vormen.
 - Het toepassen van (commerciële) δT sensoren te beperken tot gevallen met een gelijkmatige belasting (koudevraag).
 - Een korte, rechte drukopneemslang te gebruiken bij de δP ontdooischakelaar.
 - Het toepassen van meerdere sensoren per verdamper in plaats van één sensor.
- Verder zijn een aantal verbeteringen denkbaar, die ingrijpen in het sensorontwerp, maar het meetprincipe handhaven:
- Infrarood rijpdiktemeting over meerdere lamellen.
 - Infrarood rijpdikte meting langs de volledige hoogte van één lamel.
 - δP ontdooisensor met analoge elektrische spanningsuitgang.
 - δT ontdooisensor met computergestuurd regelsysteem.

Mogelijke alternatieve principes voor ontdooisensoren zijn:

- capaciteitsmeting van een plaatcondensator met rijp als diëlectricum,
- akoestische resonantiesensor,
- capacatieve sensor,
- piëzo elektrische sensor.
- warmtestroom meter.

Naast de verdere ontwikkeling van ontdooisensoren kan energie bespaard worden op ontdooiing op andere manieren:

- verbetering van het ontdooirendement van elektrische ontdooisystemen,
- heetgas in plaats van elektrische ontdooiing toepassen,
- afscherming van het lamellenblok tijdens het ontdooien,
- toepassen van een ontdooibeëindigingssensor,
- methoden om rijpaangroei te verminderen,
- rijpverwijdering op andere wijze dan door ontdooien.

7 **Literatuur**

- [1] Machielsen, C.H.M and Kerschbaumer, H.G.
Influence of frost formation and defrosting on the performance of air coolers:
standards and dimensionless coefficients for the system designer.
Rev. Int. Froid, vol 12, september (1989) page 283 - 290.

- [2] Van Male, J.
De optimale frequentie voor de ontdooiing van luchtkoelers met behulp van
persgas.
Koeltechniek 73, nr. 5, mei (1980) pagina 96 - 102.

- [3] Delaunay, J.
L'optimisation du Degivrage
IIR Conference Proceedings, Wenen (1987) pag. 444 -449.

- [4] Delaunay, J.
Le givrage, un phenomene irritant et de grande importance economique.
Rev. General du froid, mei (1988) pag. 89 - 111.

- [5] De Vries, F.J.
Rapport toepassing ontdooiautomaten op diepvrieseilanden.
Albert Heyn, D.T.P. Energiezaken, (1984).

- [6] Bouma, J.W.J. en Verwoerd, M.
Mogelijke toepassing van een rijpdetector
bij luchtkoelers met rijpvorming.
MT-TNO, ref.nr. 81-09068 (1981)

- [7] Sluis, S.M. van der
Besparingsopties koel- en vriesmeubelen.
TNO-Milieu en Energie, ref.nr. 91-153 (1991).

- [8] Eindrapport Marktonderzoek Energiebesparings maatregelen
in koel- en vrieshuizen.
Ebben E.T.M. (1987).

8 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
NOVEM B.V.
dhr. Ir. W. van zanten
Postbus 17
6130 AA Sittard

Namen en functies van de medewerkers
Ir. R.J.M. van Gerwen - onderzoeker
Ir. S.M. van der Sluis - wetenschappelijk researchmedewerker
H. Koffijberg - research medewerker

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed
niet van toepassing

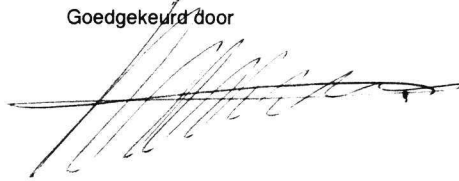
Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
December 1990 - Juni 1991

Ondertekening



Ir. S.M. van der Sluis
auteur

Goedgekeurd door



Ir. P.E.J. Vermeulen
werkgroep leider Koudetechniek

Bijlage 1 Vragenlijst schriftelijke enquête ‘praktijkervaringen ontdooisensor’

N.B. De vragenlijst is ‘gecomprimeerd’, de ruimte die op de originele vragenlijst is opengelaten ter beantwoording van de vragen is hier niet weergegeven.

De originele vragenlijst werd verstuurd met daarbij gevoegd een artikel over het praktijkonderzoek naar ontdooisensoren en de adreslijst van de deelnemers aan de enquête.

Ontdooisensoren in de praktijk
1 Algemene gegevens

- 1.1 Naam bedrijf:
 1.2 Adres en telefoonnummer:
 1.3 Ingevuld door:
 1.4 Functie:
 1.5 Soort bedrijf:

2 Gegevens sensoren

- 2.1 Heeft u ontdooisensoren in de praktijk toegepast?
 (Onder toepassen van ontdooien naar behoefte wordt verstaan dat via een of andere detectie van de berijpingsgraad van de luchtkoeler slechts ontdooit wordt wanneer dat nodig is: 'ontdooien naar behoefte'; zie ook bijgevoegde publikatie)
 (Zo nee, dan heeft het verder geen zin deze vragenlijst in te vullen, s.v.p. wèl terugsturen).
- 2.2 Welk merk en type is toegepast en in welke aantallen?
 (Bij meerdere merken en/of typen deze apart vermelden met sensorvolgnummer).
 Wanneer meerder merken en/of typen zijn toegepast, wordt U verzocht de overige vragen per merk en type apart te beantwoorden; in dat geval voor ieder sensor-volgnummer aparte kopieën van de vervolgbladen gebruiken

Volgnr.	Merk	Type	Aantal
---------	------	------	--------

S1:
 S2:
 S3:

- 2.3 Indien niet in het eigen bedrijf toegepast, wilt u dan aangeven bij welke bedrijven de sensoren zijn toegepast?
 (naam, adres, soort bedrijf, eventueel contactpersoon vermelden)
- 2.4 Voor welke toepassing zijn de sensoren gebruikt en op welke wijze wordt ontdooit?
 (bijv. koelcel, horizontaal vrieseland etc., indien mogelijk merk en type; H = Heetgas; E = Elektrisch; W = Water/pekkel; L = Cellucht)
- 2.5 Welk type ontdooiregeling is van toepassing?
 (S = Start ontdooicyclus; B = Beëindiging ontdooicyclus; K = combinatie met klok en/of ontdooibeëindigingsthermostaat; C = in combinatie met computerregeling; indien mogelijk toelichten).

