
Jäätelön karkaisutunnelin lämpötilojen optimointi



Ammattikorkeakoulun opinnäytetyö
Bio- ja elintarviketekniikan koulutusohjelma

Visamäki, 18.11.2011

Mikko Honkapää



HÄMEENLINNA
Bio- ja elintarviketekniikka
Elintarviketeknologia

Tekijä	Mikko Honkapää	Vuosi 2011
Työn nimi	Jäätelötunnelin lämpötilojen optimointi	
Työn säilytyspaikka	HAMK, Hämeenlinna	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana oli Nestlé Oy, Turengin jäätelötehdas. Työssä selvitettiin mahdollisuutta nostaa jäätelön valmistusprosessin karkaisuvaiheessa käytettäviä lämpötiloja heikentämättä prosessin toimintaa ja tuotelaatua. Työn tavoitteena oli määrittää extruder -jäätelölinjan karkaisutunnelille optimaaliset ajolämpötilat jokaista ajettavaa tuotetta kohden. Optimoinnin tarkoituksena oli vähentää kustannuksia ja varmistaa prosessin toimivuus uusissa ajolämpötiloissa. Lisäksi, seurattiin lämpötilamuutosten vaikutusta tuotelaatuun.

Työssä sovellettiin teoriaa ja tehtiin käytännön mittauksia optimaalisten lämpötilojen toteamiseksi. Prosessin lämpötilat mitattiin tuoteajojen aikana ja tuotelaatua havainnoitiin silmämääräisesti. Tuloksia tarkasteltiin ja perusteltiin teorialla jäätelöstä ja lämmönsiirrosta. Mittauksissa käytetyt lämpötila-anturit olivat, joko laitteiston sisäisiä tai käsikäyttöisiä. Aistinvaraisessa arvioinnissa keskityttiin tuoterikkojen silmämääräiseen havainnointiin.

Saatujen tulosten perusteella voitiin todeta, että karkaisutunnelin lämpötilaa nostettaessa tuotelaatu ja sen ajettavuus laitteistolla muuttuivat tietyn rajalämpötilan ylittyessä. Mittaustulosten vertailusta voitiin päätellä uusia ajolämpötiloja linjan eri tuotteille. Työn tuloksena laadittiin taulukko, johon koottiin suositellut ajolämpötilat eri tuotteille. Laitteistohäiriöiden takia ehdotettiin lisämittauksia muutamille tuotteille.

Avainsanat Optimointi, lämpötilamittaus, jäätelö

Sivut 44 s, + liitteet 35 s.

HÄMEENLINNA
Biotechnology and Food Engineering
Food Engineering

Author Mikko Honkapää **Year** 2011

Subject of Bachelor's thesis Optimate Tempetatures of Ice Cream Harden-
ing Tunnel

Archieves HAMK University of Applied Sciences,
Hämeenlinna

ABSTRACT

The commissioner for this thesis was Nestlé Oy, Turenki ice cream factory. This thesis investigated the possibility to raise temperatures in the ice cream hardening production process without reducing the process and quality. The aim was to determine optimal temperatures for the extruder; the ice cream hardening tunnel for every product. The purpose for the optimisation was to reduce production cost and to ensure process functionality. Furthermore, the product quality was monitored during temperature change.

In this thesis, theory and practical measurements were applied to note the optimal temperatures. Process temperatures were measured during the product-making process and the quality of the product was approximated visually. Results were examined and explained using the theory of ice cream and heat transfer. Sensors used in measurements were either internal or hand-held. For a sensory review of product breakage, visual determination was utilised.

From the gathered information it was noticed that lifting the temperature in the hardening tunnel, the product quality and line operation changed past a certain temperature point. Through comparing the gathered information, new driving temperatures could be determined for the in-line products. As a result of the thesis a chart of recommended driving temperatures were made for different products. Due to equipment failures, new measurements were recommended for certain products.

Keywords Optimisation, temperature measurement, ice cream

Pages 44 p + appendices 35 p.

MERKINNÄT JA YKSIKÖT

A	kokonaispinta-ala [m^2]
E	energia [J]
V_n	kokonaistilavuus [m^3]
n	jakauma tai potenssijakauma (lukumäärä)
r	säde [m]
γ	pintajännitys [N/m]
Q	Lämpömäärä [J]
Φ	Lämpövirta [W]
m	massa [kg]
c	ominaislämpökapasiteetti [J/kgK]
T	termodynaaminen lämpötila [K]
λ	lämmönjohtavuus [W/(mK)]
α	Lämmönsiirtokerroin [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]
t	aika [s]
q_m	massavirta [kg/s]
Δx	matka ajan hetkellä [m]
D	karakteristinen pituus [m]
v	väliaineen virtausnopeus [m/s]
ρ	tiheys [kg/m^3]
η	viskositeetti [Pas(kg/s m)]
g	normaali putoamiskiihtyvyys [m/s^2]
L	latenttilämpö [J]
β	lämpölaajenemiskerroin [1/K]
f	taajuus [Hz]
$\rho(\lambda)$	spektrinen heijastussuhde

$\tau(\lambda)$	spektrinen läpäisyysuhde
$\alpha(\lambda)$	spektrinen absorptiosuhde
λ	aallonpituus [m]
ε	emissiivisyys
δ	materiaalin paksuus [m]
R	materiaalikerroksen lämpövastus [(m ² K)/W]
σ	Stefanin – Boltzmannin vakio; 5,76*10 ⁻⁸ W/(m ² K ⁴)
h	Planckin vakio; 6,626*10 ⁻³⁴ Js

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	YRITYKSEN ESITTELY.....	1
2.1	Nestlé SA –konserni.....	1
2.2	Nestlé Nordic.....	1
2.3	Nestlé Suomi	2
2.3.1	Turengin jäätelötehdas.....	2
3	JÄÄTELÖN MÄÄRITELMÄ JA PÄÄTTYYPIT	2
4	JÄÄTELÖN VALMISTUSVAIHEET	3
4.1	Massan sekoitus.....	3
4.2	Massan homogenointi ja lämpökäsittely	3
4.3	Massan kypsytytys	4
4.4	Massan vispaus ja annostelu	4
4.5	Jäätelön karkaisu	5
4.5.1	Karkaisun historiaa	5
5	JÄÄTELÖN RAKENTEESTA	6
5.1	Yleistä.....	6
5.2	Öljy-vedessä –emulsio	7
5.3	Jäätyminen ja jääkiteet jäätelössä.....	8
5.4	Jäätelön matriisi.....	10
5.5	Jäätelön rasva	11
5.6	Ilma jäätelön komponenttina.....	11
6	JÄÄTELÖ JA LÄMMÖNSIIRTYMINEN	12
6.1	Yleistä lämmönsiirrosta.....	12
6.2	Ominaislämpökapasiteetti	13
6.2.1	Johtuminen	14
6.2.2	Konvektio	15
6.2.3	Lämpösäteily	17
6.2.4	Jäätelön lämmönjohtavuus	18
6.3	Lämmönsiirrosta jäätelön karkaisussa	19
7	KÄYTETTÄVÄÄ TEKNIKKAA	20
7.1	Extrudointimenetelmä	20
7.2	Kylmäntekolaitteistosta.....	21
7.2.1	Yksiportaisen koneellisen kylmälaitoksen toimintaperiaate	21
7.2.2	Kaksiportaisen koneellisen kylmälaitoksen toimintaperiaatteesta	21
8	KOKEELLINEN OSIO	22
8.1	Työn rajauksesta.....	22
8.2	Työn toteutus.....	23
8.3	Lämpötilamittaukset.....	23
8.4	Linjan tuotteet	24
8.5	Toteutuksen ongelmia	25

9	LÄMPÖTILAKUORMAN LASKENNALLINEN TARKASTELU	26
9.1	Classic jäätelöiden keskimääräinen lämpökuorma	26
10	MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	27
10.1	Classic maitosuklaa	28
10.1.1	Mittaustulokset	28
10.1.2	Päätelmät	28
10.2	Classic kermatoffeinen	29
10.2.1	Mittaustulokset	29
10.2.2	Päätelmät	30
10.3	Classic kerrossuklaa	30
10.3.1	Tulokset ja päätelmät	30
10.4	Classic metsämansikka	30
10.4.1	Mittaustulokset	30
10.4.2	Päätelmät	31
10.5	Classic minttusuklainen	31
10.5.1	Mittaustulokset	31
10.5.2	Päätelmät	32
10.6	Classic valkosuklaa-vadelma	33
10.6.1	Mittaustulokset	33
10.6.2	Päätelmät	33
10.7	Classic valkosuklaa-salmiakki	34
10.7.1	Mittaustulokset	34
10.7.2	Päätelmät	34
10.8	Dumle IC snacks	34
10.8.1	Mittaustulokset	34
10.8.2	Päätelmät	35
10.9	Oma mansikka	35
10.9.1	Mittaustulokset	35
10.9.2	Päätelmät	36
10.10	Oma mango	37
10.10.1	Mittautulokset	37
10.10.2	Päätelmät	37
10.11	Ässä mix	38
10.11.1	Mittaustulokset	38
10.11.2	Päätelmät	39
11	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	39
	LÄHTEET	42
Liite 1	Classic maitosuklaa 1-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot	
Liite 2	Classic maitosuklaa 2-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot	
Liite 3	Classic kermatoffeinen 1-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot	
Liite 4	Classic metsämansikka 1-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot	

-
- Liite 5 Classic minttusuklainen 2-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot
 - Liite 6 Classic valkosuklaa-vadelma 1-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot
 - Liite 7 Classic valkosuklaa-salmiakki 1-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot
 - Liite 8 Dumle IC snacks 2-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot
 - Liite 9 Oma mansikka 1-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot
 - Liite 10 Oma mansikka 2-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot
 - Liite 11 Oma mango 2-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot
 - Liite 12 Ässä mix 1-rivin lämpökuorman mittaustulokset ja muistiinpanot

1 JOHDANTO

Tämän työn tavoitteena oli löytää uudet sopivammat lämpötilat extruder – jäätelölinjan tuotteiden ajoa varten. Työssä vertailtiin erilaisten mittaussvaineiden ja teorian avulla jäätelön ajolämpötilojen muutoksen aiheuttamia tekijöitä. Tarkastelussa keskityttiin jäätelön valmistuksessa laadun kannalta oleellisiin asioihin, kuten jäätelön sisälämpötilan, ajan ja linjan toimivuuden keskinäiseen vertailuun. Työn tulosten perusteella haluttiin löytää keinoja mahdolliselle laadun parantamiselle ja tuotannollisten kustannusten pienentämiselle. Työn tuloksista pyrittiin myös saamaan apua linjan ajokäyttäytymiseen tietyissä lämpötiloissa varsinkin lämpötilan nostamisesta aiheutuvien toimintamishäiriöiden ennustamisessa.

Tuotteiden erilaisuuden vuoksi haluttiin löytää jokaiselle karkaisutunnelin oma optimi ajolämpötila. Työtä rajattiin jäätelön osalta siten, että jokaisen tuotteen hieman erilaiseen reologiaan ei työssä keskitytä vaan jäätelön koostumusta käsitellään yleisesti. Laitteiston osalta työtä rajattiin jäätelötunnelin lämpötilojen vaihteluiden välittömään vaikutukseen linjan käyttäytymisessä. Esimerkiksi jäätelön kuorrutuksen määrän vaihteluun tunnelin lämpötilojen vaihtelun vaikutuksesta ei työssä keskitytty. Tarkastelu tapahtui mittaustulosten avulla ja yleistä jäätelön teoriaa hyväksi käyttäen.

2 YRITYKSEN ESITTELY

Toimeksiantajana työssä toimi Nestlé Oy:n jäätelötehdas Turengissa, joka toimii Nestlé suomen alaisuudessa.

2.1 Nestlé SA –konserni

Apteekkari Henri Nestlé perusti yrityksen Sveitsissä Veveyn kaupungissa vuonna 1867. Hänen ensimmäinen tuotteensa oli lapsille suunnattu velli nimeltä VARINE LACTÉE NESTLÉ. Tällä hetkellä Nestlén valmistamat tuotteet ovat laajentuneet suureksi tuoteperheeksi. Nestlén tuotevalikoimiin kuuluu mm. lastenruoat, kahvi, suklaa, keitot, pakasteet, jogurtit, mineraalivedet, eläinruoat, aamiaismurot ja jäätelöt. Nestlén valikoimista voi nykyisin löytää myös kosmetiikka- ja farmaseuttisia tuotteita. Yrityksen liikevaihto vuoden 2008 tietojen mukaan oli 81.29 miljardia euroa (109.9 miljardia CHF). Yritys on levittäytynyt ympäri maailmaa ja toimipaikkoja on 84 maassa. Tehtaita Nestlé SA –konsernissa on 456 eripuolilla maailmaa. Tällä hetkellä Nestlé on maailman suurin elintarvikeyritys ja se pitää hallussaan 1,7 prosenttia koko maailman elintarvikemarkkinoista, mikä on yhden yksittäisen yrityksen ja varsinkin elintarvikeyrityksen osalta iso saavutus. (McElHinney 2009.)

2.2 Nestlé Nordic

Nestlé Nordic on koottu Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan toimipisteistä omaksi yksikökseen. Nestlé Nordicin pääkonttori sijaitsee Kööpenha-

minassa, Tanskassa ja kaikissa toimipaikoissa sillä on yhteensä noin 2000 työntekijää. Tehtaita Nestlé Nordicilla Suomessa on Turussa ja Turengissa. Muut tehtaat ovat Ruotsissa, Mariestadissa ja Helsingborgissa. (McElHinney 2009.)

2.3 Nestlé Suomi

Nestlé Nordicin alaisuudessa toimiva Nestlé Suomi on toiminut Nestlé SA:n tytäryhtiönä jo vuodesta 1973. Yhtiön palveluksessa vuonna 2008 työskenteli 461 työntekijää ja tulos oli 167,8 miljoonaa euroa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Espoossa. (McElHinney 2009.)

2.3.1 Turengin jäätelötehdas

Valio Oy aloitti jäätelön tuotannon Turengissa vuonna 1962. Nestlé Suomen omistukseen tehdas siirtyi vuonna 2004. Samana vuonna tehtaan tuotanto oli yli 30 miljoonaa litraa jäätelöä. Tuotantomäärä on pysynyt lähes ennallaan viime vuosina. (McElHinney 2009.)

Tehtaalla on noin 130 vakituista työntekijää. Lisäksi tehdas käyttää vaihtelevan määrän kausityöntekijöitä vuosittain. Työtä tehtaalla tehdään kolmessa vuorossa, joista pääsääntöisesti kahdessa on jäätelön tuotantoa ja kolmannessa suoritetaan linjojen pesut. Tehtaalla on yhdeksän jäätelöä valmistavaa linjaa (vuonna 2010). Näistä kahdella voidaan valmistaa jäätelöpuikkoja, kahdella litran kotipakkauksia, yhdellä irtojäätelöä, kahdella puikkoja, yhdellä pikareita, kahdella erikokoisia purkkeja ja yhdellä ”sandwich” -tyyppisiä jäätelöitä.

3 JÄÄTELÖN MÄÄRITELMÄ JA PÄÄTYYPIT

Jäätelöstä puhuttaessa tarkoitetaan yleisesti erilaisia jäädytettyjä jälkiruokia. Yhteisiä tunnusmerkkejä jäätelöillä on niiden nauttiminen kylmänä, makeus ja spesifinen, haluttu maku.

