

**ANRE-DEMONSTRATIEPROJECT:  
INDIRECT KOELSYSTEEM MET FLO-ICE  
SLAGERIJ VAN HOOF IN MOL**

**Eindrapport**

**J. Van Bael**

**VITO**

**December 1997**

## SAMENVATTING

In het kader van de bevordering van nieuwe energietechnologieën (KB van 1983) heeft de Vlaamse overheid een subsidie toegekend aan slagerij Van Hoof in Mol voor de nieuwe koelinstallatie met Flo-Ice geïnstalleerd door de firma Fri-Jado (Etten-Leur, Nederland). De subsidie bedraagt 35% van de kosten voor de installatie. VITO voert in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) een evaluatie van dit demonstratieproject uit, waarbij de prestaties van de technologie en de bereikte energiebesparing geanalyseerd worden.

De evaluatie van de koelinstallatie met Flo-Ice bij slagerij Van Hoof is geen eenvoudige zaak vanwege het feit dat het complex en vrij duur is om bepaalde parameters (o.a. de geleverde koelenergie) te meten. Daarom is de opvolging van het project beperkt tot het nameten van een aantal parameters (elektriciteitsverbruik, temperatuur van de verdamper en de condensor van de primaire kring, temperatuur van het Flo-Ice in het buffervat en de temperatuur van de verdamper voor de vriescel) die gebruikt worden in het model van Fri-Jado om de energiebesparing vergeleken met een direct systeem te bepalen.

Een aantal parameters bleken goed overeen te komen met het model van Fri-Jado, een aantal parameters (de verdampertemperatuur van de vrieskring en de gemiddelde temperatuur van het Flo-Ice) weken af van wat verondersteld werd. Vandaar dat Fri-Jado gevraagd werd om het model opnieuw te laten lopen met de aangepaste waarden voor de inputparameters.

Gedurende de meetperiode gaande van juni '96 tot en met mei '97 heeft de installatie 89.624 kWh elektriciteit verbruikt wat 4% hoger is vergeleken met het aangepaste model. Volgens Fri-Jado is dit te wijten aan het feit dat de installatie gedurende een lange periode niet optimaal heeft gefunctioneerd en het feit dat een model steeds een benadering is van de werkelijkheid.

Wanneer het opgemeten elektriciteitsverbruik vergeleken wordt met het elektriciteitsverbruik van een direct systeem (volgens model Fri-Jado) dan wordt 8.481 kWh/jaar of 9 % bespaard. Qua primaire energie betekent dit een besparing van 69 GJ/jaar of 9 % vergeleken met een direct systeem (volgens model Fri-Jado). De reductie van CO<sub>2</sub>-emissie bedraagt 5 ton CO<sub>2</sub>/jaar of 9 %.

Gezien de complexiteit van vergelijkingsreferenties werd geen economische evaluatie gemaakt. Wel kan vermeld worden dat de investeringskosten ongeveer 30% à 35% hoger gelegen zijn en dat de onderhoudskosten ongeveer 80% hoger liggen vergeleken met een conventioneel direct systeem (volgens verwachtingen van Fri-Jado). De baten van het project zijn ten eerste het lager energieverbruik vergeleken met een direct systeem (volgens model Fri-Jado), het feit dat 's nacht (bij lage energietarieven) koelenergie kan gebufferd worden en dat tijdens de piekuren in het elektriciteitsstarief de installatie gereduceerd kan werken (lagere vermogenterm in de energiefactuur).

Ten slotte kan nog vermeld worden dat dit een milieuvriendelijk systeem is gezien een chloorvrij koelmiddel gebruikt wordt en gezien indirecte koeling toegepast wordt (minder koelmiddel in de installatie).

## INHOUDSTABEL

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INLEIDING .....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>2</b> | <b>TECHNISCHE BESCHRIJVING .....</b>                                      | <b>5</b>  |
| <b>3</b> | <b>MEETPROCEDURE .....</b>  | <b>8</b>  |
| 3.1      | PROBLEEMSTELLING .....  | 8         |
| 3.2      | GEMETEN PARAMETERS .....  | 9         |
| <b>4</b> | <b>VERWERKING VAN DE MEETRESULTATEN.....</b>                              | <b>10</b> |
| 4.1      | TOTALE ELEKTRICITEITSVERBRUIK VAN DE INSTALLATIE.....                     | 10        |
| 4.2      | VERLOOP VAN DE GEMETEN TEMPERATUREN .....                                 | 12        |
| 4.3      | ENERGIEBESPARING VAN HET SYSTEEM.....                                     | 17        |
| <b>5</b> | <b>PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN REDUCTIE CO<sub>2</sub>-EMISSIE .....</b> | <b>18</b> |
| 5.1      | PRIMAIRE ENERGIEBESPARING.....  | 18        |
| 5.2      | REDUCTIE CO <sub>2</sub> -EMISSIE.....                                    | 18        |
| 5.3      | BIJKOMENDE BEMERKINGEN.....   | 19        |
| 5.4      | MENING VAN DE EIGENAAR .....  | 20        |
| <b>6</b> | <b>BESLUIT.....</b>   | <b>22</b> |

BIJLAGE I: TABEL MET MAANDOVERZICHT

BIJLAGE II : BESPARING MET FLO-ICE VOLGENS FRI-JADO

BIJLAGE III : RENDEMENT EN CO<sub>2</sub>-EMISSIONEFACOR ELEKTRICITEITSPARK

REFERENTIES

# 1 INLEIDING

Slagerij Van Hoof is een ambachtelijk slagersbedrijf dat zijn grootste omzet haalt uit de particuliere verkoop. Daarnaast wordt er ook geleverd aan tavernes, frituren en snackbars. Het slagersbedrijf komt echter onder een steeds grotere concurrentiedruk te staan vanwege de supermarktketens. Kwaliteit, uitbreiden van het assortiment, inspelen op de steeds specifiekere wordende vragen van de consument naar bereide gerechten zijn noodzakelijk om het hoofd te kunnen bieden aan deze concurrentie. Vandaar dat slager Van Hoof besloten heeft om te investeren in moderne productiemethoden en in een volledig nieuwe koelinstallatie geplaatst in een nieuw gebouw. Voor wat de koelinstallatie betreft heeft slager Van Hoof geopteerd voor een milieuvriendelijk koelsysteem van de firma Fri-Jado (Etten-Leur, Nederland) waarbij:

- indirecte koeling toegepast wordt (scheiding tussen koudeopwekking en koudedistributie);
- het koelmiddel R404A (geen chloorcomponenten) gebruikt wordt voor koudeopwekking;
- Flo-Ice het koudedistributiemiddel is;
- de mogelijkheid bestaat tot koudebuffering gedurende de nacht om pieken overdag op te vangen.

Vanwege het energiebesparend karakter van deze installatie heeft de Vlaamse overheid in het kader van de bevordering van nieuwe energietechnologieën (KB van 1983) een subsidie toegekend voor deze koelinstallatie. De subsidie bedraagt 35% van de kosten voor de installatie.

VITO voert in opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) van de Vlaamse overheid een evaluatie uit van dit demonstratieproject, waarbij de prestaties van de technologie en de bereikte energiebesparing geanalyseerd worden.

In dit eindrapport worden de meetresultaten over een periode van een jaar geanalyseerd en besproken. In hoofdstuk 2 van dit rapport wordt beknopt een technische beschrijving van de installatie gegeven. In het volgende hoofdstuk wordt de meetprocedure van dit demonstratieproject besproken waarna in hoofdstuk 4 de meetresultaten weergegeven worden. De besparingen op het vlak van primaire energie en de reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot worden in hoofdstuk 5 vermeld. In het laatste hoofdstuk komen de besluiten aan bod.

## 2 TECHNISCHE BESCHRIJVING

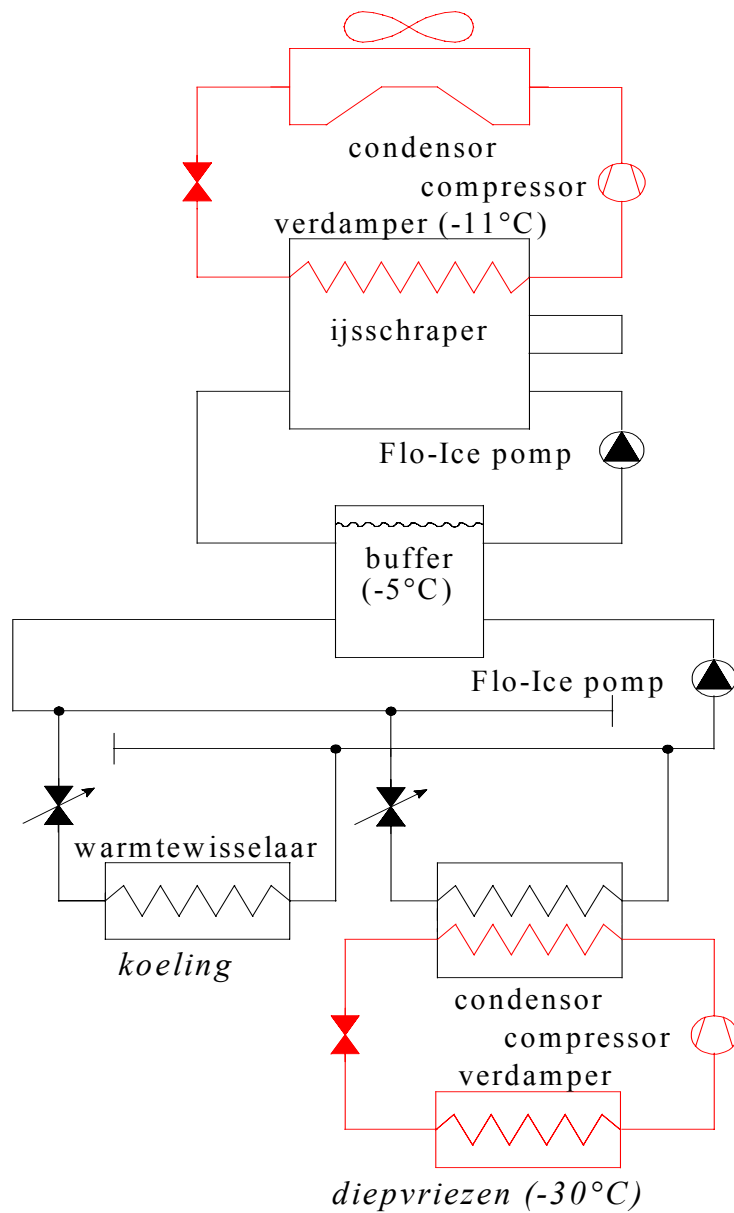
Figuur 2.1 geeft het principeschema weer van de koel- en vriesinstallatie met Flo-Ice die bestaat uit 3 circuits: een primair circuit, een secundair circuit en een circuit voor diepvriezen. In het primaire circuit wordt koude opgewekt door het laten verdampen van een koelmiddel. De koelenergie wordt gebruikt voor het koelen van het Flo-Ice in het secundair circuit via een speciale warmtewisselaar. Wanneer de temperatuur van het mengsel daalt onder  $-3,8\text{ °C}$  worden er op het verdamperoppervlak ijskristallen gevormd die mechanisch afgeschraapt en opgeslagen worden in een geïsoleerd vat. Vanaf dit vat wordt het Flo-Ice verdeeld naar de koelruimtes, de verwerkingsruimtes en de condensor van de vrieskring. Een gedeelte van de ijskristallen in het Flo-Ice smelt door opname van warmte. Het mengsel komt daarna terug in de buffer waar opnieuw ijskristallen toegevoegd worden.