Ontdooisensoren in de praktijk

- 2.6 Wat is het sensorprincipe en waar/hoe zijn de sensoren aangebracht?
(bijv. infrarood rijplaagdiktemeting, temperatuurverschil lucht-lamel, drukverschil etc.)
(bijv. één sensor per verdamper, centraal in de aanzuiglucht etc.)

3 Praktijkervaringen

- 3.1 Hoe lang worden/werden de sensoren in de praktijk toegepast en worden ze op dit moment nog steeds toegepast?
- 3.2 Functioneren/functioneerden de sensoren naar wens?
(zo nee, aangeven wat de klachten zijn/waren en hoe deze zijn geconstateerd; bijv. plaatselijk dichtvriezen verdamper, temperaturen in de ruimte te hoog etc.; s.v.p. zo volledig mogelijk toelichten)
(zo ja, aangeven hoe dit is geconstateerd; vervolgens vraag 3.3 overslaan)
- 3.3 Wat zijn naar uw idee de oorzaken van het niet goed functioneren van de ontdooisensoren en hoe zou het functioneren verbeterd kunnen worden?
(bijv. niet correct geïnstalleerd, geen goed principe, niet geschikt voor deze toepassing, geen goede instructies voor praktijkgebruik, onvolledige regeling (ontbreken van ontdooibeëindigingssensor) etc.; s.v.p. zo volledig mogelijk toelichten).
- 3.4 Heeft u effect op de kwaliteit van het gekoelde produkt kunnen waarnemen?
(zo ja, aangeven welke effecten, hoe groot en hoe geconstateerd)
- 3.5 Heeft u een energiebesparend effect van de ontdooisensor kunnen constateren?
(zo ja, aangeven hoe groot, t.o.v. waarvan, hoeveel ontdooiacties per dag, welk jaargetijde en hoe geconstateerd)

4 Slotvragen

- 4.1 is het naar uw idee zinvol een nader gesprek met ons over dit onderwerp te voeren en bent u daartoe bereid?
- 4.2 Weet u andere personen/bedrijven die praktijkervaringen met ontdooisensoren hebben en niet op de bijgevoegde lijst zijn vermeld?
(zo ja, s.v.p. naam en adres vermelden).
- 4.3 Zijn de door u verstrekte gegevens openbaar?
(zo nee, aangeven welke aspecten vertrouwelijk zijn)
- 4.4 Stelt u toezending van een samenvatting van de enquêteresultaten op prijs?

5 Opmerkingen en suggesties

Bijlage 2 Besprekingsverslagen interviews met deskundigen

N.B. Alleen die besprekingsverslagen zijn opgenomen, welke door de geïnterviewde personen als 'niet vertrouwelijk' zijn gekenmerkt.

Opgenomen besprekingsverslagen:

Contronics BV
Van Kempen
VDH Products
Post Koudetechniek BV
Minks Marijnen
ITHO BV
Priva BV
Adviesbureau koudetechniek
Frigo Import BV

Niet opgenomen:

Albert Heijn BV
Unilever Product Engineering

Onderwerp
Bespreking praktijkstudie Ontdooisensoren

Datum
25 oktober 1990

Steller
R.J.M. van Gerwen

Gesproken met
dhr. G.R. Toes
Contronics B.V.

1. Inleiding

Contronics levert sinds 1984 systemen voor "ontdooien naar behoefte". Het bedrijf heeft 8 medewerkers; de feitelijke produktie wordt volledig uitbesteed.

Bij de bespreking zij de volgende punten aan de orde gekomen:

- beschrijving Contronics systemen;
- informatie over aard en aantallen toepassingen;
- praktijkervaringen;
- het Contronics systeem in vergelijking met andere bestaande systemen;
- verdere gang van zaken, planning.

2. Beschrijving Contronics systemen voor ontdooien naar behoefte.

De basis van deze systemen bestaat uit een optische ijsdetector ID-10 (sensor). Deze sensor wordt op de verdamper bevestigd; de rijpopbouw in de sensor onderbreekt bij een zekere (instelbare) laagdikte een infrarode lichtstraal. De lichtstraal wordt niet continu uitgezonden maar slechts 1 minuut per uur. De sensor is ongevoelig voor vervuiling of druppelvorming op de lens.

In de eenvoudigste uitvoering (KT-31/KT-33) wordt dit signaal, met een zekere vertraging ter voorkoming van onnodige acties, gebruikt om een ontdooiperiode te initiëren.

Op de regelaar kan de ontdooitijd worden ingesteld (tussen 8 en 40 min.). Ter beveiliging is ingebouwd dat na een zekere tijd (8 x de ingestelde ontdooitijd) in ieder geval met een ontdooiperiode wordt gestart, in geval van een defecte sensor of verbinding naar de sensor.

Later is een uitvoering ontwikkeld (KTD-55) waarbij de sensor wordt gecombineerd met een elektronische ontdoोकlock. De ontdoोकlock genereert iedere drie uur een signaal om te starten met een ontdooiperiode; alleen wanneer op dat moment de sensor de ingestelde rijplaagdikte detecteert, zal een ontdooiperiode daadwerkelijk plaatsvinden. Beëindiging van de ontdooiperiode wordt gedirigeerd door een temperatuurvoeler (ontdooibeëindigingsthermostaat), met een maximum periodeduur van 1 1/2 uur. Tevens is een instelbare uitlekvertraging ingebouwd.

Om meerdere sensoren op één regelaar te kunnen aansluiten is een "multi ijsdetector interface" verkrijgbaar. Wanneer één van de aangesloten sensoren de ingestelde rijplaagdikte detecteert, wordt het signaal aan de regelaar doorgegeven.

De ijssensor zelf is sinds de introductie vrijwel niet gewijzigd.

3. Aard en aantallen toepassingen.

In totaal zijn tot nu toe circa 8000 sensoren afgezet. (3000 in Nederland, 5000 in het buitenland).

Als toepassingsmarkt is sinds de introductie gemikt op de commerciële koeltechniek (winkel koel- en vriesmeubelen, kleine koel- en vriescellen), merendeels in supermarkten.