Kauppa- ja teollisuusministeriö on tehnyt vuonna 1995 määritelmän jäätelöstä. Se määrittelee jäätelön jäädytetyksi elintarvikkeeksi, joka tehdään rasva-proteiiniemulsiosta ja muista ainesosista ja on tarkoitettu nautittavaksi sellaisenaan tai osittain sulaneena. Määritelmä tuli voimaan 1.2.1999. Määritelmän mukaan kermajäätelöllä tarkoitetaan vähintään 8 paino-% rasvaa ja vähintään 2,5 paino-% maitoproteiinia sisältävää jäädytettyä elintarviketta. Lisäksi kuiva-ainepitoisuus pitää olla vähintään 30 paino-%. Maitojäätelöksi saa nimittää jäätelöä, joka sisältää vähintään 2,5 paino-% rasvaa, 2,5 paino-% maitoproteiineja ja 26 paino-% kuiva-ainetta. Molemmissa proteiinien ja rasvan on oltava peräisin maidosta. (KTMP 4/1999, 2;6;10 §.)

Jäätelön yleisiä päätyyppejä ovat:

- Kermajäätelöt, jotka tehdään maitopohjaisista raaka-aineista.

- Maitojäätelöt, jotka ovat samankaltaisia kermajäätelön kanssa mutta sisältävät vähemmän maitorasvoja.
- Kasvirasvapohjaiset jäätelöt, jotka tehdään kasvirasvoja ja maitoproteiineja hyväksi käyttäen.
- Kanamunapohjaiset jäätelöt, joissa on hyödynnetty keltuaista.
- Jogurtti jäätelöt, joka nimensä mukaisesti sisältää jogurttia tai vähintään sen aromia.
- Sorbet –jäätelöt ovat ilmastettua vettä, joka sisältää osaksi kyllästettyä sokeriliuosta tai siirappia. Sorbetit eivät sisällä maitoa tai kermaa.
- Sherbet –jäätelöt ovat amerikkalaistyyllisiä ja samankaltainen kuin sorbetit mutta ne sisältävät vähän maitoa tai kermaa.
- Limonadijät ovat jäädytettyä sokerisiirappia halutulla maulla ja värillä.
- Mehujät ovat täysmehua sisältäviä jäädytettyjä tuotteita.
(Clarke. 2004, 1.)

4 JÄÄTELÖN VALMISTUSVAIHEET

Jäätelön valmistus aloitetaan sekoittamalla raaka-aineet keskenään massaksi. Massa homogenoidaan, lämpökäsitellään (pastöroidaan), kypsytetään, vispataan samalla osittain jäädyttäen, annostellaan ja karkaistaan.

4.1 Massan sekoitus

Jäätelön valmistus aloitetaan valmistamalla jäätelömassa raaka-aineista sekoittamalla kuiva-aineet nestemäisiin. Käytettäessä kiinteitä rasvoja ne on sulatettava ennen sekoitusta. Massaa sekoitettaessa on huomioitava, että kuivat aineet paakkuuntuvat helposti. Tätä estetään eri tekniikoilla, stabiointi- ja emulgointiaineilla. (Tetra pak processing system Ab. 2003. 402-407; Clarke. 2004, 60-81.)

4.2 Massan homogenointi ja lämpökäsittely

Homogenoinnissa massa lämmitetään 73 - 75 °C:een ja puristetaan paineen alaisena läpi pienestä venttiilistä tai suuttimesta (riippuen käytettävästä laitteistosta), jolloin rasvapallot hajoavat pienemmiksi lisäten niiden pinta-alaa. Rasvapallojen pienenemisestä on etuna esimerkiksi massan parempi vispautuvuus ja halutumpi koostumus (esim. tasaisempi emulsio). Homogenointipaine vaihtelee massan rasvapitoisuuden mukaan. Yleisesti käytetyt paineet vaihtelevat välillä 140 – 200 bar. Lämpökäsittelyä tehtäessä on otettava huomioon, että jotkut ainesosat (kuten värit tai aromiaineet tms.) eivät kestä kuumennusta ja painetta. Ne on lisättävä massaan lämpökäsittelyn jälkeen. Lämpökäsittelyllä eliminoidaan bakteeritoimintaa. Se myös auttaa lisäaineita ja muita ainesosia liukenemaan massaan paremmin. (Tetra pak processing system Ab. 2003, 402-407; Clarke. 2004, 60-81.)

4.3 Massan kypsytytys

Lämpökäsittelyn jälkeen massan annetaan kypsyä. Tämä tapahtuu yleensä kypsytystankeissa 2 – 5 °C lämpötilassa vähintään 4 tuntia. Kypsytysaika ja lämpötila riippuvat massan koostumuksesta. Kypsytyksen aikana maidon proteiinit ja vesi reagoivat keskenään. Lisäksi nestemäinen rasva kiteytyy. Haluttuja ominaisuuksia kypsytyksen seurauksena ovat massan parempi ilman sitovuus ja korkeampi sulamispiste.

Kypsyttäminen on ekstruusio menetelmällä valmistetussa jäätelössä tärkeä vaihe. Massan kypsytytys tapahtuu homogenisoinnin jälkeen, jolloin rasvapalloset ovat hajonneet pienemmiksi. Tehtaässä jäätelöä ekstruusio menetelmällä jäätelön rakenteesta tulee viskoosimpi ja näin ollen jäykempi jäätelömassa. Kypsytyksessä tapahtuu tärkeitä asioita, jotka tekevät massasta paremmin ekstrudoitavan. Ensimmäinen tärkeä asia mitä kypsytyksen aikana tapahtuu on emulgointiaineiden absorboituminen maidon rasvapallosten pinnalle. Absorboitumisen seurauksena osa maidon proteiineista korvataan emulgointiaineilla. Tämä yhdessä lämpötilan alenemisesta joutuva mono- ja diglyseridien kiteytymisen ja näin ollen hydrofobisoitumisen ansiosta, mono- ja diglyseridit absorboituvat paremmin rasvapallosten kanssa. Toinen kypsytyksessä tapahtuva asia on rasvan kiteytymisen nopeutuminen rasvapallon sisällä. Rasvaan kiinnittyneet ja kiteytyneet mono- ja diglyseridit, yhdessä korkean sulamispisteen kanssa, lisäävät nukleatson tapahtumista (nukleatiosta lisää myöhemmin jäätyminen yhteydessä, kohdassa 5.3) toimien jäätyminen ”alkupisteenä” ja edeten pinnalta rasvapallosen sisään. Ilman tätä jäätyminen rasvapallossa tapahtuisi hitaasti sisältäpäin. Ilman kypsytytystä jäätelön muut valmistusvaiheet vaikeutuisivat huomattavasti. (Tetra pak processing system Ab. 2003, 402-407; Clarke. 2004, 60-81.)

4.4 Massan vispaukset ja annostelu

Kypsytyksen jälkeen massa vispataan, jonka aikana massa osittain jäädytetään. Vispauksen tarkoitus on sekoittaa massaan haluttu määrä ilmaa ja jäädyttää osa massan vesiosasta. Jäätyminen ansiosta muodostuu jääkiteitä, mikä jäykistää massan rakennetta ja samalla muodostuu jäätelön pehmeä rakenne. Vispauksen aikana massan komponentit leikkautuvat pienemmiksi ja massaan sekoittuu ilmaa. Leikkautuvista komponenteista esimerkkinä rasvapalloset, joiden pieni koko vaikuttaa positiivisesti jäätelön rakenteeseen. (Tetra pak processing system Ab. 2003, 402-407; Clarke. 2004, 60-81.)

Vispattu, osittain jäätyneet, ilmastettu ja rakenteeltaan hyvä jäätelö annostellaan erilaisiin pakkauksiin ja muotoillaan haluttuun muotoon. Jäätelöitä useasti myös koristellaan tai esteettisyyttä lisätään muuten, esimerkiksi pähkinärouheella tai suklaalla. (Tetra pak processing system Ab. 2003. 405-407; Clarke. 2004, 100-103.)

4.5 Jäätelön karkaisu

Annostelun jälkeen puolijähmeä jäätelö jäädytetään. Tätä sanotaan karkaisemiseksi. Karkaisulaitteistoja on erilaisia, mutta päätehtävänä laitteistolla on kylmäaineen avustuksella jäädyttää jäätelö haluttuun lämpötilaan kymmeniä asteita nolla celsiusasteen alapuolelle. Jäätelö voidaan karkaista pakattuna tai pakkaamattomana. Ainoastaan Deep Blue –menetelmällä valmistettua jäätelöä ei karkaista. Usein jäätelöpuikot kastetaan kuorutukseen, jonka lämpötila voi olla korkea. Tällöin puikot on karkaistava ennen kastoa. Kaston apuna voidaan myös käyttää jotain muuta kylmäainetta kuten nestetyppeä. Esimerkki pakatusta ja sen jälkeen karkaistusta jäätelöstä on yhden litran kotipakkauksissa myytävä jäätelö, mikä pakataan vispauksen jälkeen ja karkaistaan pakattuna.

Karkaisulämpötila riippuu jäätelön koosta ja koostumuksesta. Teollisuudessa joidenkin limonadimehujäiden karkaisemiseen käytetään jopa alle -40 °C :n lämpötiloja. Ammoniakin tarkoitus on imeä lämpö pois jäätelöstä, minkä jälkeen se höyrystyneessä olomuodossa kerätään talteen, palautetaan nestemäiseen muotoon ja palautetaan kiertoon ohjaamalla se jälleen kylmälaitteille. Teollisuus käyttää kolmea erilaista karkaisulaitteistoa. Käytössä on levykarkaisu ja muottikarkaisu, joiden toiminta perustuu lämmön johtumiseen eli konduktioon ja säteilyyn. Kolmas käytössä oleva laitteisto on tuulitunneli, jonka toimintaperiaate perustuu kaikkiin kolmeen lämmönsiirron mekanismiin eli konduktioon, säteilyyn ja konvektioon eli kuljettumiseen. Deeb Blue –menetelmällä valmistettu jäätelö vispataan noin -12 °C , joten erillistä karkaisua ei tarvita. (Tetra pak processing system Ab. 2003, 402-407; Clarke. 2004, 60-81.)

Tässä työssä käsiteltävänä oleva karkaisulaitteisto on tuulitunneli periaatteella toimiva laitteisto, jonka kylmäaineena toimii ammoniakki.

4.5.1 Karkaisun historiaa

Jäätelön syntyajoista asti karkaisussa on käytetty alle -20 °C :n lämpötiloja. Aikaisemmin jäätelö on karkaistu jään ja ruokasuolan (natriumkloridi) avulla. Nykyisin yleisesti käytetty kylmäaine teollisessa tuotannossa on ammoniakki, joka on korvannut jään. Suolan käyttö joissain sovelluksissa on edelleen käytössä mutta kylmäaine on korvattu yleisesti ammoniakilla. Muitakin kylmäaineita on käytössä, kuten nestetyppeä mutta sen korkeampi hinta verrattuna ammoniakkiin määrittelee sen käytön yleisyyttä teollisuudessa. (Clarke. 2004, 1-19.)

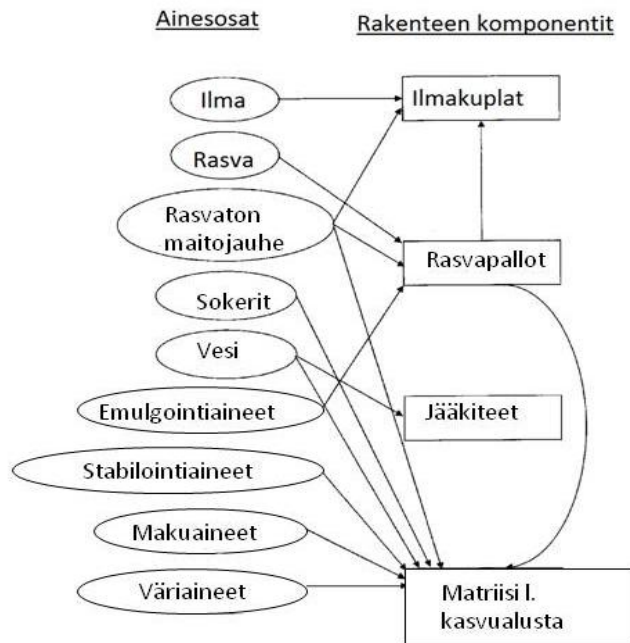
5 JÄÄTELÖN RAKENTEESTA

Aine voi esiintyä kolmessa eri olomuodossa. Nämä ovat kiinteä, nestemäinen ja kaasu. Kaikki aineet ovat kiinteitä tarpeeksi alhaisissa lämpötiloissa pois lukien helium. Aineen ollessa kiinteässä olomuodossa se on aineen perushiukkasista kasattu ns. tiivis paketti. Kiinteän aineen rakennusaineet, sen atomit ja molekyylit ovat jatkuvassa liikkeessä aineen ollessa absoluuttista nollalämpötilaa korkeampi. Aineen muuttaessa olomuotoaan puhutaan faasitrasformaatiosta. Aineen tehdessä faasitransformaation nestemäiseksi sen rakenne muistuttaa kiinteän aineen rakennetta mutta sen atomit tai ionit ovat kauempana toisiaan. Tällöin rakenne on ns. avonaisempi. Tästä johtuu, että nestemäiseen aineeseen voi liueta helpommin muita aineita. Aineen muuntuessa kaasuksi perushiukkaset ns. vapautetaan kiinteän tai nestemäisen rakenteen hilarakenteesta. Kaasun muodostuessa aineesta, perushiukkaset alkavat käyttäytyä yksilöinä ja liikuvat vapaasti. Sidoksia hiukkasilla kuitenkin esiintyy, jolloin aineesta riippuen sidokset voivat olla useamman molekyylin muodostavina yksiköinä. (Ahoranta. 1994. 87-110; Tikkanen. 1990. 23-27.)

5.1 Yleistä

Jäätelössä on kaikkia aineen olomuotoja yhdessä. Se sisältää jäätä ja ”rasvaa”, joiden olomuoto on kiinteä. Lisäksi jäätelössä on sokereita, jotka ovat liuenneessa olomuodossa ja kaasua (ilmaa). Yleisesti jäätelön rakenne koostuu siis ilmasta, jäädä, ”rasvasta” ja sokereita sisältävästä kasvupohjasta eli matriisista. Tyypillisesti jäätelössä on ilmaa noin 50 %, jäätä noin 30 %, ”rasvaa” 5 % ja sokereiden, maitoproteiinien, stabilointiaineiden yms. muodostamaa matriisia on noin 15 %. (Clarke. 2004, 13.)

Edellä mainitut neljä jäätelön komponenttia muodostavat jäätelön rakenteen. Jää, ilma, ”rasva” ja jäätelön matriisi. Jäätelöllä voidaan sanoa olevan komposiitti rakenne. Komposiitti rakenne muodostuu erilaisista materiaaleista, mutta ne eivät ole sulautuneet tai liuenneet yhteen, vaan kiinnittyneinä toisiinsa. Jäätelön komposiitti rakenne on monimutkainen. Jää muodostuu vedestä, ilma on nimensä mukaisesti ilmakuplia ja ”rasva” on muodostunut rasvasta, maitoproteiineista ja emulgointiaineista. Matriisi (l. kasvupohja) taas muodostuu liuenneista sokereista, maitoproteiineista, stabilointiaineista, maku- ja väriaineista. Osa ”rasvasta” on kiinnittyneenä heterogeeniseksi seokseksi maku- ja väriaineisiin. Jokaisen jäätelön raaka-aine määrä ja osasten fyysinen koko vaikuttavat millainen matriisi jäätelölle muodostuu. Kuviossa yksi (1) selvennetään eri osasten suhdetta toisiinsa. (Clarke. 2004, 135-137.)