Figuur 2.2 geeft het schema weer van de koelinstallatie bij slagerij Van Hoof. De installatie bestaat eveneens uit drie circuits. In het primaire circuit wordt het koelmiddel R404A gebruikt voor de opwekking van koude ( $37,7\text{ kW}_{\text{th}}$ ). Daarvoor worden 3 compressoren gebruikt met elk een nominaal vermogen van  $3\text{ kW}_{\text{el}}$ . Afhankelijk van de koelvraag (koudegebruikers of buffering) kunnen één of meerdere compressoren ingeschakeld worden. Het condenseren van het persgas gebeurt met een condensor die opgesteld staat op het dak van het nieuwe gebouw waarbij tot 5 ventilatoren (totaal nominaal vermogen  $1\text{ kW}_{\text{el}}$ ) kunnen ingeschakeld worden afhankelijk van de buitentemperatuur en de hoeveelheid warmte die moet afgevoerd worden. De verdamper van het primaire circuit is geïntegreerd in de ijsschraapinstallatie waar de ijskristallen aangemaakt worden voor het secundaire circuit. Deze ijskristallen worden verzameld in een buffervat vanwaaruit de distributie gebeurt naar de diverse koudegebruikers:

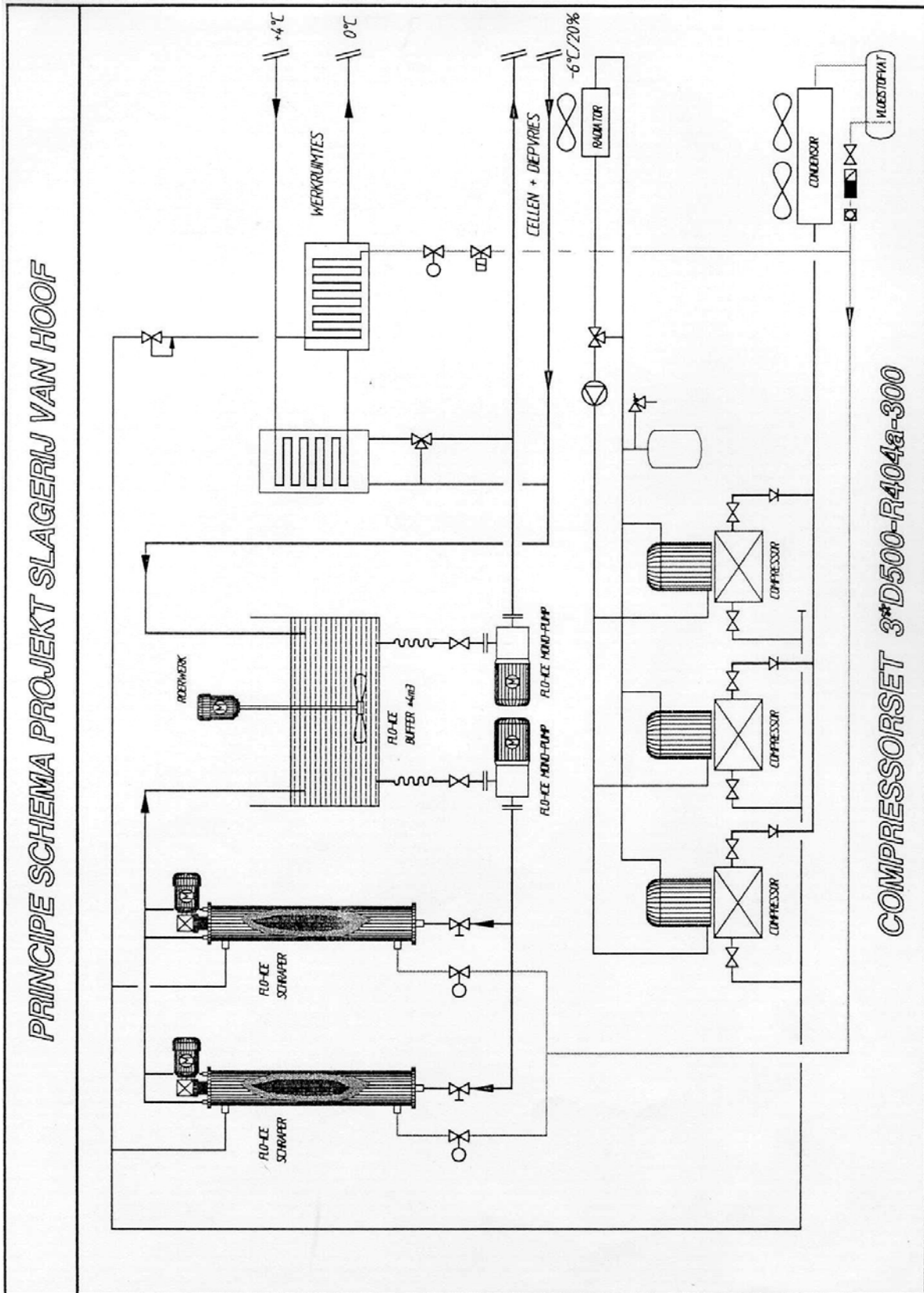
- de koelcellen (bewaring van vleeswaren en bereide gerechten);
- de condensor van het circuit voor de vriescel;
- de warmtewisselaar voor het koelcircuit van de verwerkingsruimtes.

Wanneer nodig (bij onvoldoende koeling van de verwerkingsruimtes via Flo-Ice), kan een bijkomende warmtewisselaar die op de primaire koelkring is aangesloten, ingeschakeld worden.

Het invriezen van eetwaren gebeurt in de vriescel ( $2,4\text{ kW}_{\text{th}}$ ). Hiervoor is één compressor geïnstalleerd met een nominaal vermogen van  $1,2\text{ kW}_{\text{el}}$ . De condensor van deze vrieskring wordt gekoeld met Flo-Ice.



*Figuur 2.1: Principeschema van een koel- en vriesinstallatie met Flo-Ice*

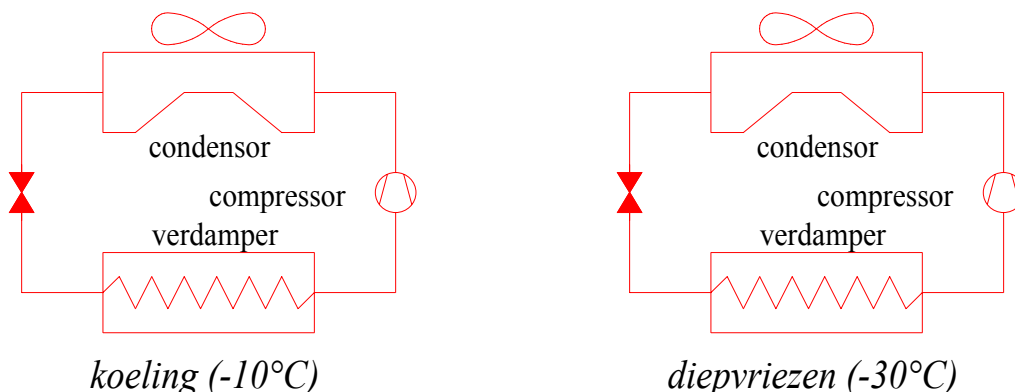


Figuur 2.2: Principeschema van de koelinstallatie bij slagerij Van Hoof

### 3 MEETPROCEDURE

#### 3.1 Probleemstelling

Voor de berekening van de besparing op het vlak van energie dient vooreerst bepaald te worden welk de referentiesituatie is, dit wil zeggen welk systeem normaal gezien in een dergelijke situatie geplaatst zou worden. Volgens de koelinstallateur Fri-Jado zou in dergelijk geval een direct koelsysteem geïnstalleerd worden zoals weergegeven in figuur 3.1. Voor de opwekking en de distributie van koude wordt hier een zelfde medium gebruikt. Vraag en aanbod van koude dienen steeds in evenwicht te zijn gezien geen buffering van koude mogelijk is. Gezien er bij de slagerij zowel koeling nodig is bij een temperatuurniveau van  $-10^{\circ}\text{C}$  (koelcellen, verwerkingsruimtes,...) als bij een temperatuurniveau van  $-30^{\circ}\text{C}$  (vriescel) zijn twee koelkringen nodig.



*Figuur 3.1: Direct koelsysteem*

Om een nauwkeurige vergelijking op energetisch gebied te maken tussen een direct systeem en een systeem op basis van Flo-Ice zouden twee installaties moeten vergeleken worden: een installatie met Flo-Ice en een installatie met een direct koelsysteem. Gezien de koelvraag en dus ook het energieverbruik sterk afhankelijk zijn van slagerij tot slagerij (soort producten die verwerkt worden, tijdstip van verwerking, ...) en gezien geen slagerij bekend is met ongeveer dezelfde procescondities als Van Hoof vervalt deze optie.

Een tweede optie bestaat uit een uitvoerige meting van een hele reeks parameters bijvoorbeeld de koudevraag in koelcellen en verwerkingsruimtes, de koudevraag in de vriescel, het elektriciteitsverbruik van compressoren in de primaire kring, het elektriciteitsverbruik van de compressor voor de vriescel. Via berekeningen met gemiddelde rendementen van een direct koelsysteem kan dan een schatting gemaakt worden van het energieverbruik van een direct systeem en kunnen beide systemen op energetisch vlak vergeleken worden. Gezien het nauwkeurig meten van de koudevraag vrij duur is (dure debietmeters, complexe inbouw) is deze optie eveneens niet mogelijk.