Er zijn geen technische redenen waarom de sensor vrijwel niet in de industriële koeltechniek wordt toegepast; deze markt is nooit actief benaderd.

4. Praktijkervaringen.

Vanwege de massale toepassing bij AH is het merendeel van de praktijkervaring hiervan afkomstig.

De ervaringen bij AH waren zodanig dat daar eind 1988 besloten is de toepassing van ontdooisensoren te beëindigen.

Door dhr. Toes zijn hiervoor onder andere de volgende redenen aangegeven:

- ongeacht het soort toepassing is de ijssensor met de eenvoudige regelaar (KT-31/KT-33) gebruikt; voor een aantal toepassingen was dit eigenlijk een te simpele regeling;
- uit kostenoverwegingen is 1 sensor per 2 verdampers toegepast; in een aantal toepassingen, met name bij glasdeurkasten is dit niet toereikend;
- De sensoren werden niet altijd volgens de voorschriften gemonteerd.

Door dhr. Toes zijn de volgende algemene opmerkingen gemaakt.

- In het algemeen functioneert de ontdooisensor met eenvoudige regelaar (KT-31/KT-33) bij vriestoepassingen naar wens. Bij koeltoepassingen is het aan te bevelen de nieuwe uitvoering (KTD-55) te gebruiken.
- De te bereiken energiebesparing bij "ontdooien naar behoefte" is bij open eilanden tot 35 %, bij kasten en cellen tot 18 %, bij een afgedekt diepvrieseiland circa 10 %. Deze cijfers zijn gebaseerd op berekeningen en praktijkmetingen (bij elektrisch ontdooien).
- De energiebesparing bij "heetgasontdooiing naar behoefte" is 60-70 % van de besparing bij elektrisch ontdooien.
- Vermeende problemen met ontdooisensoren bij toepassing in multiplex-installaties worden veroorzaakt door problemen die de monteur heeft met de complexiteit van de installatie zelf.
- bij elektronische expansieventielen, flooded verdampers en pompcirculatie werkt de ontdooisensor beter omdat de verdamper gelijkmatiger berijpt.
- Bij industriële koel- en vriestoepassingen is gebruik van de ontdooisensor goed mogelijk en zinvol; de sensor is echter nog nauwelijks in deze markt toegepast.

mogelijke redenen hiervoor:

- * men ziet ontdooien niet als een probleem;
- * energiebesparing wordt niet zo belangrijk gevonden;
- * Contronics heeft deze markt niet actief bewerkt.

5. Het Contronics systeem in vergelijking met andere bestaande systemen;

Door dhr. Toes zijn de volgende opmerkingen hierover gemaakt.

- Meting van het luchtzijdig temperatuur- of drukverschil meet te zeer een lokaal effect en voldoet daarom niet. Deze methode is te zeer gevoelig voor lokale veranderingen van luchtverplaatsing. Van Gerwen merkt op dat de ijssensor eveneens een lokaal effect meet.
- Meting van de rijplagdikte in een sensor die om een pijp wordt geklemd (Alco CDDC) is vergelijkbaar met het Contronics principe; doordat de sensor niet in een vaste positie wordt gemonteerd en om de pijp kan draaien, bestaat het gevaar van ijsopbouw op de instelschroef of lens; de betrouwbaarheid is daardoor matig.
- Een Duitse sensor (Friedhelm Mayer GmbH) meet het temperatuurverschil tussen lucht en lamel. Dit is een zeer goed principe.

- De VDH optische sensor maakt gebruik van de reflectie van een lichtstraal en is daardoor volgens dhr. Toes te gevoelig voor de positie en voor omgevingslicht; ook is deze sensor gevoelig voor vervuiling.
- Piezo-elektrische sensoren zijn te gevoelig voor vervuiling en te duur.

Onderwerp
Bespreking "Praktijkstudie Ontdooisensoren"

Datum
9 april 1991

Steller
S.M. van der Sluis

Gesproken met
Dhr P. Vink
v. Kempen, Tiel.
03440 - 16300

Inleiding.

Dhr. Vink heeft het enquêteformulier "praktijkervaringen ontdooisensoren" ingevuld en aan ons opgestuurd. Naar aanleiding van dit formulier bleven nog enkele vragen onbeantwoord. Dhr. vink had aangegeven dat een gesprek minder zinvol zou zijn, vandaar dat de aanvullende vragen telefonisch zijn gesteld.

De Helpman sensor HO (2 stuks)

In de enquête is reeds aangegeven dat deze sensoren, werkend met het drukverschil principe, niet meer worden toegepast. Dhr. Vink kon geen details verstrekken, omdat deze sensoren vóór zijn tijd zijn toegepast.

Het "v. Kempen" systeem voor Groente- en Fruit koeling.

Het bedrijf v. Kempen heeft een computer-sturing ontwikkeld, waarbij de vaststelling van de ontdooibehoeftte één van de regelaspecten is. Voor Groente- en fruit- koeling wordt gebruik gemaakt van verdamper temperaturen van rond 0 °C. Temperatuursensoren bepalen de tijdsduur dat de verdamper beneden het vriespunt werkt, en bij een bepaalde verstreken tijd wordt dan de ontdooiing ingeschakeld. Het systeem werkt naar behoren. De precieze energiebesparing is onbekend, maar het aantal ontdooiakties is wel met ca. 50% verminderd. Dit systeem wordt door v. Kempen toegepast bij groente- en fruit veilingen, en is niet op de markt voor derden.

Het "v. Kempen" systeem voor vriestoepassingen.

Voor situaties waar de temperatuur continu onder het vriespunt ligt, wordt een andere (computer) regeling toegepast. Hier berust de bepaling van de ontdooibehoeftte op het temperatuurverschil tussen in- en uitgaande lucht bij de verdamper. Deze regeling is volgens dhr. Vink moeizaam omdat het temperatuurverschil niet de juiste indicatie geeft van de rijpdikte (het verschil loopt achter). Daarom wordt hier een extra beveiliging toegepast die eenmaal in een bepaalde tijd onafhankelijk de ontdooicyclus start.

Onderwerp

Bespreking "praktijkstudie ontdooisensoren"

Datum

11 april 1991

Steller

S.M. van der Sluis.