Kuvio 1 Jäätelön ainesosat ja niiden suhde mikrorakenteen komponentteihin. (Clarke. 2004, 136.)

5.2 Öljy-vedessä –emulsio

Jäätelö on niin sanottu öljy-vedessä –emulsio eli öljy on pisaroina tasaisessa vesipohjaisessa seoksessa. Vesi muodostaa kaasun ympäröimänä niin sanotun pintajännitteen. Pintajännitteen ansiosta veden ominaisuuksiin kuuluu, että se pyrkii pienentämään pinta-alansa mahdollisimman pieneksi. Myös öljypisaroilla on samankaltaisia ominaisuuksia pinnallaan. Kun vesi ja öljymolekyylejä yritetään sekoittamaan keskenään vesi (myös öljy) pyrkii olemaan samankaltaisten molekyylien kanssa, näin vesi ja öljy molekyylien pintajännitteet hylkivät toisiaan. Sekoitettaessa vettä ja öljyä tehokkaasti öljypisarat hajoavat pienemmiksi luoden näin suuremman pinta-alan itselleen. Seurauksena on että, pinta-ala veden ja öljyn välillä kasvaa. Näin pinnan jännitys ja pinnan energia kasvaa. Emulsiosta voidaan laskea erilaisia suureita: rasvapisaroiden määrä n , öljyn kokonaispinta-ala A , emulsion pinnan energia E , rasvan kokonaistilavuus $V_{öljy}$, rasvapisaroiden tilavuus V_{pisara} , rasvapisaroiden säde r ja/tai seoksen pintajännitys γ . Näiden suureiden avulla on mahdollista ennustaa laskemalla jäätelön ominaisuuksia ja laatia reseptejä, joilla tehtyjen jäätelöiden ominaisuudet ovat halutut. (Clarke. 2004, 13-17).

Kaava 1 Rasvapisaroiden määrän laskukaava (Clarke. 2004, 14).

$$n = \frac{V_{öljy}}{V_{pisara}} = \frac{V_{öljy}}{\frac{4\pi}{3} r^3}$$

Kaava 2 Öljyn kokonaispinta-alan laskukaava (Clarke. 2004, 14).

$$A = n * \pi r^2 = \frac{V_{\text{öljy}}}{\frac{4\pi}{3} r^3} * 4\pi r^2 = \frac{3V_{\text{öljy}}}{r}$$

Kaava 3 Emulsion pinnan energian laskukaava Clarke. 2004, 16).

$$E = \gamma A$$

Sekoituksen seurauksena syntyneet emulsiot ovat herkkiä erottumaan. Esimerkiksi öljyvesiseosta säilytettäessä öljy erottuu veden pinnalle omaksi faasikseen tietyn ajan kuluessa. Tämän vuoksi emulsioissa käytetäänkin useasti stabilointiaineita. Stabilointiaineet elintarvikkeissa ovat yleensä proteiineja tai emulgointiaineita. Proteiinit koostuvat aminohapoista. Osa aminohapoista on hydrofobisia ja osa hydrofiilisiä. Tämä tarkoittaa sitä, että tarttuessaan molekyylien pinnalle nämä proteiinit toimivat ns. kiinnittäjinä kahden toisiaan hylkivien molekyylien välillä. Hydrofiilinen osa kiinnittyy vesiosaan ja hydrofobinen osa öljyosaan. Emulgointiaineet toimivat samanlaisella periaatteella. Emulgointiaineet ovat koostuneet mono- ja diglyserideistä ja niillä on samalla tavalla hydrofiilisiä ja hydrofobisia ominaisuuksia. (Clarke. 2004, 13-17.)

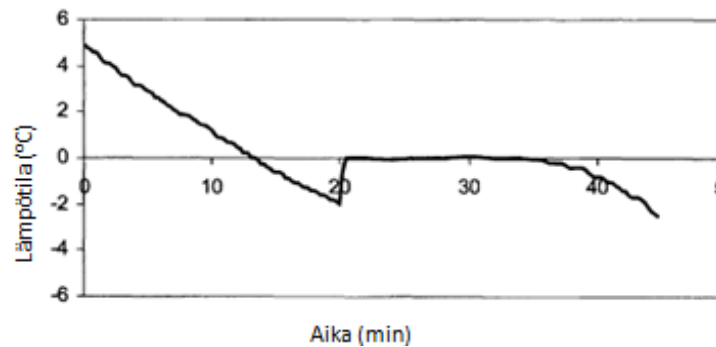
Emulsion tärkeys tehtäessä jäätelöä extruusio –menetelmällä tulee esiin jäätelön haluttujen ominaisuuksien osalta. Ekstruusioilla tehty jäätelö on viskoositeetiltään korkeampi. Näin ollen jäätelö on valmistusvaiheessa jähmeämpää ja voi tehdä jäätelöstä vaikeammin käsiteltävän. Sen etuna kuitenkin on pienempi mikrorakenne l. pienempiä ilmakuplia ja rasvapalloja. Tämä on emulsion kannalta edullista.

5.3 Jäätymisen ja jääkiteet jäätelössä

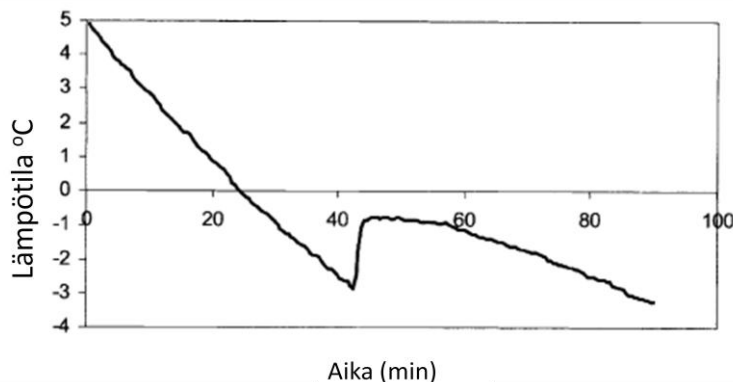
Noin puolet jäätelön jääkiteistä muodostuu vispauksen aikana. Vispauksen suoritetaan vispaulaitteistolla (vispareilla), jonka periaatteena on nopea lämmönvaihto sylinterin avulla ja ilman sekoittuminen kaavintalaitteiston avulla. Massa syötetään visparin sylinterin muotoiseen pesään, jossa kaapit kaapivat jäätyneitä massaa sylinterin pinnoilta samalla sekoittaen massaan ilmaa. (Cebula, D.J. & Russel A.B. 1998, 131-133). Jäätymisen jatkuvatoimisessa vispaulaitteistossa tapahtuu nopeasti, jolloin tilanteessa on mahdollista tapahtua alijäähtymistä. Alijäähtyminen on tilanne, jossa faasimuutoksen sijaan aine pysyy nestemäisenä, vaikka se on jo ohittanut oman jähmettymispisteensä. Tämä tilanne on väliaikainen. Alijäähtymisen ensimmäisessä vaiheessa ns. nukleaatioissa l. ydintymisessä tapahtuu kiteytymistä, mikäli tarpeeksi alhainen lämpötila on saavutettu. (Kangasniemi. 2009.) Absoluuttisen puhtas vesi voitaisiin teoriassa alijäähtyttää -40 °C lämpötilaan (Clarke 2004, 23). Jäätelön vesiosassa alijäähtyminen etenee yleensä vain noin -2 °C lämpötilaan. Tässä lämpötilassa vesiosa alkaa muodostaa ristikkomaista, epäsymmetristä kiderakennetta jo jollekin olemassa olevalle pinnalle. Tätä sanotaan heterogeeniseksi nukleaatioksi. Heterogeenisessä nukleaatioissa veden alijäähtyneet molekyylit sitoutuvat kantajamolekyylin tms. pinnalle muodostaen jääkiteitä. (Kangasniemi. 2009.) Tätä kiteytymistä ei tapahtuisi vielä tässä lämpötilassa ilman jo

olemassa olevaa, jostain molekyyleistä muodostuvaa pintaa. Jäätelön massassa tällaiset kantajapinnat voivat olla esimerkiksi proteiineja. Tästä on eri teorioita. Yksi teoria on juuri heterogeenisen nukleaation tapahtuminen massan ainesosien pintojen kanssa. Toinen arvelee jääkiteiden muodostuvan suoraan visparin sylinterin pinnalle (käyttäen sylinterin pintaa kantajana), josta kaapijat irroittavat ne ja sekoittavat massaan. Käytännön kannalta oleellista kuitenkin on vain, että veden puhtaudesta johtuen alijäähtyminen ei saavuta teoriassa laskemalla saatavia arvoja, vaan kiteytyy alhaisemmassa lämpötilassa l. massan osien erilaiset molekyylipainot aiheuttavat jäätymispisteen aleneman. (Clarke 2004, 23.)

Jäätelön massan vispauksen ja osittaisen jäätymisen aikana kiteytyminen on suotavaa, veden latenttilämmön vapautumisen takia. Nukleaation tapahtuttua veden latenttilämpö vapautuu nopeasti nostaten massan lämpötilaa. Massan latenttilämmön vapautuminen halutaan tapahtuvan massan rakenteen muodostumisen kannalta aikaisessa vaiheessa. Väärässä kohdassa tapahtuva latenttilämmön vapautuminen voisi muuttaa jäätelön koostumusta ja ulkonäköä.



Kuvio 2 Veden lämpötila ajan funktiona jäätymässään (Clarke 2004, 22).



Kuvio 3 Vahvuudeltaan 12% sakkaroosi liuoksen lämpötila ajan funktiona jäätymässään (Clarke 2004, 25).

Kuvioissa 2 ja 3 havainnollistetaan latenttilämmön nopeaa vapautumista ja siitä johtuvaa nopeaa lämpötilan nousua ajan funktiona. Veden ja sakkaroosiliuoksen eroavaisuus lämpötiloissa, ajassa ja funktioiden muodoissa esitetyissä kuvioissa johtuu sakkaroosin molekyylipainoon liittyvästä jäätymispisteen alenemasta. (Clarke 2004, 21-26.) Kuvioista voidaan todeta, että mikäli massa olisi koostumukseltaan valmis mutta lämpötila vielä

korkea, voi jäätelössä tapahtua jäädytyksen aikana rakennemuutoksia. Jäätelö annostellaan tai muuten pakataan muotoonsa massan vispaamisen jälkeen. Mikäli osittaista jäätymistä massassa ei tapahtuisi jo vispaamisen aikana voisi myöhempi jäädyttäminen johtaa esimerkiksi ei haluttuun ulkonäköön ja suutuntumaan. Toisin sanoen mikäli jäätelö annostellaan muotoonsa ja jäädytetään sen jälkeen ohi alijäähtymispisteen, sulamisen mahdollisuus on suuri. Tämän vuoksi latenttilämmön pienentäminen massassa ennen annostelua on oleellista.

Lopullisesti jäätelö jäädytetään karkaisuvaiheessa. Tämä vaihe tapahtuu huomattavasti hitaammin. Hitaamman jäädyttämisen ja jo osaksi kiteisen massan lämpötilan laskemisen seurauksena ei tapahdu enää paljon nukleoitumista. Tästä johtuva jäätyminen eteneminen tapahtuu lähes ainoastaan kasvattamalla jo olemassaolevien jääkiteiden kokoa. Karkaisun aikana tapahtuva massan kypsyminen ja/tai yhteen kasvaminen aiheuttavat uudelleen kiteytymistä, missä kiteet liittyvät toisiinsa isommiksi kiteiksi. Lopputuotteen koostumus onkin tästä syystä hieman erilainen kuin ennen karkaisua oleva tuote. Tämän vuoksi prosessin alkuvaiheessa halutaan jääkiteistä mahdollisimman pieniä, ettei karkaisun jälkeen lopputuotteen jääkiteet olisi liian suuria muuttaen jäätelön koostumusta ei halutuksi. (Cebula, D.J. & Russel A.B. 1998, 131-133.)

5.4 Jäätelön matriisi

Jäätelön matriisi rakentuu sokereista, stabilointiaineista ja maitoproteiineista. Matriisi muodostaa jäätelön massalle rungon. Sen viskoosit ominaisuudet lämpötilan laskiessa, tekevät jäätelöstä rakenteeltaan lasimaisen. Matriisin vaikutus jäätelössä tulee hyvin esiin veden jäätyminen seurauksena. Kun jäätelön vesi jäätyy, loppu osa massasta konsentroituu matriisin ainesosilla. Jäätelön sokeripitoisuuden ollessa korkea, sen jäätympiste alenee ja haurausmuutoksen (engl. glass transition) mahdollistava lämpötila nousee korkeammaksi. Haurausmuutos on toisen kertaluvun faasimuutos, joka jäätelössä huomataan jäätelön rakenteen muuttumisena lasimaiseksi eli kovaksi ja hauraaksi. Haurausmuutos on haluttu faasimuutos jäätelössä. Se aiheutetaan tarkoituksella jäätelöä valmistettaessa laskemalla lämpötila tarpeeksi alhaiseksi, jolloin jäätelön matriisin liuenneet molekyylit lakkaavat liikkumasta. Mitä suurempi molekyylipaino matriisin osilla on, sitä korkeammassa lämpötilassa lasisiirtymä jäätelössä tapahtuu. Samalla jäätymisestä aiheutuva konsentroituminen voi aiheuttaa matriisin ylikyllästymisen. Ylikyllästymisestä seuraa sokereiden kiteytyminen ulos liuksesta (esim. laktoosin kiteytyminen). Ylikyllästymisen taas ei ole haluttu ominaisuus jäätelössä sillä sokerikiteet ovat kovia ja tekevät jäätelön suutuntuman karkeaksi. Tätä ehkäistään yksinkertaisesti laskemalla reseptissä olevien sokereiden määrää suhteessa veteen. Matriisin rakennetta vahvistetaan stabilointiaineiden avulla. Matriisin koossa pysyminen ja sen vahvistaminen vaikuttavat eniten jäätelön sulamislämpötilaan. Mikäli matriisia stabiloidaan, jäätelöstä haihtuu massaa huonommin, jolloin sulamislämpötila nousee. (Napari, I. 2009; Clarke, C. 2004, 143-146.)

5.5 Jäätelön rasva

Rasva on jäätelössä pieneksi pilkottuina palloina, jotka ovat situoutuneet osaksi ilmakupien kanssa ja osaksi sulautuneena matriisiin. Jäätelössä rasvalla on monta tehtävää. Sen tärkein tehtävä on stabiloida jäätelön rakenteessa olevat ilmakuplat. Rasvan muita tehtäviä on lisätä matriisiin viskoosisuutta, joka taas puolestaan auttaa sulamisen hidastamisessa. Yksi tärkeimmistä rasvan ominaisuuksista on kuitenkin sen vaikutus aistillisiin ominaisuuksiin. Rasvan lisääminen jäätelössä lisää paksuutta ja suutuntumaa. Maun lisäämistä jäätelössä rasva auttaa myös sillä, että osa makua antavista molekyyleistä ei ole vesiliukoisia. Tämän vuoksi rasva auttaa makuaineiden liukenemista ja vaikuttaa näin ollen oleellisesti jäätelön makuun. Rasvan hyvät ominaisuudet lisäävät rasvattomien jäätelöiden tekoon liittyviä ongelmia. Rasvan puuttuessa tai vähentyessä jäätelöstä sen viskoosisuus laskee, massan ilma epästabiloituu, rasvaliukoiset makuaineet eivät liukene, maku- ja suutuntuma huononee huomattavasti. (Clarke, C. 2004, 147-150.)