Een derde optie bestaat uit het nameten van een beperkt aantal parameters die een invloed hebben op het energieverbruik en die eveneens gebruikt worden als inputparameters voor het model van Fri-Jado. Dit model biedt de mogelijkheid om een vergelijking te maken tussen het energieverbruik van een direct systeem en het energieverbruik van een indirect systeem met Flo-Ice. Bij de voorontwerpberekeningen van de installatie bij Van Hoof



werden door Fri-Jado schattingen gemaakt van deze inputparameters (condensortemperatuur primaire kring, verdampertemperatuur primaire kring, gemiddelde temperatuur van het Flo-Ice in het buffervat, verdampertemperatuur vrieskring, ...). Door gedurende een jaar deze parameters praktisch na te meten, kan nagegaan worden of de schattingen die in de voorontwerpberekeningen gemaakt werden hiermee overeenkomen. Deze optie blijkt de enige haalbare gezien de grootte van het budget en gezien het tijdsbestek.

### 3.2 Gemeten parameters

Voor de opvolging van dit demonstratieproject worden zoals reeds vermeld een beperkt aantal parameters opgemeten.

Via een elektriciteitsmeter verbonden met een datalogger wordt het totale elektriciteitsverbruik van de hele installatie uurlijks opgemeten dat bestaat uit:

- compressoren van de primaire kring;
- schraper van de ijskristallen;
- roerwerk in de buffer;
- pompen voor de verdeling van het Flo-Ice naar de verschillende verbruikers;
- ventilatoren van de condensor;
- regelsysteem van de installatie.

Gezien de compressor van de vriescel niet tot hetzelfde elektriciteitsnet behoort, wordt dit verbruik apart opgemeten via een pulsgever verbonden met de datalogger. Het elektriciteitsverbruik van deze compressor wordt bepaald door de tijd dat de compressor in werking is te vermenigvuldigen met het vermogen dat (eenmalig) door VITO opgemeten werd. De volgende parameters worden elk uur (d.w.z. momentwaarde van dat ogenblik) door de firma Fri-Jado opgetekend en maandelijks toegestuurd naar VITO:

- de condensortemperatuur van de primaire kring;
- de verdampertemperatuur van de primaire kring;
- de temperatuur van het Flo-Ice in het buffervat;
- de verdampertemperatuur van het circuit voor de vriescel.

Gezien de condensor van de vriescel gekoeld wordt met Flo-Ice en gezien het debiet aan Flo-Ice dat door deze warmtewisselaar stroomt zodanig geregeld wordt dat de temperatuur van de condensor constant op 0°C blijft, wordt deze parameter niet continu gemeten.

Tabel 3.1 geeft een overzicht van de parameters en energiestromen die gemeten worden.

*Tabel 3.1: gemeten parameters op de koelinstallatie*

| Grootheid                                  | Eenheid | Meting door: |
|--|---------|--------------|
| Elektriciteitsverbruik installatie         | kWh     | VITO         |
| Elektriciteitsverbruik compressor vriescel | kWh     | VITO         |
| Temperatuur condensor (primaire kring)     | °C      | Fri-Jado     |
| Temperatuur verdamper (primaire kring)     | °C      | Fri-Jado     |
| Temperatuur Flo-Ice (in buffervat)         | °C      | Fri-Jado     |
| Temperatuur verdamper (vriescel)           | °C      | Fri-Jado     |

## 4 VERWERKING VAN DE MEETRESULTATEN

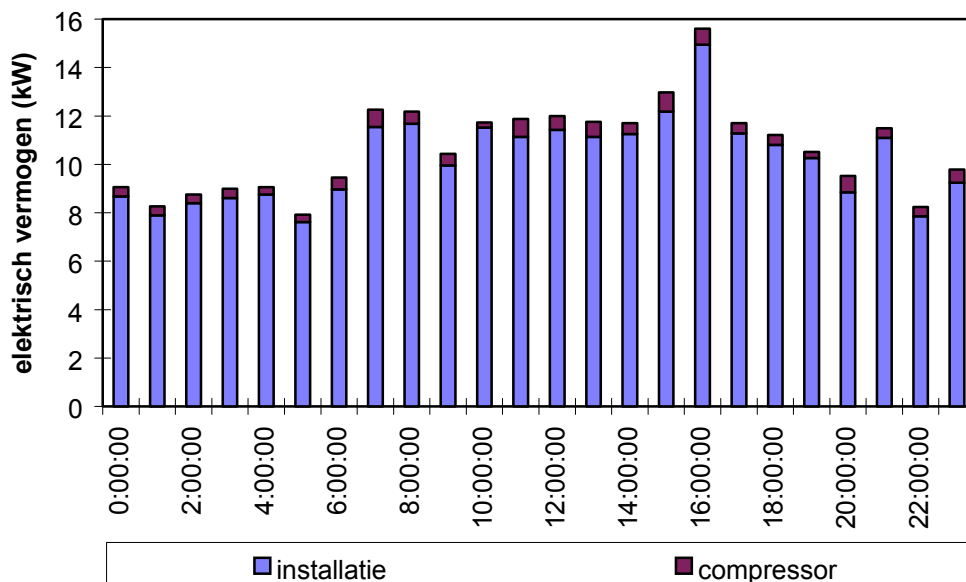
De registratieperiode liep van 1 juni 1996 tot en met 31 mei 1997. De gemeten grootheden worden zoals eerder vermeld uurlijks opgetekend. Voor wat de opgemeten temperaturen betreft, wordt, zoals eerder vermeld, elk uur de momentwaarde geregistreerd.

### 4.1 Totale elektriciteitsverbruik van de installatie

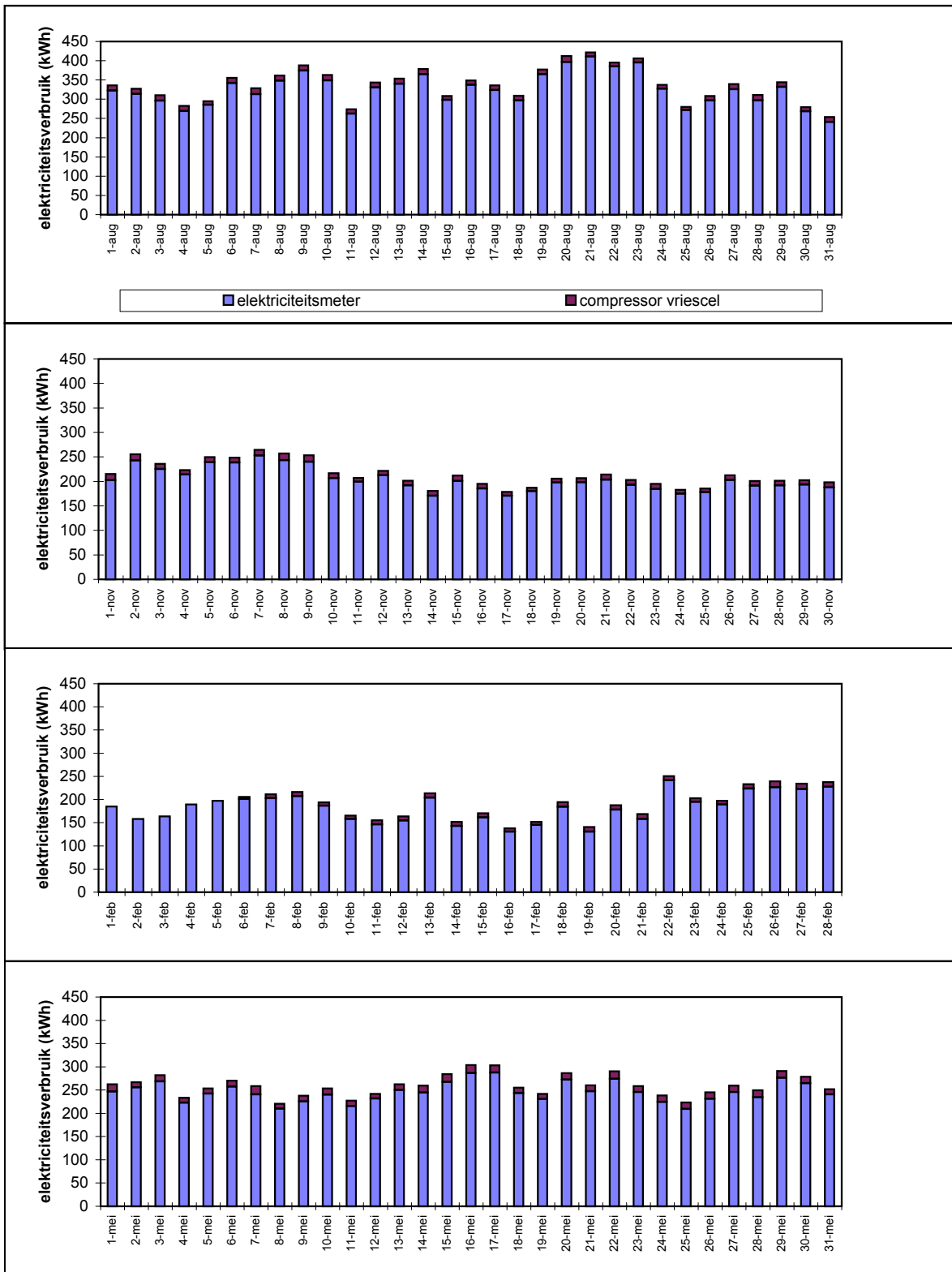
Figuur 4.1 geeft het verloop weer van het dagelijks elektriciteitsverbruik van de installatie in de maanden augustus '96, november '96, februari '97 en mei '97. Voor de maand februari '97 zijn voor wat de eerste dagen betreft (tot en met 05/02/97) geen gegevens beschikbaar betreffende het elektriciteitsverbruik van de compressor wegens een technisch defect aan de pulsgever. In bijlage I worden de gegevens weergegeven van de andere maanden van de meetperiode.

Het gemiddelde verbruik per 24h van de installatie varieert van maand tot maand. In augustus '96 bedroeg het gemiddeld dagverbruik 338 kWh, in november '96 214 kWh, in februari '97 190 kWh en in mei '97 260 kWh. Op zon- en feestdagen ligt het elektriciteitsverbruik meestal lager gezien op die dagen geen vleesverwerking gebeurt. Het maximale dagverbruik bedraagt voor augustus '96 422 kWh, voor november '96 264 kWh, voor februari '97 254 kWh en voor mei '97 304 kWh.

Figuur 4.2 geeft het elektriciteitsverbruik weer op uurbasis gedurende een dag (5 mei 1997). Hieruit kan besloten worden dat gedurende de nacht het gemiddeld vermogen rond 9 kW gelegen is. Rond 7:00 uur wordt gestart met het verwerken van vleeswaren en stijgt het elektrisch vermogen tot ongeveer 12 kW om na 19:00 uur opnieuw te dalen tot 10 kW.