Aanwezig

S. v.d. Heyden (VDH products)

S. M. v.d. Sluis (TNO IMET)

Inleiding

De bespreking vond plaats in het kader van het TNO onderzoek naar praktijkervaringen met ontdooisensoren. VDH products in Roden is leverancier van ontdooisensoren, met name infrarood rijpdiktemeters.

De bespreking had betrekking op de ontdooisensoren uit het programma van VDH products, en op ideeën over ontdooisensoren in het algemeen.

De markt

VDH products is gespecialiseerd in het produceren van meet- en regelapparatuur met name voor de koeltechniek. De produkten worden geleverd aan professionele installateurs. Sinds ca. 5 jaar behoort ook een Infrarood rijpdiktesensor met bijbehorend ontdooisysteem tot het leveringsprogramma.

Vanwege de algemene scepsis van de markt t.o.v. ontdooisensoren is de afzet niet groot (enkele honderden per jaar). De verwachting is dat positieve ervaringen in projecten, waar het systeem wordt toegepast, voor een sneeuwbal-effect in de afzet zullen zorgen. Het "break-even" punt is reeds bereikt. Recent is de export van het systeem naar Spanje zeer succesvol.

Het produkt

Het hart van het ontdooisysteem IQ 160 wordt gevormd door een infrarood rijpdiktesensor. Een gemoduleerd IR signaal wordt door zwart aluminiumplaatje gereflecteerd, en weer opgevangen. De opgevangen intensiteit is een directe maat voor de rijplaagdikte, die in mm. wordt gedisplaysed. Het systeem is ongevoelig voor externe lichtbronnen.

Het elektronisch systeem bepaalt de start van een ontdooicyclus, afhankelijk van de ingestelde rijplaagdikte. Een elektronische tijdsklok bepaalt de duur van de ontdooicyclus.

De sensor kan eenvoudig worden bevestigd met een klemsysteem.

Er wordt gewerkt aan de mogelijkheid meerdere sensoren op verschillende verdamers aan te sluiten op één regelaar.

De praktijkervaringen.

Het VDH systeem wordt toegepast in o.a. koel- en vrieshuizen, slachterijen en in koelmeubelen. In 90 % van de gevallen kan het systeem naar behoren functioneren, in een klein aantal gevallen biedt het systeem geen oplossing.

Problemen die zich voordoen zijn te onderscheiden naar twee categorieën:

- 1- IJsvorming. De rijpdiktesensor reageert alleen op rijp, en niet op ijs. In gevallen waar de rijplaag overgaat in ijs, funktioneert het systeem niet naar behoren. Bij de toegepaste (IR) methode is dit probleem niet te verhelpen.
- 2- Positionering. In de praktijk is de berijping van de verdamper veelal plaatsafhankelijk. De sensor moet worden aangebracht op een plaats waar zich veel rijp vormt. In samenwerking met Zephyr koel- en luchttechniek B.V. wordt onderzocht wat de ideale montage plaats is. Een gedetailleerd plaatsingsvoorschrift is niet aanwezig. Wel is een beknopte handleiding met tekeningen aanwezig.

Energiebesparing.

Concrete percentages bespaarde energie zijn niet gemeten. Wel is vastgesteld dat het aantal ontdooiacties door het VDH systeem wordt beperkt. Dit effect is gemeten bij koelmeubelen (CIVO - TNO) en in een vriesruimte van IVP - TNO.

Toekomstverwachtingen.

VDH products vertrouwt erop dat de IQ 160 zichzelf de komende jaren bewijst. Er is derhalve geen overstap nodig naar een ander systeem, de ontwikkelingen liggen vooral in het vlak van de miniaturisering en de uitbreiding naar systemen met meerdere verdamperen en sensoren (scanning).

Voor wat betreft de overige systemen ziet dhr. van der Heyden alleen een serieuze oplossing in een Duits systeem, dat de luchtsnelheid over de verdamper meet d.m.v. de afkoeling van een verwarmde sensor. Toch zal ook bij dit systeem de plaatsbepalingsproblematiek niet zijn opgelost.

Onderwerp

Bespreking "praktijkstudie ontdooisensoren"

Datum

12 april 1991

Steller

S.M. van der Sluis.

Aanwezig

G.S.N. Holtkamp (Post Koudetechniek BV)

S.M. v.d. Sluis (TNO IMET)

Inleiding

De bespreking vond plaats in het kader van het TNO onderzoek naar praktijkervaringen met ontdooisensoren. Post Koudetechniek BV is één van de bedrijven die een bijdrage leveren aan het onderzoek.

Naar aanleiding van de ingevulde vragenlijst is een interview gehouden waarbij dieper op het onderwerp "praktijkervaringen met ontdooisensoren" werd ingegaan.

Post koudetechniek BV is een koeltechnisch installatie- en servicebedrijf. Er worden drie typen ontdooisensoren toegepast, welke hierna afzonderlijk zullen worden besproken.

Helpman delta-P mm WK ontdooisensor.

Dit type ontdooisensor wordt al ca. 8 jaar door Post Koudetechniek BV toegepast. Het werkingsprincipe berust op het meten van het drukverschil tussen de ventilator drukruimte en de omgeving. Wanneer de berijping van de verdamper toeneemt, zal ook het drukverschil toenemen.

In de praktijk treden problemen op door condensvorming in de opnemerslangen. Er kan zich een waterkolom van enkele mm. hoogte vormen, die direct invloed heeft op het gemeten drukverschil. De verstoring is van dezelfde grootte-orde als het signaal, zodat geen betrouwbare meting wordt verricht. Dit probleem ontstaat met name wanneer in de opneemslang bochten aanwezig zijn. Wanneer bij temperaturen onder 0 °C wordt gewerkt, bevriest de gevormde waterkolom, en wordt de meting van het drukverschil onmogelijk. Een bijkomend probleem is dat water het meetmembraan kan bereiken.

Op grond van deze ervaringsfeiten weten de installateurs van Post Koudetechniek BV hoe, waar en wanneer dit systeem zonder problemen kan worden toegepast (boven de koeler, voorkomen van bochten in opnemerslangen, etc.). Er wordt opgemerkt dat het nuttig is deze ervaringsfeiten op papier te zetten, en terug te koppelen naar de leverancier.

VDH rijpdikte sensor.