5.6 Ilma jäätelön komponenttina

Jätettäessä jäätelö huoneenlämpöön, rakenteessa tapahtuu nopeasti muutoksia. Yksi huomattava asia on, että jäätelön tilavuus pienenee. Tämä johtuu siitä, että ilma pyrkii erottumaan seoksesta. Toinen ilman pinta-alan pienenemistapa jäätelössä on ilmakuplien yhdistyminen. Ilman sekoittuminen jäätelön matriisiin ja siihen stabiloiminen on tärkeää jäätelön valmistamisessa ja säilyttämisessä. Emulgointiaineet vähentävät jäätelön nestemäisen osan ja ilmakuplien välistä pintajännitystä. Tämä on yksi edistävää tekijä ilman pysymiseen jäätelössä. Ilma jäätelössä halutaan mahdollisimman pieneksi ilmakupliksi. Ilmakuplien koko jäätelössä vaihtelee keskiarvoltaan välillä 23 - 84 μ m, riippuen varastointilämpötilasta ja ajasta. Tärkein ilmakuplien kokoon vaikuttava tekijä on lämpötila. Mitä alhaisemmassa lämpötilassa jäätelöä säilytetään, sitä parempi on ilmakuplien kineettinen paikallaan pysyminen. Mikäli ilmakuplat pääsevät liikkumaan niiden sisäisen energian ollessa suurempi kuin ulkoisen, ne liittyvät toisiinsa muodostaen kooltaan isompia kuplia. Näin ilman pinta-ala jäätelössä pienenee. Samalla ilma poistuu helpommin jäätelöstä. (Clarke. 2004.) Tämä perustuu Henryn lakiin, jossa kaasujen liukeneminen nesteeseen on suorassa suhteessa vallitsevaan paineeseen. Esimerkkinä tästä on ns. sukeltajan tauti, jossa typpi liukenee elimistöön sukeltaessa syvälle. Mikäli sukeltaja nousee nopeasti ylös syvältä vedestä ja paineen alaisuudesta typpikuplia liukenee vereen, jotka aiheuttavat erilaisia terveydellisiä haittoja (Sipinen. 2010). Jäätelön vispausvaiheessa (visparin sisällä) paine kasvaa ja se pienentää ilmakuplien kokoa jäätelössä. Samalla mekaaninen työ visparissa rikkoo ilmakuplia pienemmiksi. Näin niiden sisäinen energia suurenee ja ne ovat herkkiä erottumaan massasta tai yhdistymään toisiinsa pienentääkseen paine-eroa ympärillä vallitsevaan paineeseen verrattuna. Ilman halutaan säilyvän jäätelössä. Erilaiset toimintamallit ja lisäaineet vaikuttavat ilman pysymiseen jäätelön massassa. Yksi keino on esim. vispauksen aikainen ja tuotteen annostelun jälkeinen nopea jäädyttäminen. Muita keinoja ovat massaa tehtäessä oikeanlaisten toimintatapojen ja raaka-aineiden valinta. Esimerkiksi rasvan valinta ja sen käsittely halutaan

sellaiseksi, että osa rasvasta on kovaa tai kovettuu käsittelyn aikana. Näin rasvapallot sulautuvat osittain matriisin muihin osasiin ja muodostavat ryppäitä joihin ilma sitoutuu. Tähän yhdistettynä osasten nopea termodynaminen sitominen laskemalla lämpötilaa, vangitsee ilman paikalleen jäätelössä. Tämän takia lämpötilan nopea laskeminen ja pitäminen tarpeeksi alhaisena on olennaista jäätelön hyvän rakenteen säilymiselle. (Clarke. 2004, 72-74; 150-154.)

6 JÄÄTELÖ JA LÄMMÖNSIIRTYMINEN

Jäätelön komposiittirakenteen säilyttämiseen sen toisiaan hylkivillä ainesosilla tarvitaan termodynamiikan ja lämmönsiirron hallintaa. Termodynamisesti on mahdotonta kokonaan ehkäistä jäätelön mikrokoostumuksen muuttuminen takaisin huonompaan suuntaan eli esimerkiksi emulsion hajoaminen ja vesi-öljy osien uudelleen eroittuminen. Jäätelön rakenne halutaan kuitenkin pysyvän hyvänä mahdollisimman pitkään. Siksi on sovellettava ja yhdisteltävä erilaisia toimintamalleja. Aikaisemmin tekstissä mainitut stabilointiaineet ovat yksi osa erottumisen ehkäisyssä. Kun jäätelön rakenne saadaan viskooseilta ominaisuuksiltaan halutuksi vispausvaiheessa sen jälkeinen karkaisu ns. vangitsee jäätelön partikkelit kineettisesti. Lämpötilan alhaisuus hidastaa partikkelien liikettä ja samalla ainesosien erottumista. Yhdessä emulgointiaineiden ja ns. kineettisen vangitsemisen kanssa jäätelön rakenne pysyy hyvänä pitkään. (Clarke. 2004, 77-82.)

6.1 Yleistä lämmönsiirrosta

Lämpöä syntyy atomien ja molekyylien liikkeestä. Lämpö on energiaa. Lämpöenergian siirtymiseen tarvitaan lämpötilaeroja. Mikäli lämpötilaeroa ei ole, lämpöenergiaa ei siirry. (Tikkanen. 1990, 23.) Lämpötilan alentuessa jäätelön komponenttien liike hidastuu huomattavasti, sitoen molekyylit liikkumaan paikallaan (hitaammin). Jäätelön sisältäessä kaikkia kolmea aineen olomuotoa, molekyylien ja atomien liike pyritään stabiloimaan laskemalla lämpötilaa. Kuten aikaisemmin on todettu, jäätelön rakentavat molekyylit alkavat ns. etsiä kaltaistansa seuraa lämpötilan noustessa. Öljy-vesi –emulsio hajoaa ja myös kaasu (ilma), joka jäätelöön on sekoitettu pyrkii erkanemaan seoksesta. Tällöin kineettinen stabilointi on tarpeellista, tuotelaadun säilyttämiseksi. (Clarke. 2004.)

Lämpö siirtyy kolmea erilaista mekanismia käyttäen. Nämä ovat johtuminen, säteily ja konvektio. Näistä jälkimmäinen vaatii jonkin aineen massan liikkeen kun taas kaksi ensimmäistä tapahtuvat aineessa niiden ollessa paikallaan, pelkän molekyylien liike-energian avulla. Käytännössä lämpö siirtyy usein näitä kaikkia mekanismeja hyväksi käyttäen yhtä aikaa. Prosesseja, joissa vain yhtä tai kahta näistä mekanismeista käytetään, voidaan tarvittaessa toteuttaa mutta ne tarvitsevat tiettyjä olosuhteita. Pelkästään säteilyn avulla tapahtuva lämmönsiirto tarvitsee tyhjiön ja pelkästään johtumalla, aineen tarvitsee olla läpinäkymätön, kiinteä aine. Lämmönsiirto-prosessissa jokin näistä mekanismeista on yleensä määräävässä roolissa. (Kymäläinen. 2008.)

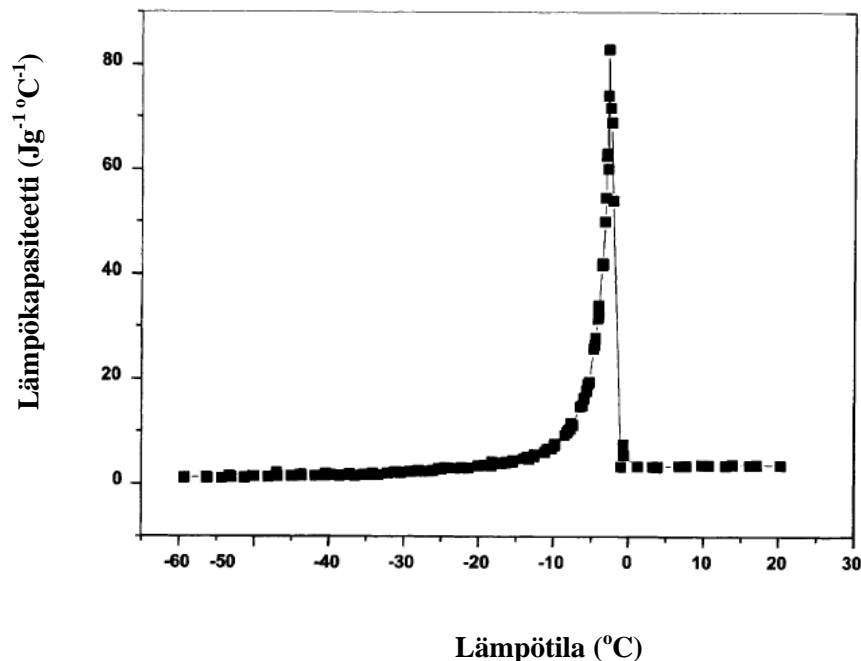
6.2 Ominaislämpökapasiteetti

Jokaisella aineella on oma ominaislämpökapasiteettinsa. Tällä tarkoitetaan lämpömäärää, joka tarvitaan kohottamaan aineen lämpötilaa yhdellä asteella. Mitä epäpuhtaampi aine on sitä vaikeampi on laskea aineen lämpösisältö. Fyysisillä kokeilla lämpösisältö voidaan kuitenkin todeta. (Tikkanen. 1994. 29-32.) Aineiden ominaislämpökapasiteetti c voidaan laskea kaavalla 4 mikäli tiedetään lämpötila tietyllä ajan hetkellä ΔT , mitattavan kappaleen massa m ja kappaleeseen tuotu lämpömäärä Q . (Hautala & Peltonen. 2005. 160-164.)

Kaava 4 Lämmönsiirron perusyhtälö (Hautala. Peltonen. 2005, 160.)

$$Q = cm\Delta T$$

Esimerkkinä veden ominaislämpökapasiteetti on 4190 J/(kgK), joka on huomattavasti suurempi kuin jään ominaislämpökapasiteetti joka on 2090 J/(kgK). (Mäkelä. Soininen. Tuomola. Öistämö. 2005, 177-178.) Vaikka jäätelössä on vain vähän jäätä veden ja jään ominaislämpökapasiteetti eroista voidaan päätellä, että jäätyneen jäätelön ominaislämpökapasiteetti on pienempi kuin sulaneen jäätelön. Kalorimetrillä mitattuna $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja sitä matalammassa lämpötilassa lämpökapasiteetti jäätelössä pysyy lähes vakiona. Lämpötilojen $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ välillä taas tapahtuu nopeaa sulamista. Tästä vaikutuksena veden määrän lisääntyminen näkyy lämpökapasiteetin lisääntymisenä. Kalorimetrissä (kuvio 4) kyseinen lämpötila-alue näkyy piikkinä lämpökapasiteetissa. (Clarke. 2004, 125-128.)



Kuvio 4 Jäätelönäytteen lämpökapasiteetti sen lämmitessä $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$:sta $20\text{ }^{\circ}\text{C}$:een, adiabaattisessa kalorimetrissä (Clarke. 2004, 127.)

Näistä arvoista voidaan päätellä, että jäätelön nopea jäädyttäminen, hyvä rakenteen muodostuminen ja sen jälkeinen lämpötilan lasku alle $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ on

jäätelön valmistamisessa oleellista, mikäli halutaan säilyttää jäätelön suu-
rempi jääkidemäärä. (Clarke. 2004, 125-126.)

6.2.1 Johtuminen

Jokaisella aineella on oma ominainen lämmönjohtavuutensa λ . Tiettyjen aineiden lämmönjohtavuus riippuu niiden olomuodosta ja lämpötilasta. Esimerkkinä kiteiset aineet, joiden lämmönjohtavuus suurenee kun lämpötila T laskee. Mitä kiinteämpi aine on sitä nopeampi johtuminen on. Tämä johtuu molekyylien määrästä. Metallit ovat niin kiinteitä, että niissä lämmön siirtäjinä toimivat vapaat elektronit, jotka tekevät lämmön siirrosta erittäin nopeaa. Eristettäessä taas käytetään kaasuja niiden pienen molekyyliheyden ja näin ollen huonon lämmönjohtavuuden ansiosta. (Kymäläinen. 2008; Hautala & Peltonen. 2005, 165-167.)

Kahden lämpötilan välillä oleva lämpötilaero pyrkii tasoittumaan aineessa. Tällöin lämpötilaerojen välillä aineessa virtaa vakiona pysyvä lämpövirtaus Φ . Lämpövirtauksen yksikkö on [W]. Tämä lämpövirtaus on lämpömäärä, joka siirtyy johtumalla aineessa tiettyssä ajassa. Se on riippuvainen lämmönsiirron väliaineen alasta A ja siirtyvästä lämpömäärästä Q , joka virtaa ajassa t . Lämpömäärän yksikkö on joule [J]. Kun tarkastelussa jätetään huomioimatta lämpötilan siirtymisessä tapahtuva hävikki (esim. säteilemällä), niin matka Δx , jonka lämpö siirtyy aineessa pysyy vakiona suhteessa käytettyyn aikaan Δt . Tätä suhdetta kutsutaan lämpötilagradientiksi. Tällä periaatteella Fourier'in I laki (kaava 5) määrittelee aineen lämmönjohtavuuden λ , jonka yksiköksi saadaan [W/(m·K)]. Jokaiselle aineelle pätee oma lämmönjohtavuusarvo, joka on riippuvainen lämpötilagradientista. (Hautala & Peltonen. 2005, 165-167; Kymäläinen. 2008.)

Kaava 5 Fourier'in I yhtälö (Hautala. Peltonen. 2005, 166.)

$$\Phi = -\lambda A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Lämmönjohtavuuteen vaikuttaa myös aineen monikerroksisuus, sen rajapinnat ja pintojen muoto. Kappaleessa, joka on tehty kahdesta eri materiaalista, on otettava huomioon sen kaksi erilaista lämmönjohtavuusarvoa. Samaan aikaan eri materiaaleista tehtyjen kappaleiden pituudet L vaikuttavat lämpövirtaukseen. Monikerrosrakenteessa lämmön siirtymisessä on otettava huomioon lämmönvastus l , lämpöisolanssi M , jonka yksikkö on [Km²/W]. Yksittäisten kerrosten lämpöisolanssi voidaan laskea kaavaa 6 käyttäen mikäli rajapintojen muoto on suora. (Hautala & Peltonen. 2005, 166-172; Kymäläinen. 2008.)

Kaava 6 Yhden kerroksen lämpöisolanssi (Hautala & Peltonen. 2005, 167.)

$$M = \frac{L}{\lambda_1}$$

Lämpövirran tiheys q , joka virtaa läpi kerrosten saadaan laskettua kaavalla 7, jossa x on materiaalin kerroksen paksuus ja T_n kerrosten välinen lämpö-

tilaero. Mikäli kerrokset lisääntyvät on jokainen kerros lisättävä kaavaan erikseen. (Kymäläinen. 2008.)

Kaava 7 Lämpövirran tiheys (Kymäläinen. 2008.)

$$q = \frac{Q}{tA} = \frac{\lambda(T_1 - T_2)}{x}$$

Aikaisemmin mainittu siirtyvä lämpömäärä Q voidaan laskea kaavalla 8 (Kymäläinen. 2008).

Kaava 8 Siirtyvän lämpömäärän laskukaava (kymäläinen. 2008).

$$Q = \frac{\lambda(T_1 - T_2)A * t}{x}$$

Kun pinnat ovat erimuotoiset, on lämmönsiirtotarkastelussa edelleen saatava kappaleen pinta-ala laskettua tarkasti. Jäätelöä tehtäessä ja karkaistessa on mahdollista, että jäätelö on jo pakattu tai se kulkee kuljetusalustassa. Tällöin on laskettaessa huomioitava lämmönsiirto useampien kerrosten läpi. Esimerkkinä pallon tai sylinterin muotoinen jäätelö. Tällöin lasketaan pinta-alan säteen r etäisyydellä keskipisteeseen. Kaavalla 9 lämpövirtaa laskettaessa otetaan huomioon sylinterimäinen muoto ja kaavassa 10 otetaan huomioon pallomainen muoto. Lämmönsiirtoa tällaisissa muodoissa laskettaessa on huomioitava, että lämpötilagradientti $\Delta T/\Delta r$ ei ole vakio. (Hautala & Peltonen. 2005, 169-172; Kymäläinen. 2008.)