Figuur 4.2: Verloop van het elektriciteitsverbruik gedurende een dag



Figuur 4.1: Elektriciteitsverbruik op dagbasis

## 4.2 Verloop van de gemeten temperaturen

In figuur 4.3 wordt voor de maanden augustus '96, november '96, februari '97 en mei '97 het verloop weergegeven van

- A) de condensortemperatuur (primaire kring);
- B) de temperatuur van het Flo-Ice in het buffervat;
- C) de verdampertemperatuur (primaire kring);
- D) de temperatuur van de verdamper in de vriescel.

Uit deze figuur kunnen een aantal conclusies getrokken worden. De condensortemperatuur van de primaire kring (A) schommelt zeer sterk (deze temperatuur is immers o.a. afhankelijk van de buitentemperatuur en de hoeveelheid warmte die afgevoerd moet worden). Voor de maand augustus '96 bijvoorbeeld bedraagt het verschil tussen de maximum condensortemperatuur en de minimum condensortemperatuur 39°C.

De gemiddelde waarde van de condensortemperatuur betreffende de meetperiode wordt weergegeven in figuur 4.4. Hieruit blijkt dat deze temperatuur in de zomermaanden hoger gelegen is dan in de andere maanden (zie ook bijlage I voor de getalwaarden). Daarnaast is het zo dat voor sommige maanden (11/96, 12/96, 01/97 en 02/97) de gemiddelde condensortemperatuur overdag lager gelegen is dan 's nachts. Dit kan doordat 's nachts de koellast hoger is dan overdag o.w.v. het 's nachts bufferen van koude.

Uit deze metingen van de condensortemperatuur kan geconcludeerd worden dat het gemiddelde over de hele meetperiode (21,4°C) goed overeenstemt met de inputwaarde van het model van Fri-Jado (22°C) (zie ook bijlage II: resultaten model vóór de meetperiode).

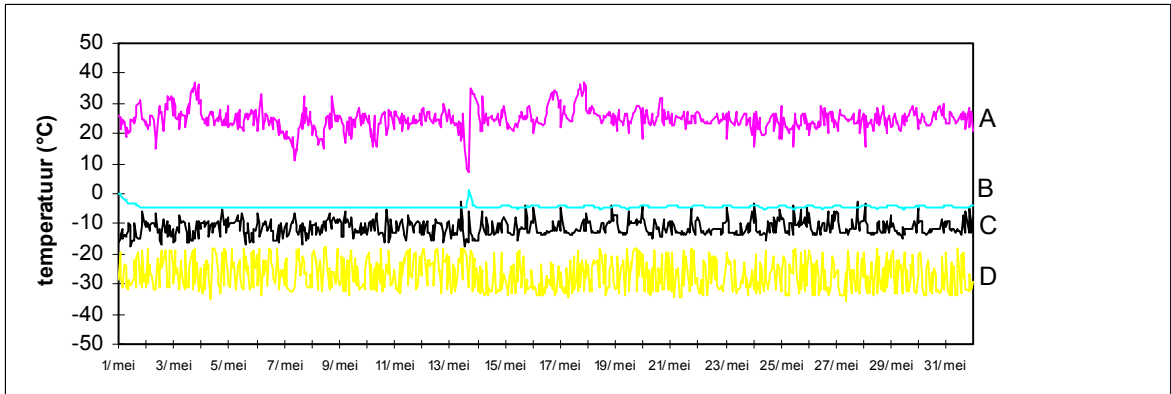
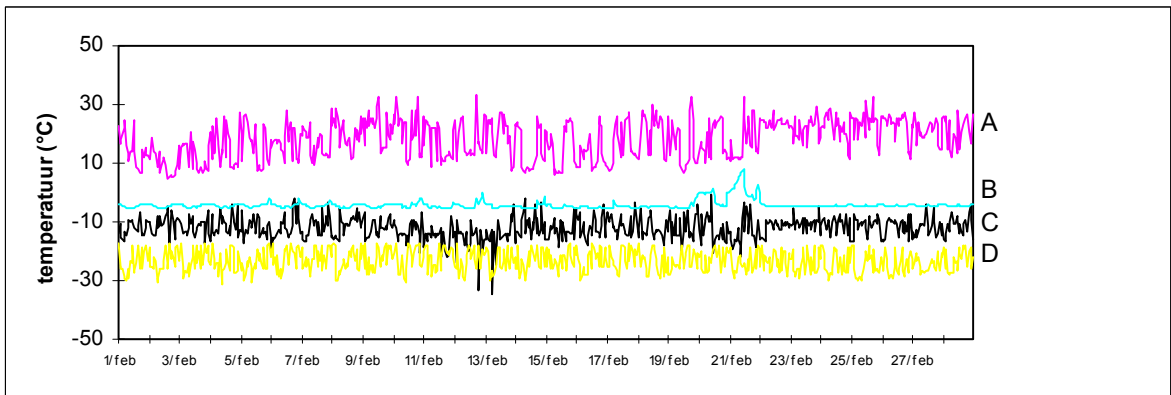
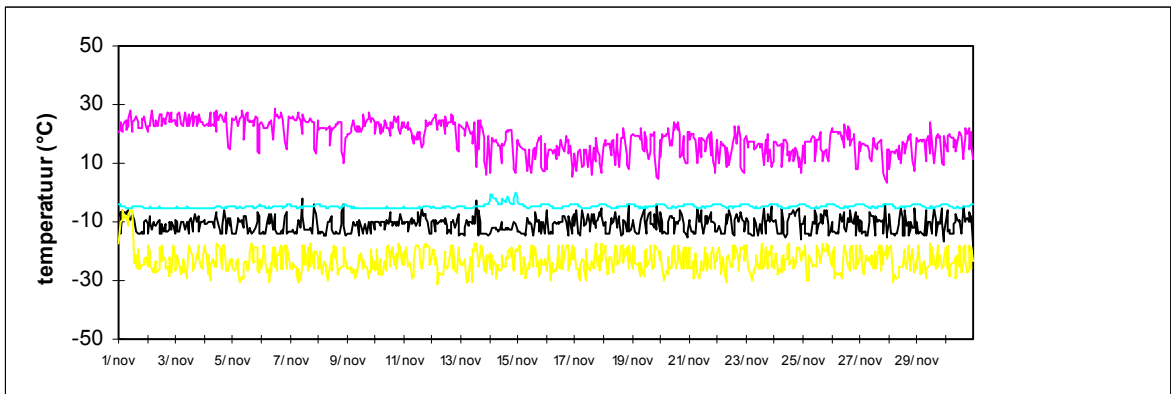
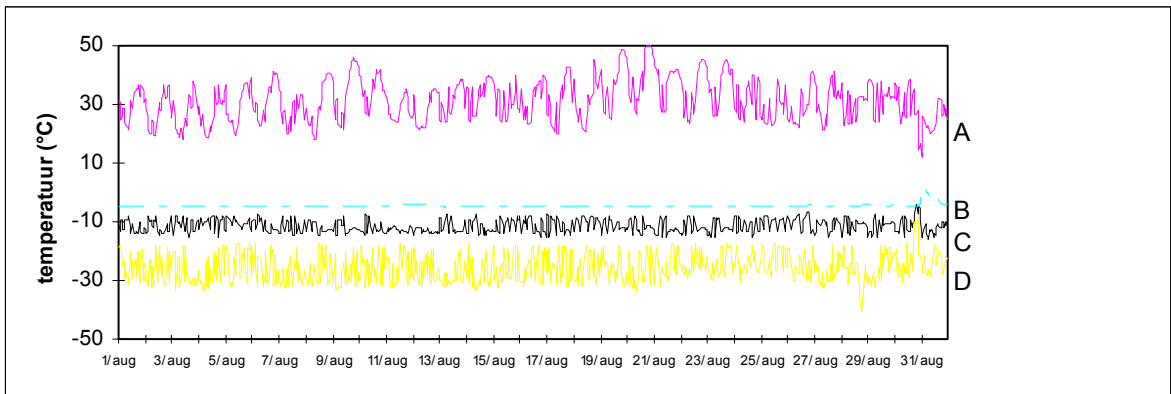
De verdampertemperatuur van de primaire kring (C) schommelt eveneens maar minder sterk dan de condensortemperatuur van deze kring. Voor de maand augustus '96 bijvoorbeeld is het verschil tussen de maximale waarde en de minimale waarde gelijk aan 9°C. De gemiddelde waarden betreffende de meetperiode worden weergegeven in figuur 4.5. De gemiddelde waarden op maandbasis blijken weinig te verschillen (zie ook bijlage I voor de getalwaarden). Uit deze metingen van de verdampertemperatuur van de primaire kring kan geconcludeerd worden dat het gemiddelde over de ganse meetperiode (-11,4°C) goed overeenstemt met de inputwaarde van het model van Fri-Jado (-11°C) (zie ook bijlage II: resultaten model vóór de meetperiode).

De temperatuur van het Flo-Ice in het buffervat (B) schommelt weinig. Meestal ligt deze waarde tussen -3,5°C en -5°C. Gemiddelde waarden voor de meetperiode worden weergegeven in figuur 4.6. Daarnaast worden in deze figuur eveneens de gemiddelde waarden weergegeven om 7:00h en om 22:00h. Het verschil tussen beide waarden is een maat voor de koelenergie die 's nachts gebufferd wordt.

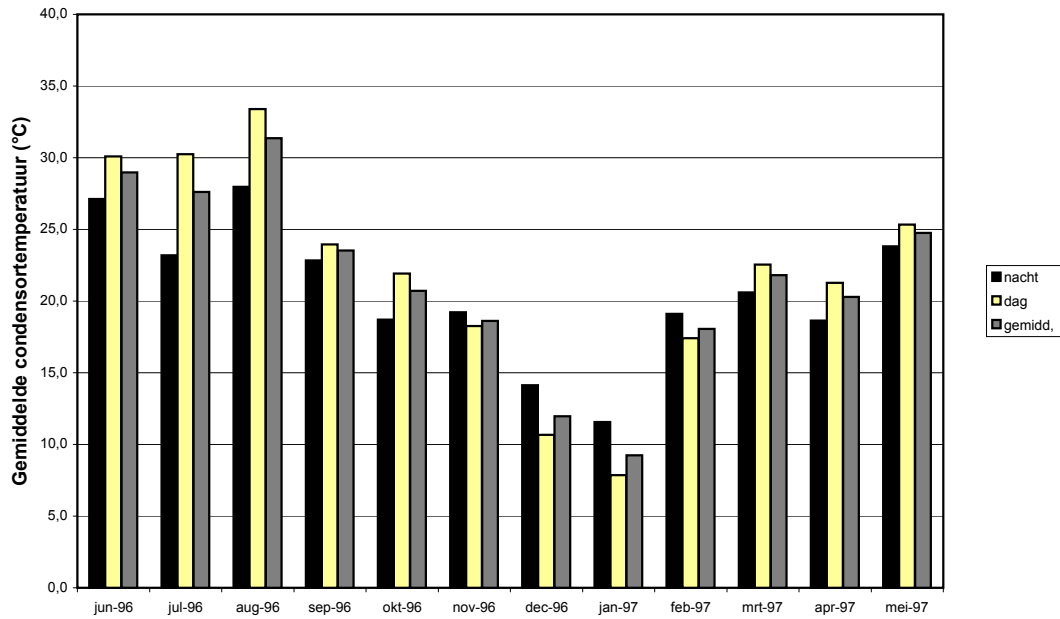
Uit de metingen blijkt dat er toch een redelijk verschil is tussen de gemiddelde gemeten waarde van het Flo-Ice in het buffervat (-4,5°C) en de inputwaarde voor het model van Fri-Jado (-6,0°C).