Dit type sensor wordt sinds ca. 3 jaar toegepast. Het systeem berust op het direct meten van de rijpdikte met een gemoduleerd infrarood lichtsignaal. De intensiteit van de lichtstraal is afhankelijk van de hoeveelheid rijp die zich bevindt tussen zender en ontvanger (die zich op dezelfde plaats bevinden). Dit systeem wordt gebruikt bij zowel vries- als koeltoepassingen.

Het systeem werkt betrouwbaar - afgezien van een sporadisch storing in de regelaar. De plaats waar de sensor wordt aangebracht is zeer belangrijk. Bij 10 dezelfde toepassingen is namelijk het berijpingspatroon van de verdamper niet steeds hetzelfde. Daarom wordt de sensor aangebracht op de meest voor de hand liggende plaats (op basis van ervaring), en wordt na 14 dagen de werking gecontroleerd.

PT 100 temperatuurverschilmeting.

Dit ontdooisysteem berust op meting van het temperatuurverschil tussen verdampingstemperatuur en lameltemperatuur met standaard temperatuuropnemers. Het systeem is betrouwbaar, maar ook hier speelt de plaatsbepalingsproblematiek.

Toekomst.

Post Koudetechniek BV blijft ontdooisensoren toepassen, alhoewel de voordelen niet duidelijk aangegeven kunnen worden. De meest voor de hand liggende methode om in de toekomst te gebruiken is de VDH infrarood rijpdiktemeter. Post koudetechniek BV is afhankelijk van de ontdooisystemen die op de markt worden aangeboden.

Overigens zijn er ook installaties waar geen ontdooisensoren worden toegepast, met name bij vriestunnels.

Energiebesparing.

Er zijn geen metingen uitgevoerd betreffende de besparing veroorzaakt door ontdooisensoren. Een groot probleem is dat het handhaven van de meetcondities vrijwel onmogelijk is in de praktijk.

Dhr. Holtkamp verwacht meer van andere methoden om energie te besparen tijdens het ontdooien. Belangrijke besparingsopties zijn:

- het afschermen van de verdamper tijdens de ontdooicyclus.
- ontdooitijd begrenzing afhankelijk van condensaat - temperatuur.
- start ontdooicyclus op moment dat heet gas voorhanden is.
- betere plaatsing van de elektrische ontdooielementen.

Suggesties.

Aangezien er in de vrieshuiswereld veel aandacht en geld wordt gestopt in energieverbruik (met name isolatie), kan worden getracht een collectief van vrieshuizen geïnteresseerd te krijgen voor onderzoek naar besparingen op ontdooisystemen. Een aandachtspunt zou de positionering van ontdooisensoren kunnen zijn, alsmede de hierboven genoemde besparingsopties.

Een idee voor een nieuwe aanpak voor een ontdooisysteem is de meting van de hoeveelheid geproduceerd dooiwater. Na een serie metingen kan een referentiewaarde worden vastgesteld, die kan worden vergeleken met de gemeten hoeveelheid. Hieruit is dan weer de mate van rijpvorming af te leiden, en dus de ontdooibehoeftte. Het nadeel van deze aanpak is de tijdvertraging, zodat het idee voornamelijk van toepassing is voor redelijk stationaire situaties.

Onderwerp
Bespreking "praktijkstudie ontdooisensoren"

Datum
1 mei 1991

Steller
S.M. van der Sluis.

Aanwezig
A.F. Vorst (Minks Marijnen)
S.M. v.d. Sluis (TNO IMET)

Inleiding

De bespreking vond plaats in het kader van het TNO onderzoek naar praktijkervaringen met ontdooisensoren. Minks Marijnen, dochter van het Electrolux concern, is een koeltechnisch productie- en installatiebedrijf, en één van de bedrijven die een bijdrage leveren aan het onderzoek.

Minks Marijnen heeft in het verleden ontdooisensoren toegepast in onder andere koel- en vrieskasten voor horeca toepassingen en in koeltoonbanken voor de detailhandel.

In het interview worden de ervaringen van Minks Marijnen met verschillende typen ontdooisensoren besproken.

Het Logic Defrost Systeem (met Contronics infrarood rijpsensor).

Dit systeem werkt met een infrarood lichtstraal, die wordt onderbroken door rijp die zich vormt op een stelschroef. Het systeem is toegepast in universeel kasten voor bedrijfskoeling, type "Gastronorm". In een ideale testopstelling functioneert het systeem goed, maar in de praktijk ontstonden problemen ten aanzien van de plaatsbepaling op de verdamper en de vorming van ijs in plaats van rijp. Zoals bekend, wordt de infrarood lichtstraal geblokkeerd door rijp, maar kan zich moeiteloos door ijs voortplanten. Een universele oplossing was niet te vinden, vanwege uiteenlopende gebruikscondities. Daarom is men gestopt met de toepassing van deze ontdooisensor.

Contronics ontdooisensor op basis van temperatuurverschil.

Bij dit systeem wordt het temperatuurverschil tussen verdamper en circulatielucht gemeten. Het systeem werd op verzoek van de afnemer gemonteerd in o.a. koeltoonbanken. Naar aanleiding van slechte ervaringen (dichtvriezen verdamper) is na 1 jaar met de toepassing gestopt. Als belangrijke hindernis geldt ook hier dat door de verschillen in gebruikscondities de optimale plaats van de temperaturopnemers niet eenduidig vastgelegd kan worden. Bovendien wordt het meubel (met verdamper en sensoren) door Minks Marijnen geleverd, terwijl de koelinstallatie veelal door een installateur wordt geleverd. Hierdoor ontstonden problemen bij de aansluiting van de ontdooisensor.

Energiebesparing.

Er zijn geen metingen verricht met betrekking tot de energiebesparing door het toepassen van ontdooisensoren. Vanwege de steeds wisselende gebruikscondities, zijn vergelijkende metingen vrijwel onmogelijk. Ook omdat het energieverbruik van verschillende meubelen niet concreet kan worden vergeleken, is het energieverbruik op het ogenblik geen "item". Overigens worden bij Albert Heyn op het ogenblik wel metingen uitgevoerd naar het energieverbruik van meubelen.

Ontdooisensoren in de toekomst.