Kaava 9 Lämmön johtuminen putkessa pituudella L (Hautala & Peltonen. 2005, 172.)

$$\Phi = 2\pi L \lambda \frac{T_s - T_u}{\ln\left(\frac{r_u}{r_s}\right)}$$

Kaava 10 Lämmön johtuminen pallon muotoisessa materiaalissa (Hautala & Peltonen. 2005, 172.)

$$\Phi = 4\pi\lambda \frac{T_{sisä} - T_{ulko}}{\frac{1}{r_{sisä}} - \frac{1}{r_{ulko}}}$$

6.2.2 Konvektio

Lämpö siirtyy nesteissä ja kaasuissa virtauksen mukana kuumemmasta kylmempään. Tätä sanotaan konvektioksi. Konvektiossa virtaus kuljettaa suuria määriä molekyylejä, joilla on tietty lämmönsiirto potentiaali. Toisin sanoen konvektion lämmönsiirto riippuu virtauksen ominaisuuksista. Tiettyssä ajassa tietynlainen virtaus liikuttaa suuria määriä tietyn lämpökapasiteetin omaavaa ainetta. Tällöin lämpö siirtyy aineeseen lämpötilaeron mukaisesti niin sanotusti ominaisuuksista johtuvalla kertoimella. Tätä kerrointa sanotaan lämmönsiirtokerroimeksi α . Lämmönsiirtokerroin ei ole

puhdas aineominaisuus vaan sen lämmön siirtymisen määrä ja nopeus riippuu siirtolaitteiston muodosta, laitteiston koosta, virtaavien aineiden tilasta, ominaisuuksista ja virtauksen nopeudesta. Huomattavaa on, että konvektio tarvitsee lämmön siirtämiseen aina johtumista avukseen. (Kymäläinen. 2008.)

Konvektiota on kahta erilaista, vapaata ja suljettua. Vapaassa konvektiossa lämpötilaeroista johtuvan virtauksen vuoksi kaasu tai neste pyrkii virtaamaan. Tällainen virtaus saa alkunsa lämpötilaeroista syntyvistä tiheys- ja paine-eroista. Mikäli lämmintä nestettä tai kaasua pakoitetaan liikkumaan esim. pumpun avulla kutsutaan sitä pakotetuksi konvektioksi. Lämpövirrasta Φ konvektion edetessä lasketaan eri määreitä kaavalla 11, jossa $q_m=m/t$ on massavirta. (Hautala & Peltonen. 2005, 172; Kymäläinen. 2008.)

Kaava 11 Virtauksen mukana siirtyvä lämpömäärä ajassa t (Hautala. Peltonen. 2005, 173).

$$\Phi = \frac{Q}{t} = \frac{mcT}{t} = cT \frac{m}{t} = cTq_m$$

Usein käytännössä ei tiedetä siirrettävää lämpömäärää, lämmönsiirtopinta-alaa eikä lämmönsiirtokertoimen arvoa. Kahden ensiksimainitun määrittämiseksi on määritettävä erikseen lämmönsiirtokertoimen arvo. Tätä varten on olemassa erilaisia yhtälöitä, joissa käytetään dimensiottomia tunnuslukuja lämmönsiirron määrittämiseksi. Tällaisia ovat Reynoldsin luku, Nusseltin luku, Prandtlin luku ja Grasshofin luku. Kaavoissa 12-15 on esitettyä edellä mainitut kokeellisten tutkimustyön ja teorian avulla määritetyt luvut. (Kymäläinen. 2008.)

Kaava 12 Reynoldsin luku (Kymäläinen. 2008).

$$Re = \frac{Dv\rho}{\eta}$$

Kaava 13 Nusseltin luku (Kymäläinen. 2008).

$$Nu = \frac{\alpha\eta}{\lambda}$$

Kaava 14 Prandtlin luku (Kymäläinen. 2008).

$$Pr = \frac{c\eta}{\lambda}$$

Kaava 15 Grasshofin luku (Kymäläinen. 2008).

$$Gr = \frac{D^3\rho^2g\beta\Delta T}{\eta^2}$$

Vapaassa ja suljetussa konvektiossa on paljon erilaisia muuttujia. Lämmönsiirtokerroin α muuttuu mikäli virtaavan aineen lämmönjohtavuus λ , viskositeetti η , tiheys ρ ja/tai ominaislämpökapasiteetti c muuttuvat. Lisäksi lämmönsiirtokertoimeen vaikuttaa laitteiston geometria, aineen virtausnopeus, käytetyn karakterististen lämpötilan arvo ja pintalämpötilan jakauma. (Kymäläinen. 2008.)

6.2.3 Lämpösäteily

Kaikki kappaleet lähettävät sähkömagneettista säteilyä ollessaan absoluuttista nollapistettä lämpimämmässä lämpötilassa. Tämä sähkömagneettinen säteily kuljettaa mukanaan energiaa. Jos tämä energia siirtyy toiseen kappaleeseen, siirtyy tähän kappaleeseen lämpöä. Säteily etenee valon nopeudella. Säteilyn osaset, fotonit, omaavat jokainen oman energiamäärän. Säteily voi ainetta kohdatessaan absorboitua aineeseen. Tällöin aine lämpee. Kappaleen ominaisuuksista riippuu kuinka paljon säteilystä kappaleeseen absorboituu tai kuinka paljon säteilyä kappale lähettää. Musta kappale on lämpösäteilyn peruskappale. Sen lähettämä ja absorboima energiamäärä on suurin mahdollinen. Säteily voi myös heijastua tai läpäistä kappaleen. Säteilyn yhden fotonin energia E on taajuuden f ja Planckin vakion h tulo. Planckin vakio on $6,626 \cdot 10^{-34}$ Js. (Hautala & Peltonen. 2005, 174-177.)

Kaava 16 Fotonin energia (Hautala & Peltonen. 2005, 174).

$$E = hf$$

Kuinka paljon säteilystä absorboituu, heijastuu tai läpäisee kappaleen riippuu aallonpituudesta. Näiden suureita ovat spektrinen heijastussuhde $\rho(\lambda)$, spektrinen läpäisysuhde $\tau(\lambda)$ ja spektrinen absorptiosuhde $\alpha(\lambda)$. Säteilyn absorptiojakaumaan ja näin ollen aallonpituuteen vaikuttaa kappaleen lämpötila. Säteilyn aallonpituus suurenee kun lämpötila laskee. (Hautala & Peltonen. 2005, 174-177.)

Kaava 17 Absorptiojakauma (Hautala & Peltonen. 2005, 174).

$$\rho(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$

Säteilyllä siirtyvä kokonaislämpövirta voidaan laskea Stefanin – Boltzmannin lailla. Lakiin on kuitenkin lisättävä kappaleen keskimääräinen emissiivisyys ε , sillä laki pätee vain täysin mustaan kappaleeseen. Kaavassa σ on Stefanin – Boltzmannin vakio joka on $\sigma = 5,76 \cdot 10^{-8}$ W/(m²K⁴). Lisäksi kappaleet absorboivat ympäristössään olevien kappaleiden säteilyä. Laskennallisesti voidaan selvittää vain keskimääräinen emissiivisyys. Todellisuudessa emissiivisyys ja absorptiosuhde riippuvat aallonpituudesta. (Hautala & Peltonen. 2005, 174-177.)

Kaava 18 Stefanin – Boltzmannin laki muille kuin mustalle kappaleelle (Hautala & Peltonen. 2005, 176).

$$\Phi = \varepsilon \sigma AT^4$$

6.2.4 Jäätelön lämmönjohtavuus

Jäätelö ei ole puhdas aine, jonka lämmönjohtavuus on tunnettu, vaan seos, jolle lämmönjohtavuus on laskettava sen puhtaiden osakomponenttien lämmönjohtavuusarvoista. Ruoka-aineseoksessa lämmönjohtavuus riippuu sen komponenteista. Seoksessa, jokaisen puhtaan aineen osakomponentin lämmönjohtavuuden λ_i ja osakomponentin tilavuusosuuden $X_{v,i}$ tulojen summa, vastaa seoksen kokonaislämmönjohtavuutta λ_{seos} . Kaava 16 on seoksen lämmönjohtavuuden laskemiseksi. Kuten aikaisemmin totesimme lämpötilan vaikutus on otettava huomioon laskettaessa lämmönjohtavuuksia. (Toledo. 1999, 232-235.)

Kaava 19 Seosten lämmönjohtavuus (Toledo, R. 1999, 232-235.)

$$\lambda_{seos} = \sum(\lambda_i X_{v,i})$$

Lämmönjohtavuuksien laskeminen tarvitsee tiedot osakomponenttien tilavuusosuudesta $X_{v,i}$. Tilavuusosuutta laskettaessa tarvittavia tietoja ovat osakomponentin tiheys ρ_i , koko seoksen tiheys ρ , osakomponentin massaosuus X_i . (Toledo. 1999, 232-235). Kaava 17 on osakomponenttien tilavuusosuuden laskukaava.

Kaava 20 Osakomponentin tilavuusosuuden laskukaava. (Toledo, R. 1999, 232-235.)

$$X_{v,i} = \frac{X_i \rho}{\rho_i}$$

Osakomponentin lämmönjohtavuus lasketaan jokaiselle puhtaalle aineelle erikseen. Kun tiedetään lämpötila T voidaan kaavaa 16 soveltaa yksittäisen osakomponentin lämmönjohtavuuden laskemisessa. (Kymäläinen. 2008; Toledo. 1999, 232-235.)

Tyypillisen jäätelömassan ainesosat on esitettyinä taulukossa 1. Kun siihen vielä sekoitetaan puolet ilmaa, jolloin ilma-massa suhde on 1:1, lämmönjohtavuus jäätelölle on 0,3 W/(m K). Vertailuksi ilman lämmönjohtavuus on 0,024 W/(m K), jään 2,2 W/(m K) ja veden 0,6 W/(m K) (Clarke. 2004; Seppänen, Tiihonen, Wuolijoki, Kervinen, Smolander, Haavisto, Karkela & Varho. 1991, 78-79.) Tietyn jäätelön lämmönjohtavuus on kuitenkin vaikea määrittellä tarkasti jäätelöiden erilaisten raaka-aineiden takia. Jäätelössä eri komponenteilla on erilainen lämmönjohtavuus ja jopa komponenttien järjestäytyminen jäätelön rakenteeseen vaikuttaa lämmön siirtymisnopeuteen. Kuten aikaisemmin on mainittu jäätelö on komposiitti rakenteinen. Lämmönsiirrossa sen komponenteista ilma toimii eristäjänä kun taas jään lämmönsiirtokerroin on suuri. Veden jäätyessä kiteiksi, jäätelöstä poistuvan lämmönsiirto nopeutuu. (Clarke. 2004.155.)

Taulukko 1 Tyypillisen jäätelön ainesosajakauma painoprosentteina (Clarke. 2004, 39).

Tyypillinen jäätelö	
Ainesosa	Määrä (paino- %)
Rasva	7-15
Maitoproteiini	4-5
Laktoosi	5-7
Muut sokerit	12-16
Stabilointiaineet, emulgointiaineet ja makuaineet	0,5
Kuiva- aineet	28-40
Vesi	60-72

6.3 Lämmönsiirrosta jäätelön karkaisussa

Karkaisutunnelin lämmönsiirto perustuu kaikkiin kolmeen lämmönsiirtomekansimiin. Siirtymiseen vaikuttavat erilaiset tekijät kuten lämpötilaerot, pintojen paksuus, paine, sähkömagneettisen säteilyenergian määrä, kaasun tilavuusvirtaus ja sen nopeus yms. (Hautala & Peltonen. 2005, 157-196.) Karkaisutunnelin periaate on siirtää lämpöenergia pois hallitusta tilasta kylmäainetta apuna käyttäen. Tunneli on rakenteeltaan eristetty huone. Tässä työssä karkaisutunnelista ei ole käytettävissä painetietoja, mutta voidaan olettaa tunnelin olevan suljetun alisoonisen tuulitunnelin kaltainen. Suljetussa tuulitunnelissa tärkeimpiä mitattavia suureita on dynaaminen paine, jonka avulla voidaan laskea virtausnopeutta. Suljetussa tuulitunnelissa samaa ilmaa puhalletaan työtä tekemällä eteenpäin. Alisoonisessa tuulitunnelissa virtausnopeutta pidetään alle 30 m/s, jolloin ilman ajatellaan olevan kokoonpuristumatonta. Tällöin kokoonpuristumattomille väliaineelle pätee Bernoullin yhtälö (taulukko 8). Jäätelöön ja tunnelin rakenteisiin kohdistuva dynaaminen paine voidaan laskea P_{dyn} mikäli tiedetään staattinen paine P_{st} , kokonaispaine P_{tot} , väliaineen tiheys ρ ja virtauksen nopeus v . (Pentinsaari. 2007.) Käytännössä karkaisutunnelin eri osiin kohdistuu erilainen virtaus sen rakenteen muodostamien esteiden vuoksi mutta jokaiseen jäätelöön kohdistuu kuitenkin samanlainen dynaaminen painevaihtelu ja virtausnopeuden muutos niiden kulkiessa samaa reittiä tunnelin läpi.

Kaava 21 Bernoullin yhtälö (Pentinsaari. 2007.)

$$P_{tot} = P_{st} + P_{dyn} = \frac{1}{2} \rho v^2$$

Virtauksen nopeus ja lämpötilaeron suuruus vaikuttaa lämmönsiirron nopeuteen. Lämpö siirtyy kuumemmasta kylmempään, joten jäätelössä oleva lämpö siirtyy ulkopuolella olevaan kylmempään ilmaan. (Kymäläinen. 2008).

Tässä työssä käytetyn tunnelin rakenteiden eristeet ja paksuus eivät ole tiedossa, joten seinärakenteiden läpi tapahtuva lämmönsiirtohäviö ei ole työhön laskettavissa. Seinärakenteiden läpi kulkeutuva lämpöhäviö saataisiin määritettyä kaavalla 22 lämpövastuksen R arvolla, mikäli seinäraken-

teen materiaalin lämmönjohtavuus λ ja materiaalin paksuus δ olisi tiedossa. (Nydal. 2008, 34; Mäkelä ym. 2005.)

Kaava 22 Lämpövastus (Nydal. 2008, 34; Mäkelä ym. 2005).

$$R = \delta/\lambda$$

7 KÄYTETTÄVÄÄ TEKNIKKAA

Jäätelöä tehdään erilaisilla tavoilla, jotka nimetään lähinnä pursotustavan mukaan. Tapoja ovat: muotitus- (moulding), täyttö- (filling) ja ekstrudointi. Muotittamisessa nimensä mukaisesti tehdään jäätelömassa, joka pursotetaan muottiin ja jäädytetään. Täyttötavalla tehty jäätelö myös nimensä mukaisesti pursotetaan astiaan, pikariin tai vohvelituuttiin ja jäädytetään. (Tetra pak processing system Ab, Dairy processing handbook, 2003, 400-410)

Nestlén Turengin tehtaalla jäätelöt tehdään edellä mainittujen valmistustapojen mukaisesti. Työssä tarkasteltavalla jäätelölinjalla on käytössä ekstrudointi menetelmä ja tehdyt tuotteet ovat, joko tavallista kermajäätelöä tai mehujää tyypistä ns. ”fruit ice” – jäätelöä.