De verdampertemperatuur van de vrieskring (D) schommelt maar het verschil tussen de uiterste waarden is eveneens minder sterk dan bij de condensortemperatuur van de primaire kring. Voor de maand augustus '96 bijvoorbeeld bedraagt het verschil tussen het maximum en het minimum van de verdampertemperatuur 31°C. De gemiddelde waarden op

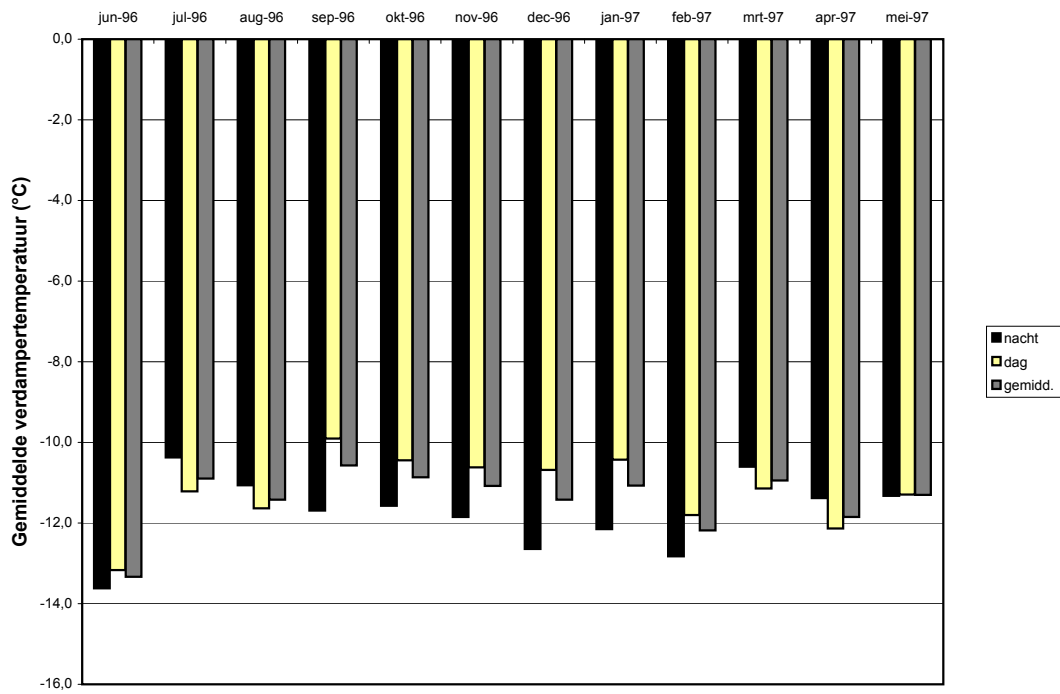
maandbasis worden weergegeven in figuur 4.7 en blijken (op maandbasis) weinig te verschillen. Er blijkt wel een wezenlijk verschil te zijn tussen het gemiddelde van de metingen over de meetperiode ( $-24,5^{\circ}\text{C}$ ) en de inputwaarde van het model van Fri-Jado ( $-35^{\circ}\text{C}$ ).



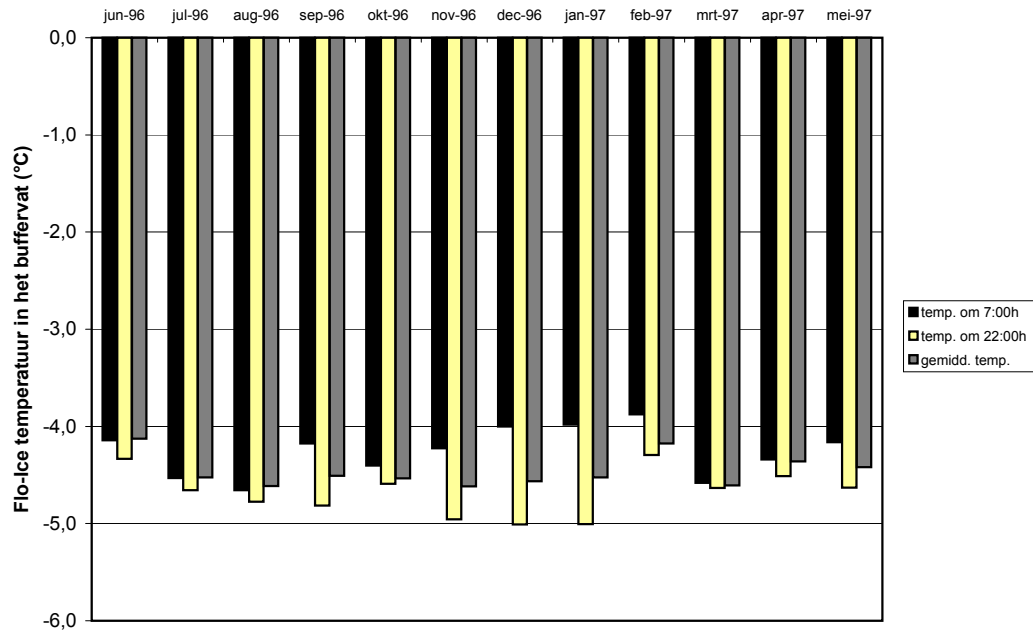
Figuur 4.3: Verloop van de temperaturen in de installatie



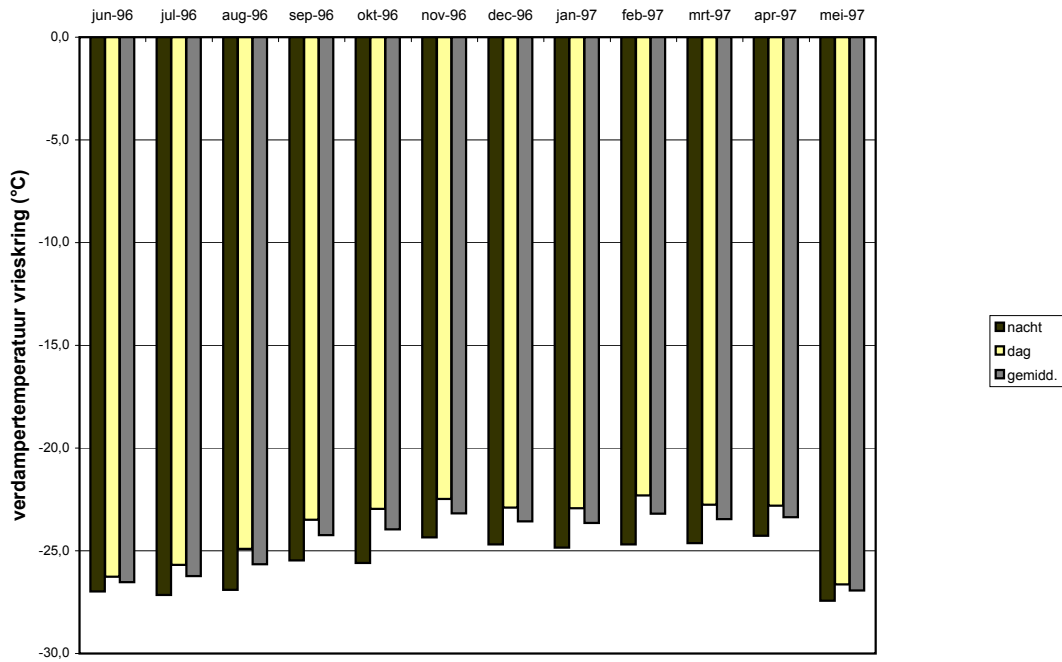
Figuur 4.4: Gemiddelde condensortemperatuur



Figuur 4.5: Gemiddelde verdampertemperatuur primaire kring



Figuur 4.6: Flo-Ice temperatuur in het buffervat



Figuur 4.7: Verdampertemperatuur van de vrieskring



### 4.3 Energiebesparing van het systeem

Zoals eerder beschreven is het gezien de omstandigheden enkel mogelijk om een beperkt aantal parameters die een invloed hebben op het energieverbruik en die eveneens gebruikt worden als inputparameters voor het model van Fri-Jado na te meten over een periode van een jaar en te vergelijken met de inputparameters die gehanteerd werden bij de voorontwerpberekeningen van deze firma.

Zoals blijkt uit paragraaf 4.2 zijn er twee inputparameters die afwijken van de metingen namelijk de verdampertemperatuur van de vrieskring en de gemiddelde temperatuur van het Flo-Ice. Ook de verdampertemperatuur in de vrieskring van het direct systeem werd aangepast gezien de wijzigingen bij het Flo-Ice systeem. Verder heeft Fri-Jado het energieverbruik van de condensorventilatoren en de systeemregeling geïntegreerd in het model zodat een vergelijking mogelijk wordt met het gemeten energieverbruik. Deze integratie gebeurde ook bij het direct koelsysteem. Ten slotte heeft de firma Fri-Jado de gemiddelde koellast op jaarbasis t.o.v. de maximale situatie bij de maximale ontwerpcondities aangepast van 60% naar 65%. Zij vonden dit noodzakelijk gezien de resultaten van de metingen.

In tabel 4.1 worden de resultaten m.b.t. het energieverbruik weergegeven. Daarnaast toont deze tabel de energiebesparing vergeleken met een direct systeem volgens het model van Fri-Jado.