Op het ogenblik past Minks Marijnen geen ontdooisensoren toe, en is dat ook niet op korte termijn van plan. Bedrijfseconomisch gezien is het toepassen van ontdooisensoren op dit moment het nemen van risico, waartegenover geen baten staan. Ook als verkoopargument (het Logic Defrost Systeem had als bijbedoeling het produkt een "high tech" image te geven) heeft de ontdooisensor afgedaan. Vanzelfsprekend is het wel zo, dat wanneer een klant een ontdooisensor wenst, deze ook wordt toegepast.

Op het gebied van de ontdooisensoren speelt Electrolux geen initiërende rol, maar wacht af wat de markt te bieden heeft. De onderzoekinspanningen van Minks Marijnen zijn op ander onderwerpen geconcentreerd. Wanneer een perfect werkend systeem op de markt verschijnt, is Minks Marijnen uiteraard wel geïnteresseerd.

Onderwerp
Bespreking "Praktijkstudie Ontdooisensoren"

Datum
6 mei 1991

Steller
S.M. van der Sluis

Gesproken met
Dhr K. van Heiningen
ITHO B.V. Schiedam
010 - 4278602

Inleiding.

Dhr. van Heiningen heeft het enquêteformulier "praktijkervaringen ontdooisensoren" ingevuld en aan ons opgestuurd. Naar aanleiding van dit formulier bleven nog enkele vragen onbeantwoord. Deze vragen zijn aan de orde gekomen in een telefonisch vraaggesprek op 2 mei j.l.

Ervaringen met ontdooisensoren.

ITHO B.V. is leverancier van koeltechnische materialen. In het leveringsprogramma zijn in het verleden ontdooisensoren opgenomen geweest. Deze (infrarood) ontdooisensoren zijn in gebruik bij diverse afnemers, waarbij ITHO B.V. begeleiding gaf. De problemen die daarbij werden geconstateerd waren:

- omslachtige installatie
- het dichtvriezen van verdamperen omdat een ongelijkmatige en onvoorspelbare berijping optrad, en de plaats van de opnemer niet juist vastgelegd kon worden.
- de ongevoeligheid van de sensor bij ijsvorming i.p.v. rijp.
- corrosie van de toevoerdraden.

Naar aanleiding van deze problemen en de grote mate van ondersteuning die moest worden gegeven, zijn de ontdooisensoren uit het programma genomen.

Toekomstige ontwikkelingen.

De behoefte aan goede ontdooisensoren blijft bestaan, maar ITHO wacht tot er een bedrijfszeker systeem op de markt komt, alvorens de ontdooisensor in het programma wordt opgenomen. De heer van Heiningen blijft alert voor de ontwikkelingen op het gebied van ontdooisensoren. Vorig jaar op de ASHRAE conferentie in de U.S.A. is een nieuw ontdooisysteem gesignaleerd, dat werkt met een hittedraad in de ventilatorstroom. Van dit systeem is echter tot nu toe niets meer vernomen.

Onderwerp
Bespreking "Praktijkstudie Ontdooisensoren"

Datum
2 mei 1991

Steller
S.M. van der Sluis

Gesproken met
Priva B.V. De Lier.
01745 - 13921

Inleiding.

Naar aanleiding van één van de ingevulde enquêteformulieren (A36), waarin werd vermeld dat de toegepaste ontdooisensor door Priva B.V. werd geleverd, is telefonisch contact opgenomen met Priva.

Alhoewel de deskundige op dit gebied, dhr. Kleynenberg, niet aanwezig was konden toch de meest dringende vragen beantwoord worden.

Priva B.V. is een bedrijf dat klimaatcomputers levert voor toepassing in de tuinbouw. Sinds ca. 6 jaar worden ook klimaatregelingen voor in de gebouwde omgeving geleverd, met name voor veilingen en opslagruimten.

Het ontdooisysteem.

Het ontdooisysteem type "landbouw" bestaat in feite uit een temperatuuropnemer op de lamel. Bij rijpvorming is de gemeten lameltemperatuur ongeveer gelijk aan de verdampingstemperatuur. De ontdooiing kan dan verder met een PC worden geregeld. aan de hand van praktijkervaringen worden correcties uitgevoerd. De plaats van de temperatuuropnemer op de verdamper moet proefondervindelijk worden vastgesteld.

De gebruikte ontdooisystemen functioneren naar wens. Effect op energieverbruik en/of kwaliteit is echter nooit vastgesteld, omdat er steeds sprake was van nieuwbouwsituaties.

(informatie uit enquête A36).

Commentaar van Priva B.V.

Deze toepassing van de temperatuursensor is bekend bij Priva, maar er wordt verder nauwelijks aandacht besteed aan ontdooisensoren. Infrarood sensoren en dergelijke worden niet geleverd. Wanneer een klant erom vraagt, worden ontdooisensoren vanzelfsprekend wel geleverd, en wordt ook technische ondersteuning gegeven.

Onderwerp
Bespreking "Praktijkstudie Ontdooisensoren"

Datum
8 mei 1991

Steller
S.M. van der Sluis

Gesproken met
Dhr J. Odolphy, eigenaar.
Adviesbureau koudetechniek
Den Dolder
030 - 285930

1. Inleiding.

Dhr. Odolphy heeft het enquêteformulier "praktijkervaringen ontdooisensoren" ingevuld en aan ons opgestuurd. Naar aanleiding van dit formulier bleven nog enkele vragen onbeantwoord.

Dhr. Odolphy is eigenaar van het éénmansbedrijf Adviesbureau Koudetechniek, en reeds 30 jaar werkzaam in het vak. Hij verzorgde de koeltechnische installatie in de eerste vestigingen van Albert Heijn. De heer Odolphy heeft grote interesse voor elektronica en informatica en de toepassing daarvan in de koudetechniek.

2. De oplossing van Adviesbureau Koudetechniek.

Uitgangspunt van dhr. Odolphy is het feit dat de juiste plaatsing van een rijpdetector op de verdamper altijd een gok is. In principe is het zelfs onmogelijk om de juiste plaats te bepalen, omdat bij vriesmeubelen bijvoorbeeld alleen al door tocht het berijpingspatroon volledig kan veranderen.

De oplossing voor de plaatsbepalingsproblematiek heeft dhr. Odolphy gevonden in het toepassen van 3 parallel geschakelde infrarood rijpdetectoren. Eén detector wordt geplaatst bij de inspuiting (waar in theorie de meeste rijpvorming optreedt), de andere twee aan de luchtinlaat- en luchtuitlaatzijden van de verdamper. De sensoren worden één voor één afgetast door een multiplexer, waarna de signalen worden doorgegeven aan het conventionele regelsysteem.