7.1 Extrudointimenetelmä

Uusinta tekniikkaa edustaa ekstrudointi, joka on otettu avuksi jäätelön teossa. Extrudointimenetelmällä voidaan tehdä jäätelöä, joka on jäykempää ja kylmempää. Tämän aikaansaamiseksi käytetään apuna emulgointiaineita ja painetta. Toisin sanoen ekstrudointimenetelmällä saadaan viskoosimpi tuote, jonka laatu voi olla korkealuokkaisempaa kuin muilla tavoilla tehdyillä jäätelöillä. (Tetra pak processing system Ab, Dairy processing handbook, 2003, 401-402.)

Ekstruusiossa jäätelömassa on paineen ja fyysisen rasitteen alla, jolloin jäätelön eri osat, varsinkin rasva ja ilma pysyvät pienempinä partikkeleina siihen asti, kunnes jäätelö on pursotettu muotoonsa. Tähän liitettynä ekstrusion aikana säilytetty matala lämpötila stabiloivat jäätelöä kineettisesti valmistuksen alkuvaiheessa, jolloin kineettinen stabilointi on oleellista. Jäätelön pursottamisesta normaalipaineeseen ja huoneen lämpötilaan menee vain muutamia sekunteja kunnes muotoiltu jäätelö (n. $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$) kuljetetaan karkaisutunneliin. Karkaisutunnelissa jäätelön lämpötila lasketaan sopivalla nopeudella, joka on hitaampi kuin vispauksessa tapahtuva jäätyminen, n. $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ekstrudoinnissa on käytettävissä myös ns. matalalämpötilaekstrudointi, jossa ekstrudointiruuvin lämpötila on laskettu alemmaksi kuin vispauslämpötila. Ruuvin lämpötila tehdaskäytössä on yleensä n. $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tällöin jähmeämpään jäätelömassaan kohdistuu vieläkin suurempi fyysinen rasite, joka edelleen rikkoo ilmakuplia pienemmiksi ja muodostaa pienempiä jääkiteitä. (Clarke, C. 2004, 81-82)

7.2 Kylmäntekolaitteistosta

Nestlén Turengin tehtaalla käytössä oleva kylmänvalmistuslaitteisto, jolla jäätelö karkaistetaan on niin sanottu kaksiportainen koneellinen kylmälaitteisto. Laitteiston kylmäaineena on ammoniakki. Tehtaalla on myös erillisiä laitteistoja, jotka käyttävät kylmäaineenaan nestemäistä tyyppiä. Käsiteltävällä jäätelölinjalla nestetyppi on käytössä joillekin tuotteille. Kuitenkaan nestetyypilaitteistolla ei luoda kylmää käsiteltävänä olevaan karkaisutunneliin. Seuraavassa selvitetään kylmäntekolaitteistoa, jossa kylmäaineena käytetään ammoniakkaa. Kylmälaitteiston toimintaperiaate on helpompi ymmärtää, kun selvitetään ensin kylmäaineen toimintaperiaate yksiportaisessa kylmälaitoksessa.

7.2.1 Yksiportaisen koneellisen kylmälaitoksen toimintaperiaate

Tavallisessa yksiportaisessa kylmälaitoksessa kylmäaine on saatava höyrystymään höyrystimessä lämpötilaa nostamalla ja painetta lisäämällä, jotta kylmäaine saadaan kiehumään oikeassa lämpötilassa. Höyrystynyt kylmäaine puristetaan kaasun suuremman tiheyden ja korkeamman lämpötilan saavuttamiseksi. Tätä kuumaa korkeapaineikaasua sanotaan kuumakaasuksi. Paineiden kehittämiseen käytetään kompressoreja. Muodostettu kuumakaasu johdetaan lauhduttimelle, jossa kaasun lämpöenergia poistetaan jäähdytysainetta käyttäen. Kylmäaineen jäähtyessä se muuttaa olemuotonsa jälleen nesteeksi mutta paine pysyy kuitenkin samana (korkeana) vielä tässä vaiheessa. Toisin sanoen kylmäaine, joka on nesteenä alijäähtyy lauhduttimessa paineen alaisena. Lauhduttimen käyttämä jäähdytysaine voi olla esimerkiksi vettä tai ilmaa. Lauhdutimelta kylmäaine siirretään höyrystimeen kuristuselimen eli paisuntaventtiilin kautta. Paisuntaventtiilin tarkoitus on säilyttää paine-ero lauhduttimen ja höyrystimen välillä. Kylmäaineen virratessa paisuntaventtiilin ohi höyrystimelle ja samalla paineen laskiessa matalaksi kylmäaine, joka on nesteenä alkaa välittömästi höyrystyä. Tämä muodostunut höyry alkaa sitoa lämpöä höyrystimen metallirakenteista. Vastaavasti metallirakenteiden ulkopuoli, joka on kosketuksissa jäähdytettävän tilan kaasun (ilman) kanssa alkaa siirtää lämpöä höyrystimen metallipintoihin ja sitä kautta höyrystyneeseen kylmäaineeseen. Höyrystin on rakenteeltaan pääsääntöisesti putkikierukka, jolla saadaan suurempi pinta-ala lämmönsiirtoa varten. Höyrystimestä kylmäaine johdetaan edelleen lauhduttimeen ja takaisin kompressoreille. (Nydal. 2008, 59-95.)

7.2.2 Kaksiportaisen koneellisen kylmälaitoksen toimintaperiaatteesta

Kaksiportaisessa kylmälaitoksessa on toiminnaltaan kaksi samanlaista tai erilaista kylmälaitosta liitettynä yhteen. Sovelluksia on erilaisia, mutta peruseriaatteena on, että laitteistossa on aina matalapainepuoli ja korkeapainepuoli. Esimerkkinä ns. kaskadilaitos, jossa on kaksi erillistä 1-asteista laitosta liitettynä yhteen. Kaskadilaitoksessa laitoksista toisen höyrystin jäähdyttää toisen laitoksen lauhdutinta. Yhteistä kaikilla kaksiportaisilla kylmälaitoksilla on, että niillä voidaan estää helposti hajoavien kylmäaineiden, kuten ammoniakkin hajoaminen prosessissa suurien lämpö-

tila- ja paine erojen takia. Kaksiportaisen kylmälaitoksen toimintaperiaate on, että höyrystimestä tuleva tulistunut kaasu puristetaan matalapainekompressorilla. Tällöin kuumakaasun lämpötila nousee niin korkeaksi, että sitä on jäähdytettävä ennen sen siirtämistä korkeapainekompressorin. Varsinkin suurissa kylmälaitoksissa, joissa kylmäaineena on ammoniakki, välijäähdytin on yleinen käytössä oleva sovellus. Prosesseissa on käytössä erilaisia väljäähdyttimiä. Väljäähdyttimen tarkoitus on jäähdyttää matalapainelaitokseen virtaavaa nestettä sekä jäähdyttää matalapainepuolelta tulevaa puristettua kuumakaasua ennen sen johtamista korkeapainepuolelle. Väljäähdytin on ns. välikaasuhöyrystin, johon ruiskutetaan kylmäainetta suoraan nestesäiliöstä. Tarkoituksena on laskea lämpötilaa niin, että korkeapainepuolen puristetun kuumakaasun lämpötila pysyy alle 125 °C. Tällaisella laitoksella mahdollistetaan, ettei painetta ja lämpötilaa tarvitse nostaa liian korkeaksi, että ammoniakki hajoaa. (Nydal. 2008, 162-170.)

8 KOKEELLINEN OSIO

Työn tavoitteena oli optimoida Extruder – jäätelölinjan yhteydessä toimiva jäätelöiden karkaisutunneli (Hoyer straightline 1100), mitatuille tuotteille niin, että pick'n place –laitteiston toiminnan ennallaan säilymisen ohella lämpötilaa voitaisiin nostaa ja näin saavuttaa energiasäästöjä. Työn taustalla oli tehtaan toiminnan jatkuva parantaminen, eli tarve parantaa extruder- jäätelölinjalla työskentelyä ja tehostaa linjan kannattavuutta. Työssä keskityttiin mittaamaan karkaisulinjan lämpötiloja ja tarkkailemaan lämpötilamuutosten mahdollisia vaikutuksia linjan muun laitteiston toimintaan verrattuna.

8.1 Työn rajauksesta

Työn aihe rajattiin käsittelemään laitteistosta vain karkaisutunnelia. Tarkoituksena oli etsiä optimilämpötilat, jossa tuotteet jäätyisivät tarpeeksi eri lämpökuormilla, käyttäen tunnelin suurinta ajonopeutta. Kuitenkin pick'n place –laitteiston toiminta oli otettava huomioon, koska sen toiminta häiriintyi erittäin helposti tunnelin lämpötilaa nostettaessa. Käytännössä työn kokeellinen osio keskittyi pick'n place –laitteiston toiminnan tarkkailuun kun karkaisutunnelin lämpötilaa nostettiin. Linjan tuotantoa ajatellen optimaallinen lämpötila oli kohdassa, jossa jäätelö edelleen jäätyy riittävästi ja samalla linjan muiden laitteiden toiminta säilyy. Jäätelön reologiaa käsitellään työssä yleisellä tasolla. Tunnelin lämpötilaa olisi voitu ehkä nostaa jäätelön tuotelaadun kannalta ajateltuna enemmän, mutta pick'n place –laitteiston mekaanisen toiminnan takia keskityttiin saamaan jäätelö ehjänä tämän osaprosessin läpi. Lämpötilan noustessa ja pick'n place –laitteiston jo rikkoessa tuotetta jäätelön massan laatu on vielä hyvä. Näin ollen tunnelin lämpötilojen optimoinnissa ei päästä lähelle pistettä, jossa jäätelön sisäinen reologia alkaisi muuttua vaikuttaen tuotelaatuun.

Aihetta rajatessa huomioitiin myös pick'n place –laitteiston laajuus. Laitteisto suorittaa esimerkiksi jäätelön kuorutuksen ja kuorutuksen jäähdyttämisen. Työ rajattiin siten, että karkaisutunnelin lämpötila olisi optimaalisen pick'n place –laitteiston, tuotteen nostajan toimintaa ajatellen. Esimerkiksi

tunnelin lämpötilan nousun vaikutusta pick´n place –laitteistossa tapahtuvaan kuorrutteen kulutukseen rajattiin tämän työn ulkopuolelle resurssi- ja aikapulan takia.

Mittauksia tekemässä oli vain yksi henkilö, joten aiheen laajentuessa mitaustulosten tasalaatuisuus ja tarkkuus, linjan toimintanopeuden takia olisi ollut kyseenalaista. Kuorrutteen kulutuksen seuranta jätettiin pois myös siksi, että linjan erilaisten muuttujien takia olisi ollut mahdotonta todistaa varmasti kuorrutteen kulutusvaihteluiden erot verrattuna tunnelin lämpötilojen muutokseen. Toisin sanoen kuorrutteen kulutuksen yhteys pelkästään tunnelin lämpötilaan olisi voitu kyseenalaistaa muilla muuttujilla, kuten kuorrutteen koostumuksella tai kastoajalla yms. Mikäli nämä muuttujat olisi otettu mukaan tarkasteluun aiheesta olisi tarkastelultaan tullut erittäin laaja.

8.2 Työn toteutus

Työn kokeellisessa osiossa suoritettiin karkaisutunnelin lämpötilasäätöä ja seurattiin muutosten vaikutusta vertailuun Pick´n place –laitteiston nostajan toimintaan. Tuotteiden jäätyksen osalta kysymyksiin vastataan yleisen teorian pohjalta ja yhteyttä etsitään mitattuihin tuloksiin.

Lämpötilamittaukset tehtiin Controlmatic Oy:n Tempnet –kiertoantureilla, karkaisutunnelin omalla lämpötilan seuranta laitteistolla ja käsikäyttöisellä Testo-923 anturilämpömittarilla. Kaikissa mittauksissa käytettiin samoja mittareita/antureita mittauslaitteiston kalibroinnista riippuvan vääristymän poistamiseksi. Mittaukset suoritettiin kesällä 2010 touko-lokakuun välisenä aikana. Tuloksia pyrittiin vertaamaan teoriaan ja tekemään päätelmät, joiden avulla linjan tunnelin ajolämpötilat saataisiin optimaaliseksi ajon kannalta.

8.3 Lämpötilamittaukset

Ekstruder –linja nimensä mukaisesti pursottaa tuotteen karkaisutunneliin siirtyville pelleille. Mittaaminen totutettiin siten, että kerrallaan yksi pelti irroitettiin linjasta pursotuksen jälkeen jäätelöineen. Irroitettua pellin tilalle laitettiin mittausta varten kiertoanturi, joka etenee muiden jäätelöiden mukana tunneliin. Saman aikaisesti visparin lämpötila tarkistettiin ja pellille pursoitettujen jäätelöiden sisälämpötila mitattiin käsikäyttöisellä lämpömittarilla.

Kiertoanturin sisäänmeno- ja ulostuloaika kirjattiin ylös. Anturin tullessa ulos karkaisutunnelista sen vierestä irroitetaan jälleen yksi pelti jäätelöineen ja niiden sisälämpötila mitattiin. Tunnelin läpimenoaika on sama jokaiselle tuotteelle, koska tunnelin pyörimisvauhti pidettiin vakiona huolimatta lämpökuorman suuruudesta. Tunnelin läpimenoaika jokaiselle tuotteelle on n. 23 minuuttia.

Jokaisen mittauksen alkaessa karkaisutunnelin omien lämpötila-antureiden tulokset kirjattiin seurantaan. Tunnelissa on antureita tunnelin sisälämpötila-

loille kolme kappaletta, jotka esitetään tuloksissa merkinnöin $T/uusi$, $T_1/vanha$ ja $T_2/vanha$. Merkinnöissä uusi ja vanha on selityksenä tunnelin laitteiston päivitys, jolloin vanhat lämpötila anturit jäivät tukemaan mittauksia. Tunnelin laitteistoon kuuluu myös ammoniakkin lämpötilaan ja sen höyrystymiseen liittyvät anturit. Niiden tulokset kirjattiin myös ylös jokaisen mittauksen aikana. Tuloksissa näitä merkataan T_1/NH_3 , T_2/NH_3 . Jäädystyskoneiston laitteisto kuului ns. vanhaan laitteistoon. Mittaus suoritettiin jokaiselle tunnelin säädetyille lämpötilalle. Jokaisella tunnelille säädetyllä lämpötilalla otetaan kaksi mittausotosta mittausvirheiden pienentämiseksi.

Tunnelin lämpötilaa nostettaessa ja mittaustuloksia seurattaessa, silmämääräisesti seurattiin pick'n place -laitteiston toimintaa. Laitteen tarkoituksena on nostaa karkaisutunnelissa karkaistu jäätelö sen sisään työnnetystä tikusta tarttuen ylös, tunnelin läpi kulkevalta pelliltä. Yleinen ongelma pick'n place -laitteistossa toimintaa ja tuotteen laatua ajatellen on se, että tuotetta nostettaessa tuote rikkoutuu. Yleistä on, että pienikin lämpötilan nousu vaikuttaa palojen lohkeamisen tuotetta nostettaessa. Toisin sanoen tuotteen ollessa lämpimämpi, se jää hieman kiinni peltiin lohkaisten palan irti tuotteesta. Usein myös koko jäätelö jää kiinni peltiin tai nostaessa tikku katkeaa jäätelön ollessa liian tiukasti kiinni pellissä. Nämä jäätelölle tapahtuvat tuoterikot eivät ole hyväksyttäviä tuotteen laadun kannalta. Pahimmillaan jäätelön huono irtoaminen voi johtaa konerikkoon esimerkiksi alustapellin noustessa jäätelön mukana pois paikoiltaan. Seurauksena tästä voi olla liian korkealla, osaksi pois paikaltaan kulkevan pellin osuminen laitteiston kiinteisiin rakenteisiin. Seurauksena voi olla esimerkiksi kuljetinketjun katkeaminen tai paikaltaan siirtyminen. Tällaiset ovat kalliita häiriötapahtumia tuotannollisesti ajatellen. Näin ollen karkaisutunnelin lämpötila on oltava tarpeeksi alhainen niin, että tuotteiden hävikki pick'n place -laitteiston nostoprosessin jälkeen on vielä hyväksyttävää ja laitteiston toiminta säilyy hyvänä.