*Tabel 4.1: Energieverbruik en energiebesparing*

|   | indirect systeem met Flo-Ice | direct koelsysteem | besparing % |
|---|------------------------------|--------------------|-------------|
| Energieverbruik volgens model Fri-Jado (kWh/jaar) | 85.939                       | 98.105             | 12          |
| Gemeten energieverbruik (kWh/jaar)                | 89.624                       | -----              | 9           |

Uit deze tabel blijkt dat het energieverbruik van het Flo-Ice systeem 8.481 kWh/jaar of 9 % lager is dan het energieverbruik van een direct systeem volgens het model van Fri-Jado. Het verschil tussen het gemeten energieverbruik van het Flo-Ice systeem en het energieverbruik volgens het model (3685 kWh/jaar of 4%) is volgens Fri-Jado te wijten aan het feit dat de installatie gedurende een lange periode niet optimaal heeft gefunctioneerd en het feit dat een model steeds een benadering is van de werkelijke situatie.

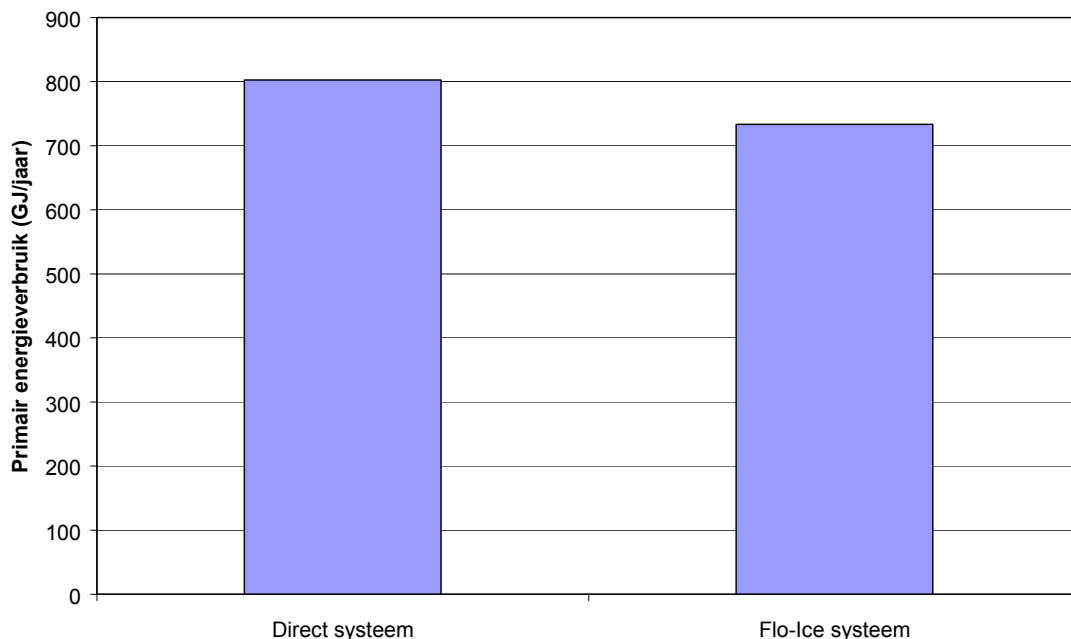
## 5 PRIMAIRE ENERGIEBESPARING EN REDUCTIE CO<sub>2</sub>-EMISSION

### 5.1 Primaire energiebesparing

Uitgaande van de energiebesparing die in het vorig hoofdstuk bepaald werd, kan de primaire energiebesparing en de reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie uitgerekend worden. Hierbij wordt een vergelijking gemaakt tussen het primair energieverbruik van het indirect koelsysteem met Flo-Ice en het primair energieverbruik van een direct koelsysteem volgens het model van Fri-Jado.

Er wordt verondersteld dat het rendement van een elektriciteitscentrale gelijk is aan 44% (zie bijlage III).

Figuur 5.1 geeft het primair energieverbruik van het Flo-Ice systeem en het direct systeem weer.



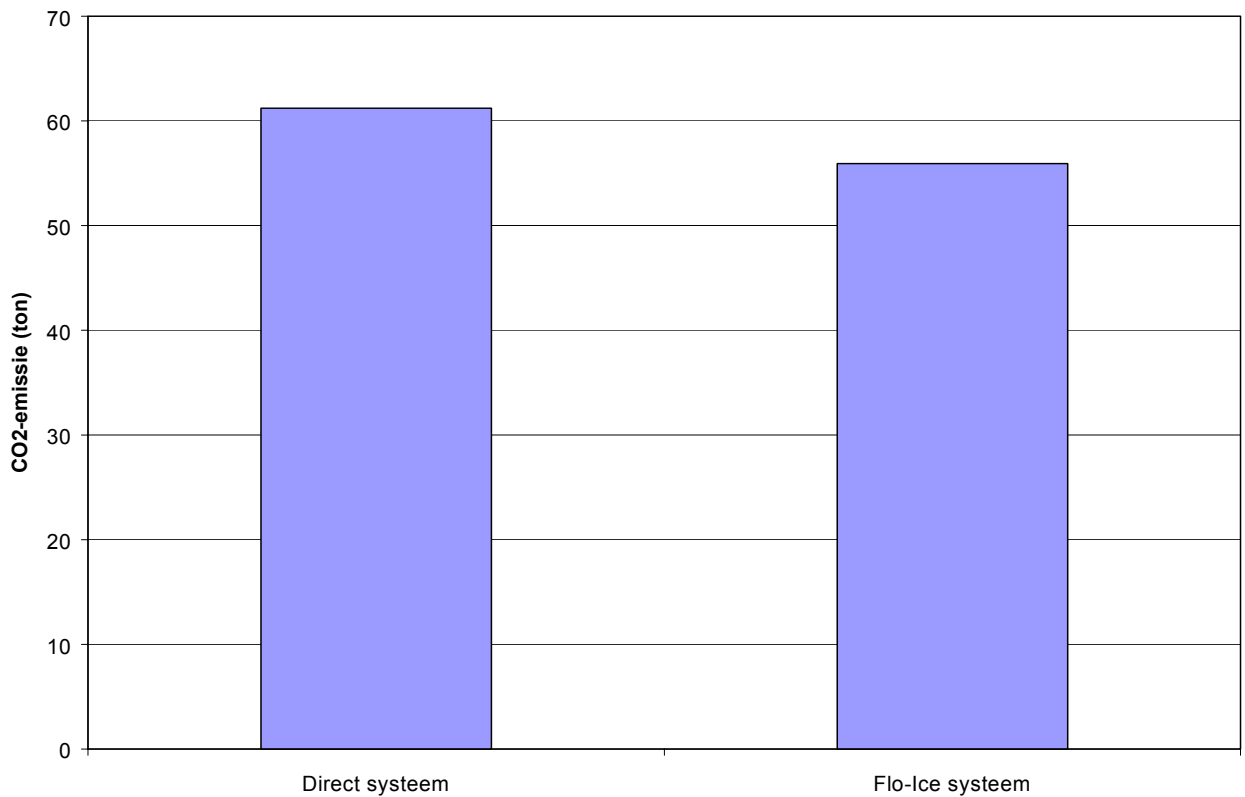
*Figuur 5.1: Primair energieverbruik Flo-Ice systeem en direct systeem*

Uit deze figuur kan geconcludeerd worden dat de reductie van het primair energieverbruik gelijk is aan 69 GJ/jaar (van 803 GJ/jaar naar 734 GJ/jaar) of 9 %

### 5.2 Reductie CO<sub>2</sub>-emissie

Naast de primaire energiebesparing kan de reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie bepaald worden. In de berekeningen wordt verondersteld dat de CO<sub>2</sub>-emissiefactor gelijk is aan 624 g/kWh (zie bijlage III).

Figuur 5.2 geeft de CO<sub>2</sub>-emissie weer van het Flo-Ice systeem en een direct systeem (volgens het model van Fri-Jado).



*Figuur 5.2: CO<sub>2</sub>-emissie Flo-Ice systeem en direct systeem*

Uit deze figuur kan besloten worden dat de reductie van de CO<sub>2</sub>-emissie gelijk is aan 5 ton/jaar (van 61 ton/jaar naar 56 ton/jaar) of 9 %.

### **5.3 Bijkomende bemerkingen**

Gezien de complexiteit van dit indirect koelsysteem en het feit dat VITO pas na de installatie betrokken werd bij het project kan er geen economische evaluatie gemaakt worden.

Toch kunnen er een aantal bemerkingen gegeven worden met betrekking tot de economische rendabiliteit van het project.

#### *De kosten van het project*

De investeringskost van het Flo-Ice systeem bij slagerij Van Hoof bedraagt 4,2 MBEF. De jaarlijkse onderhoudskost bedraagt 69,7 kBEF. Gezien het feit dat deze installatie de eerste Flo-Ice installatie was voor Fri-Jado, ligt de investeringskost en de onderhoudskost hoger dan bij volgende Flo-Ice installaties.

De firma Fri-Jado verwacht in de toekomst bij realisatie van meerdere projecten een niet hoger investeringspercentage dan 30% à 35% ten opzichte van een conventioneel direct

systeem te bereiken. Voor wat de onderhoudskosten betreft verwacht de firma Fri-Jado dat ze ca 80% hoger zullen liggen vergeleken met een conventioneel direct koelsysteem (gebaseerd op een meerinvestering van 30% à 35%).

#### *De baten van het project*

Ten eerste is het zo dat met het Flo-Ice systeem energie bespaard wordt omwille van het feit dat 's nachts koude kan gebufferd worden. De buitentemperatuur ligt op dat ogenblik lager dan overdag wat een gunstige invloed heeft op het rendement of de COP (Coefficient of Performance) van de installatie. Uitgaande van de metingen en de raming van Fri-Jado voor een direct systeem kan geschat worden dat de besparing met het Flo-Ice systeem gelijk is aan 8.481 kWh/jaar of 9 % vergeleken met een direct koelsysteem. Een lager energieverbruik resulteert in een lagere energiefactuur.

Verder is het wellicht zo dat de energiefactuur omlaag gaat vergeleken met een direct systeem omwille van het feit dat 's nacht de elektriciteitskost per kWh lager gelegen is dan overdag. Door 's nachts koude te bufferen voor gebruik overdag kan de elektriciteitsrekening omlaag.

Ten slotte is het zo dat de installatie gedurende de piekuren in de winter gereduceerd kan werken wat eveneens voordelig is gezien het piekvermogen gedurende die uren duurder is. Gedurende de wintermaanden wordt het piekvermogen van de installatie gereduceerd van 16 kW (piek tijdens de normale en de stille uren) naar 7 kW (piek tijdens de piekuren). De juiste waarden voor de wintermaanden worden weergegeven in bijlage I.

## **5.4 Mening van de eigenaar**

### Technische evaluatie

Het koelsysteem is via een Danfoss-software in directe verbinding met de alarmcentrale van Fri-Jado-super-service. Dit maakt dat technische mankementen meestal aan onze aandacht ontsnappen en direct worden doorgeseind. Meerdere malen waren er technische interventies, vooral juist na de ingebruikname, terwijl onze koelingen gewoon doordraaiden. Vooral begin 1996 is het systeem verder verfijnd en afgesteld.