In de praktijk functioneert dit systeem volledig naar wens, waanneer het wordt toegepast bij vriesinstallaties met een kleine delta-T dus een lage berijping. Bij koelinstallaties wordt het niet toegepast, vanwege ijsvorming. Een eenmaal geïnstalleerd systeem werkt direct, en de plaatsing van de sensoren hoeft niet meer aangepast te worden - volgens de ervaringen van de heer Odolphy.

De uitgevoerde installaties worden dag en nacht bewaakt door middel van een temperatuurregistratie bij dhr. Odolphy thuis. Afwijkingen in de registraties duiden op storingen, die zodoende direct worden geregistreerd. Bij een project dat sinds twee jaar loopt, is de enige geconstateerde storing het te warm worden van de celtemperatuurdetector, vanwege een zeer lange ontdooitijd bij overmatige rijpvorming.

Een bijkomend voordeel van het gebruik van 3 sensoren is de verhoogde betrouwbaarheid, omdat het systeem ook werkt wanneer één van de sensoren defect is. Bovendien is het systeem uitgerust met tijdklok op de achtergrond ter beveiliging. Het aantal ontdooiingen, en de tijdsduur van de ontdooicycli worden geregistreerd, en kunnen bij dhr. Odolphy thuis worden afgelezen.

Aan het gebruik van 3 sensoren in plaats van één zijn wel extra kosten verbonden, vanwege de multiplexer die moet worden toegepast. De extra kosten voor sensoren en installatiewerkzaamheden zijn te verwaarlozen.

De baten zijn niet direct gemeten, maar wel is duidelijk dat het aantal ontdooicycli (soms eenmaal per week) enorm kan worden beperkt ten opzichte van installaties die met een tijdklok ontdooid worden.

Onderwerp
Bespreking "praktijkstudie ontdooisensoren"

Datum
16 mei 1991

Steller
S.M. van der Sluis.

Aanwezig
H. Geurts (Frigo Import)
S.M. v.d. Sluis (TNO IMET)

Inleiding

De bespreking vond plaats in het kader van het TNO onderzoek naar praktijkervaringen met ontdooisensoren. Frigo Import is een groothandel in koeltechnische apparatuur, en één van de bedrijven die een bijdrage leveren aan het onderzoek.

Frigo Import voert verschillende typen ontdooisensoren in haar leveringsprogramma. Naast de levering wordt in de praktijk ook vaak technische ondersteuning gegeven aan de afnemer.

In het interview worden de voor- en nadelen besproken van de verschillende typen ontdooisensoren die geleverd kunnen worden.

1. De infrarood rijpdiktesensor.

Frigo Import heeft één infrarood Defrost on demand systeem in haar programma gehad, type CDDC van ALCO controls. Het Duitse bedrijf ALCO levert deze sensor niet meer, maar mogelijk kan deze sensor worden geleverd door het moederbedrijf in de Verenigde Staten. Frigo heeft deze sensor echter nooit daadwerkelijk verkocht, en er is dus geen praktijkervaring aanwezig.

Het CDDC systeem is gebaseerd op een infrarood sensor type CFDH. Deze sensor wordt op een verdamperbuis geklemd met een veersysteem. De lichtstraal wordt onderbroken door rijpvorming op de verdamperbuis. Dit is een duidelijk pluspunt ten opzichte van de Contronics- en VDH- sensoren, die de rijpvorming meten op een onderdeel van de sensor (extra warmteweerstand).

Als nadeel is echter aan te voeren, dat het meestal niet mogelijk zal zijn de sensor tussen de lamellen te plaatsen vanwege de dikte (min. 14 mm) van de sensor. Daarom moet de sensor worden aangebracht buiten het lamellenblok op de koudemiddel toe- of afvoerleiding, de vraag is of hier wel een representatieve waarde voor de berijping wordt gemeten.

Een tweede nadeel is de typisch Amerikaanse electronica behuizing, die bestaat uit een metalen kastje. dit type behuizing is gevoeliger voor vocht dan plastic behuizingen.

Als voordeel kan verder nog genoemd worden, dat voor plaatsing van de sensor de lamellen niet beschadigd hoeven te worden (geen gaten of inknippen).

Een algemeen euvel van de infrarood ontdooisensoren, is dat de sensor het luchtstromingspatroon beïnvloedt. De rijpvorming op de gemeten plaats zal daarom vrijwel altijd afwijken van de oorspronkelijke rijpvorming op dezelfde plaats (voor de sensor werd aangebracht). Zeer duidelijk is dit effect waar te nemen op een foto uit een reclamefolder over IR ontdooisensoren. Plaatsing van de sensor op een bocht van de verdamperpijp (buiten het blok) beïnvloedt de luchtstroom door het blok niet.

2. De ELREHA ontdooisensor TK(G) 250

De ELREHA ontdooisensoren TK 250 en TKG 250 werken op het principe van de temperatuurverschil meting.

Bij koelmeubelen wordt aanbevolen het temperatuurverschil tussen de koudste plaats op de verdamper (buiten de luchtstroom, op de eerste bocht na het inspuitsventiel)) en de uitstromende lucht te meten.

Bij koelruimten wordt aanbevolen het luchttemperatuurverschil te meten tussen de aanstroom- en uitstroomlucht van de verdamper.

Bovendien wordt met een extra temperaturopnemer de luchttemperatuur van de ruimte gemeten. Deze wordt vergeleken met de gewenste waarde, en zonodig wordt de koeling ingeschakeld.

In feite moeten we hier dus spreken van een complete regeling voor de koelinstallatie (ontdooischakeling + koelschakeling). Dit vormt het grootste bezwaar voor toepassing van de ELREHA ontdooisensor. In de praktijk wil men namelijk de ontdooisensor integreren in de bestaande regeling van de koelinstallatie, en dit is met de ELREHA sensor niet mogelijk. Anderzijds is de uitvoeringsvorm (het kastje) te groot voor toepassing bij koelmeubelen, waar de tendens naar zoveel mogelijk display ruimte sterk doorgezet wordt, en er geen fysieke ruimte is voor een regelkastje op een bereikbare plaats. Dit is de voornaamste reden waarom het systeem nauwelijks wordt toegepast. Het ELREHA systeem is getest door Electric Engineering B.V. in Utrecht.