Kiertoantureiden mittaustuloksia tarkasteltaessa huomattavaa on, että anturin lämpötila tunneliin mentäessä ei aina ole huoneen lämpötila. Tämä johtuu siitä, että mittausten välillä anturi ei ehtinyt lämmentä huoneen lämpötilaan. Tällä ei kuitenkaan ole merkitystä matalinta lämpötilaa tarkasteltaessa. Kiertoaika antureille oli aina sama.

8.4 Linjan tuotteet

Mitatut tuotteet linjalla olivat kaikki ns. jäätelötikkuja eli jokaisessa tuotteessa oli puutikku jäätelön sisään osittain työnnettynä. Työhön optimoituja tuotteita linjalla oli 13 kappaletta, joista yksi oli mehujää ja loput jäätelöitä. Osaa tuotteista ajettiin eri lämpökuormalla. Toisin sanoen mikäli tuotteen massan valmistamiseen tarvittiin vain yksi vispari, oli mahdollista ajaa tunneliin kahdella extruder -pursottimella saatava lämpökuorma. Näin ollen lämpökuorma oli kaksinkertainen yhden pursottimen ajoon nähden. Tunnelin nopeus pysyi vakiona kummallakin lämpökuormalla.

Valmistettavia ja mitattuja tuotteita linjalla olivat:

- Classic maitosuklaa

- Classic kermatoffeinen
- Classic kerrosuklaa
- Classic metsämansikka
- Classic minttusuklainen
- Classic valkosuklaa-vadelma
- Classic valkosuklaa-salmiakki
- Dumle IC-snacks
- Oma mansikka
- Oma mango
- Ässä mix

8.5 Toteutuksen ongelmia

Mittauksia hankaloitti kylmälaitteiston paisuntaventtiili, jota automatiikka ei sulkenut aivan täysin. Ammoniakkia pääsi tihkumaan venttiilin läpi ja näin ollen höyrystymään. Toisin sanoen tunnelin höyrystintä ennen olevan paisuntaventtiilin vuoto aiheutti pienellä lämpökuormalla ajettaessa sen, että tunnelin ajolämpötilaa ei voitu nostaa korkeammaksi. Tunnelin ollessa jäähdytettynä ajoa varten valmiksi sen lämpötila ei noussut halutuksi ohjauksesta huolimatta. Tämän takia muutamaa optimoinnin kannalta tärkeää lämpötilaa ei voitu todeta käytännössä.

Toinen tuloksia vääristävä ongelma oli ettei käytössä ollut laserlämpötilamittari saanut lukemaa jäätelön pinnalta. Syytä laserlämpömittarin toimimattomuuteen ei tiedetä. Tämän vuoksi jäätelöstä jouduttiin ottamaan sisälämpötila jäätelön sisään työnnettävällä anturilla. Sisälämpötilasta oletetaan jäätelön pinnan olevan samassa lämpötilassa. Todellisuudessa näin ei kuitenkaan välttämättä ole. Lämpötilaero jäätelön sisällä ja pinnalla ei kuitenkaan ole suuri ja oletettavaa on, ettei sillä ole merkitystä tunnelin lämpötilojen optimoinnin kannalta.

Kolmas optimaalista lämpötilaa vääristävä asia oli vasaralaitteiston ajoitus. Huomattiin, että vasaran ajoituksella on vaikutusta tuotteen irtoamiseen pellistä. Tulosten perusteella kuitenkin vaikutus loppui lämpötilan noustessa tuotteelle ominaisen lämpötilan yli. Tällöin vasaran ajoitus ei enää vaikuttanut vaan tuote tarttui peltiin säädöstä huolimatta. Tässä työssä oletetaan, että vasaran parametrit säädettiin aina optimaalisesti. Virhettä aiheuttaa se, että säätö tehtiin silmämääräisesti.

Tuoteajojen aikana tulleet häiriöt laskivat tunnelin lämpötilaa, jolloin tunneli kylmeni huomattavasti. Mikäli ajon aikana esimerkiksi vispariin tuli häiriö tunneliin ei mennyt enää jäätelöitä. Tällöin tunneli pyöri tyhjänä kuljettaen ulos vain sinne ennen häiriötä menneitä jäätelöitä pyyntilämpötilan pysyessä samana. Tämä laski tunnelin lämpötilaa laitteiston hitaan reagoinnin takia. Toisin sanoen ammoniakki, jonka järjestelmä oli jo päästänyt höyrystimeen laski lämpökuorman pienentyessä lämpötilaa tunnelissa äkillisesti alle pyyntilämpötilan. Ajojen ollessa tällä tavalla rikkonaisia voidaan se todeta tuloksista.

Tiettyjen tuotteiden tuoteajojen vähyys aiheutti myös sen, että kaikkia lämpökuormia ei saatu mittauksen toteutusaikataulun aikana mitattua. Mittauslaitteiston (kiertoantureiden) muu tarve tehtaalla vaikeutti mittausten aikataulutusta. Toisin sanoen joistakin jäätelöistä, joita laitteiston puolesta olisi voitu ajaa myös suuremmalla tai pienemmällä lämpökuormalla ei saatu mitattua kuin toisen kuorman osalta. Viitteitä ajoihin voidaan kuitenkin saada mitatusta kuormasta mutta sitä ei todettu käytännössä.

9 LÄMPÖTILAKUORMAN LASKENNALLINEN TARKASTELU

Linjalla tehtävät Classic jäätelöt ovat ellipsin muotoisia ja Ässä mix mehujäiden muoto on pelikorteista tuttu ”pata” –kuvio (engl. spade). Ekstruder jäätelölinjan periaatteen mukaisesti massaa pursotetaan jäätelön muotoisesti tietty paksuus. Jäätymisen aikana tämä paksuus suurenee, joka pyöristää jäätelöä. Tätä ei oteta huomioon lämpökuormaa laskettaessa.

Huomattavaa lämpökuorman laskemisessa on, että jäätelön painon osuus ja tilavuuden osuus on otettu yleisessä tiedossa olevasta jäätelöiden pakkauselosteesta. Tällöin lämpökuorma jää pienimmälle mahdolliselle, koska ylitäytöstä olevaa tietoa tehtaalta ei työssä ole käytössä. Alitäyttöä ei oleteta olevan. Lämpökuorman määrää vääristää pakkauselosteesta oleva jäätelön kuorrutteen määrä, jota pakkauselostuksessa ei merkitä erikseen. Kuorruste lisätään jäätelöön karkaisun jälkeen, joten sitä ei ole tunnelin lämpökuormassa. Kuorrute lisää hieman jäätelön paksuutta ja pinta-alaa. Tällä ei kuitenkaan ole merkitystä optimoinnin kannalta ja lämpömäärästä voidaan saada viitteitä tarvittavaan energianmäärään tunnelissa ja edelleen kuorrutteen jäähdyttämisessä. Tunnelin lämmönsiirtohävikkiä kylmän teossa ei voida tiedossa olevilla tiedoilla laskea. Laskuissa on käytetty kirjallisuudesta jäätelölle saatavaa lämmönjohtavuutta λ , joka on 0.3 W/(m K) . Classic jäätelöiden dimensiot on mitattu työntömitalla. Tulokseksi saatiin korkeus $3,1 \text{ cm}$, pituus halkaisija $10,2 \text{ cm}$ ja leveys halkaisija $4,8 \text{ cm}$. Näitä mittoja käytetään lämpökuorman laskemisessa. Lämpökuorma on laskettu vain yhtä jäätelöä (kpl) kohden.

Tuloksissa puhuttaessa riveistä yksi ja kaksi tarkoitetaan samalla eri lämpökuormaa. Kahdella rivillä tuotantoa ajettaessa oli käytössä kaksi ekstruderin pursotuspäätä, jolloin tunneliin menevien jäätelöiden määrä on kaksinkertainen verrattuna yhdellä rivillä ajoon.

9.1 Classic jäätelöiden keskimääräinen lämpökuorma

Lasketaan siirtyvä lämpömäärä kirjallisuudesta löytyvällä yleisen jäätelön keskimääräisellä lämmönsiirtokertoimella ($0,3 \text{ W/(m K)}$) kaavaa 8 käyttäen, yhdelle jäätelölle tiedossa olevien ja mitattujen parametrien avulla. Classic maitosuklaa, paino 72 g , tilavuus $1,1 \text{ dl}$, joissa T_n on ilmoitettu kelveinä. (Valiojäätelötuotteet. 2011, classic maitosuklaa; Seppänen yms. 1991, 66; Clarke, C. 2004). Jäätelön korkeus on mitattu $3,1 \text{ cm}$. Pinta-ala jäätelölle lasketaan kertomalla ellipsin muotoisen kannen pinta-ala (A_p) kahdella ja lisäämällä siihen kehän pinta-ala (A_k), joka lasketaan kertomalla korkeus kehän pituudella. (Mäkelä yms. 2005, 19). Laskussa käy-

tetyt lämpötilat on otettu liitteestä yksi, jossa esitetään tuloksia Classic maitosuklaa jäätelön karkaisussa.

$$A_p = \pi * \left(\frac{4,8cm}{2}\right) * \left(\frac{10,2cm}{2}\right) = 38,45cm^2$$

$$A_k \approx \left(\left(\frac{4,8cm}{2}\right) + \left(\frac{10,2cm}{2}\right) + 3 * \sqrt{\left(\frac{4,8cm}{2}\right)^2 + \left(\frac{10,2cm}{2}\right)^2} \right) * 3,1cm \\ \approx 75,67cm^2$$

Yhden jäätelön kokonaispinta-ala $38,45cm^2 * 2 + 75,67cm^2 = 152,57cm^2$.

$$Q = \frac{0,3 \left(\frac{W}{mK}\right) * (266,56 K - 247,86 K) * 0,015257m^2 * 1380s}{0,031 m} = 3810,21 J \approx 3,8 kJ$$

Laskusta tuloksena saatava lämpömäärä (Q) on keskimääräinen lämmön määrä, jonka yksi Classic jäätelö luovuttaa ympäristöönsä karkaisun aikana.

10 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Kaikki mittaustulokset ja kokeiden aikana tehdyt huomiot ovat kirjattuna liitteissä 1-12. Merkinnät $T/uusi$, $T_1/vanha$ ja $T_2/vanha$ ovat laiteiston tunnelin lämpötilamittaustuloksia. Merkinnät T_1/NH_3 ja T_2/NH_3 viittaavat ammoniakkin höyrystymislämpötilaan eri pisteissä laitteistoa. Huomattavaa on, että antureiden $T/uusi$ ja $T_1/vanha$ sarakkeissa olevat tulokset mittaavat samaa tilaa. Näiden tulokset näyttivät todellisuudessa tukevan toisiaan kuitenkin niin, että ero antureiden lämpötiloissa $T/uusi$ ja $T_1/vanha$ oli korkeimmillaan yksi celsius aste. Tätä suurempaa eroa ei mittauksissa antureiden välillä huomattu.

Osa aikojen merkitsemisestä on tehty eri kellosta, jolloin tulosten merkitsemisen ja kiertoanturin kellonajan välillä on muutaman minuutin ero. Kiertoanturin alenevista lämpötiloista voidaan kuitenkin päätellä sen tunnelissa viettämä aika. Tuloksissa on oleellista tunnelin matalimman lämpötilan vertailu eri antureilla ja tunnelilämpötilan vaikutus ulostulevan jäätelön sisälämpötilaan.

Asetuslämpötila, josta mittaus aloitettiin on lämpötila, joka on tehtaalla käytössä ollut lämpötila kyseessä olevalle tuotteelle. Tämä käytössä ollut aloituslämpötila kyseenalaistetaan tässä työssä tavoiteltaessa alempaa karkaisutunnelin lämpötilaa ja täten kustannustehokkaampaa ajotapaa.

10.1 Classic maitosuklaa

10.1.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot on esitetty liitteissä 1 ja 2. Tuotteen mittauksessa yhden rivin lämpökuorma jäi ainoaksi tulokseksi, asetusarvolla $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kohdassa 8.5 mainitun paisuntaventtiiliongelman takia tunnelia ei saatu säädettyä $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpimämmäksi. Syynä oli, että ammoniakkia tihkui pieniä määriä suljettuna olleen paisuntaventtiilin läpi.

Kahdella rivillä ajettaessa tunneli toimi halutulla tavalla. Asetuslämpötilaa laskettiin yhdellä asteella $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja siihen myös päästiin reaaliämpötilassa. Tällöin tuotteesta alkoi irrota paloja. Tästä korkeampaan lämpötilaan ei siirrytty. Kuvassa 1 näkyy hävikkiä pick'n place laitteiston yhden nostoliikkeen jälkeen.



Kuva 1 Classic maitosuklaa hävikkiä 2-rivisessä ajossa, $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Yhden rivin ajossa, ulostulevan jäätelön sisälämpötila oli $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ alaisempi kuin kahdella rivillä ajettaessa, asetuslämpötilassa $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tunnelin reaaliämpötila ja läpimenoaika olivat vastaavia molemmilla kuormilla tässä asetuslämpötilassa. Mittaushetkellä koneen vieressä oli yhdellä rivillä ajettaessa $25,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja kahdella rivillä ajettaessa $19,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.1.2 Päätelmät

Tulokset osoittivat $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$ asetus- ja reaaliämpötilassa laitteiston läpimenoaikana lämpö ei ehdi siirtyä jäätelön sisältä ympäröivään kaasuun (ilmaan). Jäätelö jää kahden rivin ajossa sisältä kaksi astetta lämpimämmäksi, vaikka tunnelin reaaliämpötila ja läpimenoaika olivat molemmilla kuormilla samat. Tunnelin tilavuus ei ole tiedossa, joten tunnelin lämpöte-

hoa ei voida laskea. Suositeltava lämpötila on, että tämän tuotteen sisälämpötila olisi tunnelista ulos tullessa korkeintaan $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kahden rivin lämpökuormalla optimaaliseksi ajolämpötilaksi todettiin $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Yhden rivin lämpökuormalla optimaalinen lämpötila jäi toteamatta. Asetusarvolla $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, ulostulevan jäätelön sisälämpötila oli noin $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ astetta, joka jäi $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ tavoitteesta. Suositellaan uudelleen mittausta yhden rivin lämpökuormalla.

Yhden rivin ajossa ilman paisuntaventtiiliongelmia oletettavaa on, että lämpötilaa voisi nostaa kahdella asteella lämpötilaan $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tällöin jäätelön sisälämpötila oletettavasti jäisi vielä $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ tai alhaisemmaksi. Tätä ei kuitenkaan voitu todeta käytännössä. Teoria tukee tätä ainakin pellin läpi tapahtuvan lämmönjohtumisen osalta. Siirtyvän lämpömäärän ja -tehon kaksinkertaistuessa, pinta-alan ja lämmönsiirtoajan pysyessä vakiona, ainoa muuttuja on lämpötilaero pintojen välillä. Näin ollen yhden rivin ajossa jäätelön sisälämpötilan lasku kahdella asteella näyttäisi olevan mahdollista. Käytännössä ei todettu mitään asetusarvo voisi olla alhaisimmillaan, että vielä saavutetaan sisälämpötila, $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Visparin lämpötilan alentamisen osuutta ei otettu huomioon.