Begin 1997 hebben wij wel een grotere panne gehad, waardoor echter het nut van een indirect koelsysteem bewezen werd. Plots was er een lek in het koelsysteem. Door de bufferwerking zorgde dit niet direct tot temperatuurstijging van onze koelcellen. Het grote positieve punt is echter dat, moest het systeem een direct systeem zijn, wij een enorme koelgaslek zouden gehad hebben. Hier winnen we dus niet alleen op koeltechnisch vlak maar vooral op het vlak van de milieupollutie.

Op het vlak van de techniek is er geen vuiltje aan de lucht. Het systeem heeft zijn degelijkheid bewezen en de leverancier heeft zich geen moeite ontzien om het systeem onder alle omstandigheden operationeel te houden. Ik denk hierbij bijvoorbeeld aan een voorval bij het begin van de zomer 1996. Fri-Jado vreesde een capaciteitstekort en heeft toen als voorzorgsmaatregel een koelcontainer geïnstalleerd. Deze maatregel bleek naderhand geheel overbodig.

#### Energetische en economische evaluatie

De uiteindelijke energiebesparing blijkt ongeveer 9% te zijn. Als wij deze energiebesparing gelijk stellen met een besparing op de energiefactuur van 9%, wat eigenlijk niet volledig juist is, dan scheelt ons dat ongeveer 9.000 kWh/jaar of aan ongeveer 5 BEF/kWh, 45.000 BEF/jaar. De energiebesparing kan dus niet een dermate hoge investering verantwoorden. Moesten wij de kans niet gekregen hebben een demonstratieproject op te starten, was het economisch geen haalbare kaart.

De investeringskosten die Vito aanhaalt is de totale investeringskost. Ook als we alleen maar naar de investeringsmeerprijs kijken, krijgen we een negatieve evaluatie. De terugverdientijd op basis van de gegeven cijfers, is veel te lang. Natuurlijk zal dit plaatje veranderen als toekomstige installaties goedkoper worden. Ik vraag mij af of een betere prijs niet direct tot meerdere installaties zou leiden.

Aangaande de kostprijs voor het onderhoudscontract merk ik op dat volgens mij die 80% hogere kostprijs overdreven lijkt. Het bedrag is inderdaad 69.700 BEF maar of deze prijs 80% hoger is dan de kostprijs bij een conventionele installatie betwijfel ik.

#### Interesse van derden

Vooraf juist na de ingebruikname was er uit verschillende hoeken interesse voor het systeem. Ook nu is er sporadisch nog eens een bezoek.

#### Nieuwe installatie

In Nederland plaatst Fri-Jado in de nabije toekomst een nieuwe Flo-Ice installatie met een groter koelvermogen dan deze installatie.

Getekend: Guido Van Hoof, Keurslagerij Van Hoof, Mol

## 6 BESLUIT

De evaluatie van de koelinstallatie met Flo-Ice bij slagerij Van Hoof is geen eenvoudige zaak vanwege het feit dat het complex en vrij duur is om bepaalde parameters (o.a. de geleverde koelenergie) te meten.

Daarom is de opvolging van het project beperkt tot het nameten van een aantal parameters (elektriciteitsverbruik, temperatuur van de verdamper en de condensor van de primaire kring, temperatuur van het Flo-Ice in het buffervat en de temperatuur van de verdamper voor de vriescel) die gebruikt worden in het model van Fri-Jado om de energiebesparing vergeleken met een direct systeem te bepalen.

Een aantal parameters bleken goed overeen te komen met het model van Fri-Jado, een aantal parameters (de verdampertemperatuur van de vrieskring en de gemiddelde temperatuur van het Flo-Ice) weken af van wat verondersteld werd. Vandaar dat Fri-Jado gevraagd werd om het model opnieuw te laten lopen met de aangepaste waarden voor de inputparameters.

Gedurende de meetperiode gaande van juni '96 tot en met mei '97 heeft de installatie 89.624 kWh elektriciteit verbruikt wat 4% hoger is vergeleken met het aangepaste model. Volgens Fri-Jado is dit te wijten aan het feit dat de installatie gedurende een lange periode niet optimaal heeft gefunctioneerd en het feit dat een model steeds een benadering is van de werkelijkheid.

Wanneer het opgemeten elektriciteitsverbruik vergeleken wordt met het elektriciteitsverbruik van een direct systeem (volgens model Fri-Jado) dan wordt 8.481 kWh/jaar of 9 % bespaard. Qua primaire energie betekent dit een besparing van 69 GJ/jaar of 9 % vergeleken met een direct systeem (volgens model Fri-Jado). De reductie van CO<sub>2</sub>-emissie bedraagt 5 ton CO<sub>2</sub>/jaar of 9 %.

Gezien de complexiteit van vergelijkingsreferenties werd geen economische evaluatie gemaakt. Wel kan vermeld worden dat de investeringskosten ongeveer 30% à 35% hoger gelegen zijn en dat de onderhoudskosten ongeveer 80% hoger liggen vergeleken met een conventioneel direct systeem (volgens verwachtingen van Fri-Jado). De baten van het project zijn ten eerste het lager energieverbruik vergeleken met een direct systeem (volgens model Fri-Jado), het feit dat 's nacht (bij lage energietarieven) koelenergie kan gebufferd worden en dat tijdens de piekuren in het elektriciteitsstarief de installatie gereduceerd kan werken (lagere vermogenterm in de energiefactuur).

Ten slotte kan nog vermeld worden dat dit een milieuvriendelijk systeem is gezien een chloorvrij koelmiddel gebruikt wordt en gezien indirecte koeling toegepast wordt (minder koelmiddel in de installatie).

**BIJLAGE I: TABEL MET MAANDOVERZICHT**

|  | jun-96 | jul-96 | aug-96 | sep-96 | okt-96 | nov-96 | dec-96 | jan-97 | feb-97 | mrt-97 | apr-97 | mei-97 | gem/max | totaal |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| <b>CONDENSOR PRIMAIR</b>                             |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |
| gem. condensortemperatuur (prim. circuit) nacht (°C) | 27,1   | 23,2   | 28,0   | 22,8   | 18,7   | 19,2   | 14,1   | 11,6   | 19,1   | 20,6   | 18,6   | 23,8   | 20,6    |        |
| gem. condensortemperatuur (prim. circuit) dag (°C)   | 30,1   | 30,3   | 33,4   | 24,0   | 21,9   | 18,3   | 10,7   | 7,9    | 17,4   | 22,5   | 21,3   | 25,3   | 21,9    |        |
| gem. condensortemperatuur (prim. circuit) (°C)       | 29,0   | 27,6   | 31,4   | 23,5   | 20,7   | 18,6   | 12,0   | 9,3    | 18,1   | 21,8   | 20,3   | 24,8   | 21,4    |        |
| <b>VERDAMPER PRIMAIR</b>                             |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |
| gem. verdampertemperatuur (prim. circuit) nacht (°C) | -13,6  | -10,4  | -11,1  | -11,7  | -11,6  | -11,8  | -12,6  | -12,2  | -12,8  | -10,6  | -11,4  | -11,3  | -11,8   |        |
| gem. verdampertemperatuur (prim. circuit) dag (°C)   | -13,2  | -11,2  | -11,6  | -9,9   | -10,4  | -10,6  | -10,7  | -10,4  | -11,8  | -11,1  | -12,1  | -11,3  | -11,2   |        |
| gem. verdampertemperatuur (vriescel) (°C)            | -13,3  | -10,9  | -11,4  | -10,6  | -10,9  | -11,1  | -11,4  | -11,1  | -12,2  | -10,9  | -11,9  | -11,3  | -11,4   |        |
| <b>VERDAMPER VRIESCEL</b>                            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |
| gem. verdampertemperatuur (vriescel) nacht (°C)      | -27,0  | -27,2  | -26,9  | -25,5  | -25,6  | -24,3  | -24,7  | -24,8  | -24,7  | -24,6  | -24,3  | -27,4  | -25,6   |        |
| gem. verdampertemperatuur (vriescel) dag (°C)        | -26,3  | -25,7  | -24,9  | -23,5  | -23,0  | -22,5  | -22,9  | -22,9  | -22,3  | -22,8  | -22,8  | -26,6  | -23,8   |        |
| gem. verdampertemperatuur (vriescel) (°C)            | -26,5  | -26,2  | -25,7  | -24,2  | -24,0  | -23,2  | -23,6  | -23,6  | -23,2  | -23,5  | -23,4  | -26,9  | -24,5   |        |
| <b>FLO-ICE</b>                                       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |
| gem. temperatuur Flo-Ice buffervat om 7:00h (°C)     | -4,1   | -4,5   | -4,7   | -4,2   | -4,4   | -4,2   | -4,0   | -4,0   | -3,9   | -4,6   | -4,3   | -4,2   | -4,3    |        |
| gem. temperatuur Flo-Ice buffervat om 22:00h (°C)    | -4,3   | -4,7   | -4,8   | -4,8   | -4,6   | -5,0   | -5,0   | -5,0   | -4,3   | -4,6   | -4,5   | -4,6   | -4,7    |        |
| gem. temperatuur Flo-Ice buffervat (°C)              | -4,1   | -4,5   | -4,6   | -4,5   | -4,5   | -4,6   | -4,6   | -4,5   | -4,2   | -4,6   | -4,4   | -4,4   | -4,5    |        |
| <b>ELEKTRICITEITSVERBRUIK INSTALLATIE</b>            |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |
| elektriciteitsverbruik (meter) (kWh)                 | 8629   | 9249   | 10081  | 7714   | 7304   | 6113   | 5627   | 4997   | 5112   | 6632   | 6525   | 7634   | 7135    | 85617  |
| elektriciteitsverbruik compressor vriescel (kWh)     | 467    | 378    | 384    | 309    | 317    | 299    | 304    | 326    | 204    | 295    | 307    | 417    | 334     | 4008   |
| totaal elektriciteitsverbruik installatie (kWh)      | 9096   | 9627   | 10465  | 8023   | 7621   | 6413   | 5931   | 5323   | 5316   | 6926   | 6832   | 8051   | 7469    | 89624  |
| piekvermogen stille uren (kW)                        | 18     | 18     | 20     | 18     | 14     | 14     | 17     | 16     | 16     | 16     | 14     | 16     | 20      |        |
| piekvermogen normale uren (kW)                       | 20     | 20     | 20     | 19     | 15     | 15     | 17     | 15     | 17     | 16     | 17     | 18     | 20      |        |
| piekvermogen piekuren (kW)                           |        |        |        |        |        | 9      | 8      | 6      | 7      |        |        |        |         |        |
| gemiddeld vermogen stille uren (kW)                  |        |        |        |        |        | 9      | 9      | 8      | 8      |        |        |        |         |        |
| gemiddeld vermogen normale uren (kW)                 |        |        |        |        |        | 9      | 8      | 6      | 9      |        |        |        |         |        |
| piekvermogen (kW)                                    | 20     | 20     | 20     | 19     | 15     | 15     | 17     | 16     | 16     | 16     | 17     | 18     | 20      |        |
| <b>FACTURATIE ELEKTRICITEIT VAN HOOF</b>             |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |
| vermogen (kW)  | 61     | 59     | 63     | 58     | 56     | 56     | 56     | 58     | 58     | 56     | 67     | 70     | 70      |        |
| piekvermogen (kW)                                    |        |        |        |        |        | 37     | 35     | 39     | 39     |        |        |        | 39      |        |
| verbruik normale uren (kWh)                          | 11572  | 11618  | 12369  | 12332  | 9690   | 8346   | 9289   | 7983   | 7983   | 9476   | 10983  | 11821  | 10289   | 123462 |
| piekverbruik normale uren (kWh)                      |        |        |        |        |        |        |        | 1952   | 1952   |        |        |        | 1952    | 3904   |
| verbruik stille uren (kWh)                           | 10325  | 8714   | 10482  | 8585   | 7711   | 7787   | 8299   | 8690   | 8690   | 6822   | 7563   | 10666  | 8695    | 104334 |