Ten opzichte van de infrarood rijpdiktesensoren heeft dit systeem het grote voordeel dat het veel minder gevoelig is voor de precieze plaatsing van de sensoren, omdat de globale berijping van de verdamper wordt gemeten (of althans van een deel van de verdamper). Bij een grote verdamper kan overigens eenvoudig een serie/parallel schakeling van 4 opnemers worden toegepast, die de gemiddelde temperatuur over 4 lokaties meet.

Hier staat tegenover, dat de relatie tussen de rijpdikte en het temperatuurverschil over de verdamper niet vastligt, en in de praktijk moet worden vastgesteld. Dit betekent dat een aanzienlijke inspanning voor de juiste afregeling nodig is.

Een voordeel ten opzichte van infrarood sensoren, is dat er geen ingrepen aan de verdamper hoeven plaats te vinden (gaten, inknippen).

Bij dubbel uitblazende verdampers, voorzien van twee aparte verdamperblokken, kan het systeem niet worden gebruikt omdat zich op beide verdampers veelal niet evenveel rijp vormt.

3. Küba QKL 2 regelsysteem.

Het Küba regelsysteem QKL 2 is voorzien van een Defrost on Demand sensor. Het systeem werkt eveneens met temperatuurverschil meting (tussen verdamper en intreelucht). Naast het inschakelen van de ontdooiing, wordt ook een temperatuursignaal gebruikt voor de ontdooibeëindiging. De temperaturopnemers zijn in de verdamper eenheid ingebouwd, zodat het systeem alleen in combinatie met een Küba verdamper kan worden toegepast. Over ervaringen met dit systeem is niets bekend.

4. Parker Electronic Frost sensor (EFS).

De Refrigeration Specialties division van Parker (Illinois, USA), is met een ontdooisensor (EFS) op de markt gekomen, die werkt op het principe van luchtsnelheidsmeting. De luchtsnelheidssensor wordt centraal in de luchtstroom gepositioneerd. Bij persende ventilatoren wordt de sensor aan de uittredezijde gemonteerd, bij zuigende ventilatoren aan de intreezijde.

Het elektronisch systeem van de EFS is voorzien van geavanceerde electronica, waardoor het onder ander mogelijk is om het langzaam berijpen van de verdamper te onderscheiden van het uitvallen van de verdamperventilator. Het systeem is zelfregelend, de "vrije" luchtsnelheid wordt als referentiewaarde vastgelegd na iedere ontdooiperiode. De ontdooiing wordt ingezet wanneer de gemeten

luchtsnelheid (tijdgemiddeld) een in te stellen percentage van de "vrije" luchtsnelheid onderschrijdt. Het systeem beschikt niet over een ontdooibeëindigingsschakelaar.

In vergelijking met andere ontdooisystemen, is dit systeem duur (ca. f3500 tgenover enkele honderden guldens). Het is daarom nog niet toegepast in Nederland.

Ontwikkelingen op het gebied van ontdooisensoren.

Frigo Import zal ontdooisensoren in het leveringsprogramma houden. Daarbij wordt voornamelijk afgewacht wat er vanuit de vaste toeleveranciers wordt aangeboden. Erg veel enthousiasme voor de levering van ontdooisensoren is er niet, vanwege het feit dat de kosten voor de nazorg zeer hoog zijn ten opzichte van de verdiensten.

Het leveren van "custom made" ontdooisensoren behoort niet tot het werkterrein van Frigo Import, er worden alleen standaard units geleverd.

Het toepassen van ontdooisensoren ontleent zijn bestaansrecht vooral aan de mogelijkheid van energiebesparing. Dhr. Geurts vindt echter, dat naar andere, effectievere methoden, gezocht moet worden om energie te besparen op het ontdooien. Overschakeling van elektrische naar heetgas- ontdooiing heeft een enorm besparingspotentieel, of het verbeteren van het rendement van elektrisch ontdooien.

Bijlage 3 Adressen van leveranciers van ontdooisensoren

Apparatenfabriek Helpman N.V.
Van Heekstraat 31
Postbus 119
3100 AC SCHIEDAM
tel: 010 - 4370844

Contronics Holland B.V.
Koninginnelaan 72
Postbus 144
5490 AC SINT-OEDENRODE
tel: 04138 - 73901

Frigo-Import B.V.
Loodstraat 26-34
Postbus 52
2700 AB ZOETERMEER
tel: 079 - 613101

ITHO B.V.
Adm. de Ruyterstraat 2
Postbus 21
3100 AA SCHIEDAM
tel: 010 - 4263372

VDH Products B.V.
Produktieweg 1
9301 ZS RODEN
tel: 05908 - 15740

Bijlage 4 Lijst met bedrijven (op alfabet) die een financiële bijdrage aan het onderzoek hebben geleverd

Albert Heijn B.V.	Postbus 608	1500 EP Zaandam
Bronswerk B.V.	Postbus 28	3800 HC Amersfoort
Carrier B.V.	Postbus 151	2394 ZH Hazerswoude
Contronics Holland	Postbus 144	5490 AC Sint-Oedenrode
Delta Technics Engineering B.V.	Konijnenberg 53	4825 BC Breda
EDAH	Postbus 37	5700 MB Helmond
Frigo Import B.V.	Postbus 52	2700 AB Zoetermeer
Goedhart B.V.	Nijverheidsweg 6	4695 RC St. Maartensdijk
Grenco Support B.V.	Postbus 806	5201 AV 's-Hertogenbosch
GROKO Inter.arch. en Koeltechn.	Straatweg 256	3621 BZ Breukelen
ITHO B.V.	Postbus 21	3100 AA Schiedam
Minks-Marijnen	Beesdseweg 7	5431 LA Culemborg
Post Koudetechniek B.V.	Postbus 306	5201 AH 's-Hertogenbosch
Stal Koudetechniek B.V.	Wilmersdorf 29	7327 AD Apeldoorn
Unilever Product Engineering	Postbus 114	3130 AC Vlaardingem
Zephyr Koel- en luchttechn. B.V.	Postbus 1051	8300 BB Emmeloord