# BIJLAGE II : BESPARING MET FLO-ICE VOLGENS FRI-JADO

## Resultaten model FRI-JADO (berekening vóór meetperiode)

| Datum 05-Sep-95  |                     | Praktisch<br>Semi-Indirekt<br>Systeem | Praktisch<br>Indirekt<br>Systeem | Praktisch<br>Flow-Ice<br>Systeem | Praktisch<br>Direkt<br>Systeem |
|--|---------------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Vergelijking totaal energieverbruik<br>Semi-Indirekt / Indirekt / Direkt<br>Inclusief pomp- en warmteverliezen circulatiesysteem |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| Diepvriesvermogen maximaal   | kW                  | 2.4                                   | 2.4                              | 2.4                              | 2.4                            |
| Koelvermogen maximaal  | kW                  | 37.7                                  | 37.7                             | 37.7                             | 37.7                           |
| Projectoppervlak   | m <sup>2</sup>      | 481                                   | 481                              | 481                              | 481                            |
| Gemiddelde kWh prijs   | f1 / kWh            | 0.12                                  | 0.12                             | 0.12                             | 0.12                           |
| Correctiefactor vriesinstallaties  | [ KNMI 1960-1990 ]  | 0.8                                   | 0.8                              | 0.8                              | 0.80                           |
| Correctie koelinstallaties   | [ KNMI 1960-1990 ]  | 0.6                                   | 0.6                              | 0.6                              | 0.60                           |
| Diepvriesvermogen gemiddeld op jaarbasis   | kW                  | 1.9                                   | 1.9                              | 1.9                              | 1.9                            |
| Koelvermogen gemiddeld op jaarbasis  | kW                  | 22.6                                  | 22.6                             | 22.6                             | 22.6                           |
| Energieverbruik direct gemiddeld op jaarbasis  | kW                  | 11.03                                 | 10.82                            | 7.60                             | 9.09                           |
| Tussenmedium   |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| Aanvoertemperatuur   |                     | 4.0                                   | -8.0                             |                                  |                                |
| Retourtemperatuur  |                     | 8.0                                   | -4.0                             |                                  |                                |
| Aanvoertemperatuur [ STL-Systeem ]   |                     | 2.0                                   |                                  |                                  |                                |
| Retourtemperatuur [ STL-Systeem ]  |                     | 6.0                                   |                                  |                                  |                                |
| Aanvoertemperatuur [ STL-Systeem / Laden ]   |                     | -5.9                                  | -12.7                            |                                  |                                |
| Retourtemperatuur [ STL-Systeem / Laden ]  |                     | -8.6                                  | -16.4                            |                                  |                                |
| Flow-Ice temperatuur   |                     |                                       |                                  | -6                               |                                |
| Percentage ijskristallen in aanvoer  | %                   |                                       |                                  | 30                               |                                |
| Percentage ijskristallen in retour   | %                   |                                       |                                  | 10                               |                                |
| Diepvries  |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| Verdampingstemperatuur   |                     | -35                                   | -35                              | -35                              | -37                            |
| Condensatiestemperatuur  |                     | 10                                    | 0                                | 0                                | 30                             |
| Carnotrendement / Systeemrendement   |                     | 2.42                                  | 3.23                             | 3.23                             | 1.45                           |
| Aantal ontdooingen per 24 uur  |                     |                                       |                                  |                                  | 2                              |
| Gemiddelde ontdooitijd   |                     |                                       |                                  |                                  | 35                             |
| Gemiddelde waarde van Q <sub>o</sub> / P ontdooi   |                     |                                       |                                  |                                  | 0.341                          |
| Koeling  |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| Verdampingstemperatuur   |                     | -10                                   |                                  |                                  | -12                            |
| Condensatiestemperatuur  |                     | 10                                    |                                  |                                  | 30                             |
| Carnotrendement / Systeemrendement   |                     | 6.49                                  |                                  |                                  | 3.02                           |
| Compressoren   |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| Verdampingstemperatuur   |                     | -1                                    | -1                               | -11                              |                                |
| Condensatiestemperatuur  |                     | 30                                    | 30                               | 22                               |                                |
| Carnotrendement  |                     | 4.66                                  | 3.12                             | 3.93                             |                                |
| Rendement  |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| Diepvries  | Pe = Kw / kW        | 0.4132                                | 0.3096                           | 0.3096                           | 0.6897                         |
| koeling  | Pe = kW / kW        | 0.1541                                |                                  |                                  | 0.3311                         |
| Compressoren   | Pe = kW / kW        | 0.2146                                | 0.3205                           | 0.2545                           |                                |
| Bruto koelcapaciteit compressoren  |                     | 28.82                                 | 25.13                            | 25.13                            |                                |
| Transmissieverliezen circulatiesysteem   |                     | 0.49                                  | 0.92                             | 0.53                             |                                |
| Transmissieverliezen circulatiesysteem [ 1,55 W/m <sup>2</sup> .K ]  |                     | 0.49                                  | 0.92                             | 0.53                             |                                |
| Warmteontwikkeling circulatiepompen  |                     | 0.40                                  | 1.49                             | 0.38                             |                                |
| Warmteontwikkeling circulatiepompen berekend   |                     | 0.38                                  | 1.40                             | 0.38                             |                                |
| Negatieve post i.v.m. persgasontdooing   |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| Netto koelcapaciteit compressoren  |                     | 29.71                                 | 27.54                            | 26.04                            |                                |
| Energieverbruik  |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| Diepvries  |                     | 0.793                                 | 0.594                            | 0.594                            | 1.324                          |
| Koeling  |                     | 3.485                                 |                                  |                                  | 7.490                          |
| Compressoren   |                     | 6.375                                 | 8.828                            | 6.627                            |                                |
| Ontdooing diepvriesmeubelen  |                     |                                       |                                  |                                  | 0.274                          |
| Circulatiepomp 1 [ water ]   |                     | 0.092                                 |                                  |                                  |                                |
| Circulatiepomp 2 [ Anti-L ] / [ Flow - Ice ]   |                     | 0.186                                 | 0.957                            | 0.204                            |                                |
| Circulatiepomp 3 [ Anti-L ] / [ Flow - Ice ] [ Productie direct ]  |                     | 0.046                                 | 0.166                            | 0.053                            |                                |
| Circulatiepomp 3 [ Anti-L ] / [ Flow - Ice ] [ Laden Buffer ]  |                     | 0.054                                 | 0.273                            | 0.122                            |                                |
| Totaal   |                     | 11.032                                | 10.818                           | 7.600                            | 9.088                          |
| Kental energie verbruik  |                     |                                       |                                  |                                  |                                |
| FLO-ICE installatie parameters / kentallen   |                     | 121.39                                | 119.04                           | 83.63                            | 100.0                          |
| Te installeren compressorcapaciteit  | kW                  |                                       |                                  | 26500                            |                                |
| Te installeren buffercapaciteit  | kWh                 |                                       |                                  | 110.8                            |                                |
| Energieverbruik op jaarbasis   | kWh                 | 96642                                 | 94770                            | 66578                            | 79610                          |
| Besparing / extra verbruik op jaarbasis t.o.v. [ Indirekt ] kWh  |                     | 1872                                  | + / -                            | -28192                           | -15160                         |
| Energieverbruik op jaarbasis   | kWh/m <sup>2</sup>  | 201                                   | 197                              | 138                              | 165                            |
| Energieverbruik op jaarbasis   | f1 / m <sup>2</sup> | 24.10                                 | 23.63                            | 16.60                            | 19.85                          |



### **BIJLAGE III : RENDEMENT EN CO<sub>2</sub>-EMISSIEFACTOR ELEKTRICITEITSPARK**

De afleiding van de gehanteerde CO<sub>2</sub>-emissiefactor voor elektriciteit (624 g/kWh) en het rendement wordt in deze bijlage meer specifiek beschreven.

- Volgens [1] zijn de aandelen brandstof in de elektriciteitsvoorziening in 2000 als volgt:
  - 15,9% steenkool;
  - 26,4% aardgas (voornamelijk STEG).
- Het rendement van een steenkoolcentrale bedraagt volgens [1] 36,5%; dit leidt tot een CO<sub>2</sub>-emissiefactor van 962 g/kWh<sub>el</sub>.
- Voor aardgas wordt verondersteld dat in 2000 het conversierendement gemiddeld 48% bedraagt, wat leidt tot een CO<sub>2</sub>-emisie van de elektriciteitsproductie met deze primaire energievorm van 420 g/kWh<sub>el</sub>.

Het rendement en de CO<sub>2</sub>-emissiefactor worden dan als volgt bepaald:

- rendement:  $(0,159*36,5+0,264*48)/(0,159+0,264) = 44\%$
- CO<sub>2</sub>-factor:  $(0,159*962+0,264*420)/(0,159+0,264) = 624 \text{ g/kWh}$ .

## **REFERENTIES**

1. P. Bulteel en F. Vandenberghe, Elektriciteitsproductie en CO<sub>2</sub>-emissies, Informatiedag CO<sub>2</sub>, Laborelec, Lindebeek, mei 1993.