Verrattaessa kiertoantureiden tuloksia tunnelin omien lämpötilaantureiden tuloksiin voidaan todeta, että tulokset tukevat toisiaan. Kuitenkin lämpötila vaihtelee eri kohdissa tunnelia. Kahdella rivillä ajettaessa kiertoantureiden tulosten mukaan tunneli on vain lyhyeltä osalta asetuslämpötilan tasolla. Lisähavaintona mainittakoon, että tunnelin kapasiteetin riittävyyden selvittäminen tälle kuormalle käytännössä vaatisi käytännön kokeita erilaisilla läpimenonopeuksilla. Tällä kapasiteetilla ja ajonopeudella ajettaessa tämä ei kuitenkaan vaikuta käsiteltävänä olevaan optimointiin, sillä alentamalla tunnelin lämpötilaa voidaan tällä ajonopeudella saavuttaa haluttu jäätelön jäätyminen.

10.2 Classic kermatoffeinen

10.2.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteessä 3. Classic kermatoffeisen osalta saatiin mitattua vain yhden rivin lämpökuorma. Tämä johtui mittauslaitteiston aikataulutuksesta tehtaalla. Tätä tuotetta ei myöskään ajettu kahden rivin lämpökuormalla mittaukseen varatun ajanjakson aikana.

Tunnelin asetusarvossa tällä tuotteella yritettiin kahden asteen hyppäystä lämpimämpään. Tunneli ei kuitenkaan reagoanut. Syynä aikaisemmin mainittu paisuntaventtiilin häiriö. Asetuslämpötilassa $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, ulos tulevan jäätelön sisälämpötila oli $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Laitteiston toiminta oli tällöin hyvä. Lämpötila tehtaalla koneen vieressä oli $20,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.2.2 Päätelmät

Vertailtaessa tuloksia Classic maitosuklaan tuloksiin voidaan olettaa, että tavoite jäätelön sisälämpötilaksi on $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vertailu voidaan suorittaa tuotteiden samankaltaisuuden (massa, koko ja muoto) ansiosta. Jäätelön lisukkeiden erilaisuus on vertailun suurin virhettä aiheuttava tekijä. Lisukkeen eri koostumus ja lämpötila mahdollistaa virheen vertailussa. Kuitenkin voidaan olettaa, että visparioiden toiminta oli tasalaatuista ja oikea massan lämpötila saavutettiin. Eroa tuotteiden massojen sisälämpötiloissa annostelun jälkeen oli kuitenkin jopa $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, joten vertailun tuotteet ei ole suoraan verrannollisia keskenään. Asetuslämpötilan ollessa $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, oli reaali­lämpötila $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Asetuslämpötilaa nostettaessa lämpötila ei kuitenkaan nousut. Tästä jälleen todettiin, että tunneli ei todellakaan reagoi asetus­lämpötilan nostamiseen yhden rivin lämpökuormalla. Tämä varmistettiin kokeellisesti asetus­lämpötilan nostolla lämpötilaan, $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tunnelin reaali­lämpötila pysyi edellen $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tämä vahvisti jälleen kohdassa 8.5 mainitun paisuntaventtiiliongelman. Kiertoantureiden tulokset tukevat muita mitattuja tuloksia. Verrattaessa Classic maitosuklaaseen teoria tukee ajolämpötiloja niin, että ilman paisuntaventtiiliongelmia suositellaan yhdellä rivillä ajettaessa tunneliin $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ reaali­lämpötilaa. Tätä ei kuitenkaan todettu käytännössä.

10.3 Classic kerrossuklaa

10.3.1 Tulokset ja päätelmät

Classic kerrossuklaa on päällystämiseen asti sama tuote kuin Classic maitosuklaa. Tuotteesta ei tehty mittauksia erikseen ajan säästämiseksi, joten tulokset ja päätelmät ovat samat kuin Classic maitosuklaalla (ks. kohta 10.1 ja 10.1.1). Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteissä yksi ja kaksi. Suositellaan ajettaessa yhden rivin lämpökuormalla asetus­lämpötilaksi $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ astetta ja kahdella rivillä $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Reaali­lämpötilaksi ajettaessa yhdellä rivillä $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja kahdella rivillä $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.4 Classic metsämansikka

10.4.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteessä 4. Laitteiston kokoonpanosta johtuen tätä tuotetta ajetaan vain yhden rivin lämpökuormalla. Tätä tuotetta ajettaessa yhden rivin lämpökuormalla paisuntaventtiiliongelma ei vaikuttanut lämpötilan nostoihin haittaavasti. Lämpötila saatiin nostettua tasolle, jossa hävikin lisääntyminen voitiin todeta käytännössä. Kuvassa 2 esitetty pick'n placen nostoliikkeen läpi tullut jäätelö, joka on tarttunut alustapeltiin ja tikku on katkennut nostettaessa. Asetus- ja reaali­lämpötila $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, todettiin liian lämpimäksi ajolämpötilaksi tuotteiden jo rikkoutessa. Kokeellisesti siirryttiin vielä lämpötilaan $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$, tulosten varmistamiseksi. Lämpötila tehtaalla koneen vieressä oli mittaushetkellä $20,8\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Kuva 2 Esimerkki Classic metsämansikkan hävikistä 1-rivin lämpökuormalla

10.4.2 Päätelmät

Tuotteen ajolämpötila tehtaalla aikaisemmin on ollut $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kokeellisesti lämpötilassa siirryttiin $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuloksia tarkasteltaessa ajo lämpötilan nostosta huolimatta sujui hyvin. Tuote irtosi pelleistä hyvin eikä lohkeamisia tuotteessa tapahtunut kuin yksittäisiä. Koetta jatkettiin siirtymällä vielä kaksi astetta lämpimämpään lämpötilaan, $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tunnelin reaaliämpötilan laskiessa lämpötilaan $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, hävikin määrä alkoi lisääntyä. Tuloksista voidaan huomata, että tässä lämpötilassa ulostulevan jäätelön sisälämpötila laskee lähelle $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tästä todetaan optimaallisen lämpötilan olevan asetusarvon ja reaaliämpötilan osalta $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuotelaadun säilyttämiseksi jäätelön sisälämpötila on oltava vähintään $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ tai kylmempi.

10.5 Classic minttusuklainen

10.5.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteessä 5. Tästä tuotteesta aikataulullisista syistä saatiin mitattua vain kahden rivin lämpökuorma. Tällä kuormalla mittaustyöskentely sujui hyvin ja lämpötiloissa päästiin lämpötilaan, jossa optimaaliset lämpötilat voitiin todeta. Paisuntaventtiiliongelmia ei esiintynyt ja kaikki tulokset tukevat toisiaan. Tällä tuotteella suurimmaksi ongelmaksi osoittautui palojen lohkeaminen jäätelön kulmista pick'n place-laitteiston nostoliikkeen jälkeen. Tämä on nähtävissä kuvassa 3. Lämpötilaa nostettaessa tapahtui myös samankaltaista hävikkiä kuin on nähtävissä kuvissa 1. ja 2.



Kuva 3 Classic minttusuklainen 2-rivin ajossa tapahtuvaa tuoterikkoa

10.5.2 Päätelmät

Mittauksen aikana todettiin, että palojen irtoaminen jäätelön kulumista lisääntyi mitä enemmän tunnelin lämpötila nousi. Myös irronneen palan koko suureni lämpötilan kohotessa. Jäätelön rakenteen perusominaisuuksiin kuuluu, että se lohkeaa heikoimmasta murtumalinjasta. Jäätelössä sen heikoimman kohdan muodostavat ilmakuplat (Clarke. 2004, 156-167). Lämmönsiirron teoriaan nojaten voidaan päätellä, että lämpötila jäätelön pinnalla on lähimpänä ulkopuolella vallitsevaa lämpötilaa. Tällöin lämpötilan ollessa korkeampi on rakenne pehmeämpi ja jäätelö lohkeaa heikoimmasta kohdasta eli ilmakuplien läpi kulkevaa leikkauspintaa myöden.

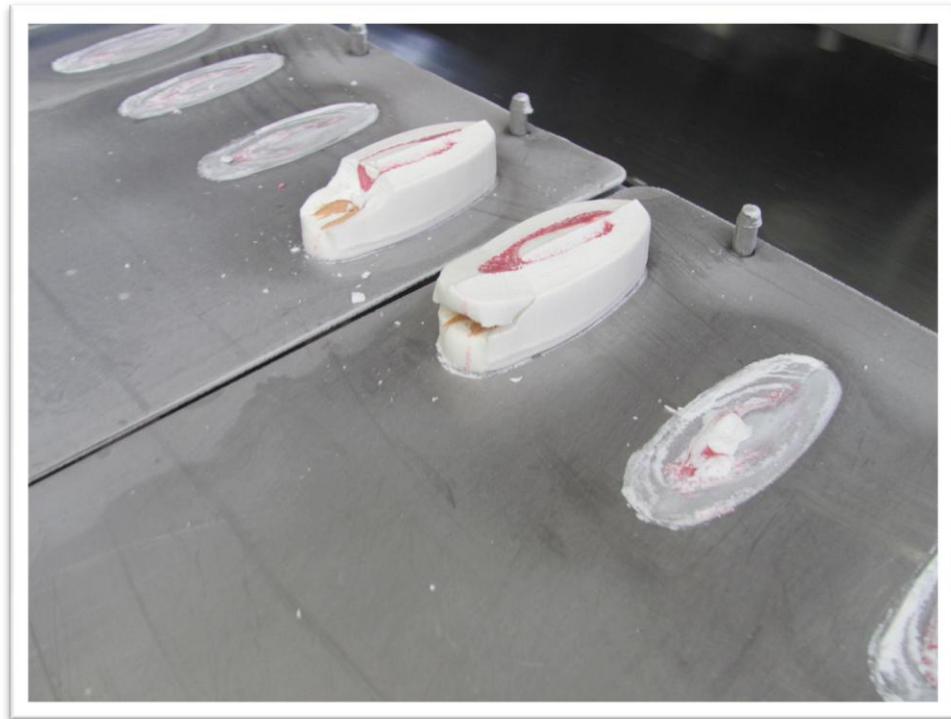
Tulosten perusteella päästiin -36 °C asetus- ja reaalilämpötilaan, jolloin huomattiin pientä lohkeamista jäätelöissä. Tällöin korjattiin pick'n place – laiteistoon kuuluvan nostajan ja vasaran ajoparametreja. Tämä auttoi lohkeamisongelmaan -34 °C asetustilasta asti, jonka jälkeen lohjennut palakoko suureni liian suureksi. Tuloksissa huomattiin -36 °C asetustilalla lyhykestoinen ulostulevan jäätelön sisälämpötilan nousu -24 °C , joka näkyi heti hävikkinä tuotteessa. Syytä lämpötilan laskulle ei tiedetä. Koneenhoitajan kanssa käydyn keskustelun perusteella jäätelön sisälämpötilan laskettua -24 °C hävikkiä oli liian paljon. Jäätelön sisälämpötilan ollessa -25 °C tai enemmän ja vasaran parametrien ollessa tarkasti säädettyinä hävikki oli vähäistä. Tästä voidaan päätellä, että tälle tuotteelle optimaallinen ajolämpötila on jäätelön sisälämpötilan arvo korkeintaan -25 °C . Tulosten vertailussa asetus- ja reaalilämpötilaksi suositellaan -35 °C . Tuloksista kuitenkin voidaan nähdä, että myös asetustilasta -34 °C siirryttyä jäätelön sisälämpötila pysyi yli -25 °C . Tätä asetustilasta

laa ei kuitenkaan suositella ongelmatilanteessa laitteiston hitaan reagoimista.

10.6 Classic valkosuklaa-vadelma

10.6.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteessä 6. Tästä tuotteesta aikataulullisista syistä saatiin mitattua vain yhden rivin lämpökuorma. Asetuslämpötilassa $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ajo sujui hyvin. Asetuslämpötilaa nostettaessa asteella tuote jäi rajusti kiinni peltiin. Kuvassa 4 on nähtävillä hävikkiä, jota tuli runsaasti. Jäätelö on niin tiukasti kiinni pellissä, että oli vaarana pellin nouseminen paikaltaan ja sen seurauksena konerikko. Tästä on mainittuna tekstissä aikaisemmin kohdassa 8.3.



Kuva 4 Classic valkosuklaa-vadelma 1-rivin ajossa tapahtuvaa hävikkiä

10.6.2 Päätelmät

Tuloksista voidaan todeta, että siirryttäessä yksi aste korkeampaan asetustilanteeseen vaikutti suuresti tuotteen ajoon. Tällöin tunnelin anturi ja kiertourit osoittivat n. $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ nousun reaalilämpötiloissa. Jäätelön käyttäytyminen vaikuttaa tässä kohden samalta kuin kyseessä olisi latenttilämmön vapautuminen. Lämpötilan alhaisuus ei kuitenkaan tue tätä oletusta vaikka ilmiö onkin olemukseltaan samankaltainen. Tuloksista todetaan, että jäätelön sisälämpötilan noustessa yli $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$, tuotteen ajo muuttuu hallitsemattomaksi. Tästä päätelmänä suositellaan asetustilanteeksi tuotetta ajettaessa $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja ulostulevan jäätelön sisälämpötilan korkeimmillaan $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.7 Classic valkosuklaa-salmiakki

10.7.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteessä 7. Aikataulullisista syistä mitattiin vain yhden rivin lämpökuorma. Tätä tuotetta mitatessa muualla laitteistossa oli häiriöitä, jonka seurauksena mittaus jouduttiin keskeyttämään. Tämä tuote ei osunut enää aikataulujen puolesta uudelleen ajoon kesän aikana. Saatuja mittaustuloksia vääristää se, että tunneli oli tyhjä mittauksen alkaessa. Tällöin lämpökuorma on ollut vähäinen tunnelissa ja tunnelin reaaliämpötila nousee asetusarvoa huomattavasti korkeammaksi. Tulokset eivät ole luotettavia. Tuloksissa näkyvä ero kellonaikojen kiertoanturin ja niille merkattujen jäätymisaikojen välillä johtuu siitä, että käytettävä kello vaihtui.

10.7.2 Päätelmät

Tuloksista voidaan päätellä, että tuote on säilyy hyvänä, kun tunnelin reaaliämpötila on -37 °C ja jäätelön sisälämpötila -27 °C . Tämä tuote on samankaltainen kuin kohdassa 10.6 mainittu Classic valkosuklaa-vadelma. Tulosten perusteella ei voida kuitenkaan sanoa voiko lämpötilaa vielä nostaa. Vertailu kohdan 10.6 tuotteen kanssa tukee ajatusta, että reaaliämpötilan noustessa -36 °C ja jäätelön sisälämpötilan noustessa -27 °C korkeammaksi ajo muuttuu hallitsemattomaksi. Tuotteen lisukkeen erilaisuus tuo virhettä tähän vertailuun. Tämän vuoksi suositellaan uudelleenmittausta optimilämpötilojen löytämiseksi. Näiden tulosten perusteella suositellaan käytössä olevia asetus- ja reaaliämpötiloja -36 °C ja jäätelön sisälämpötilaa -26 °C .

10.8 Dumle IC snacks

10.8.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteessä 8. Aikataulullisista syistä tuotteesta mitattu vain kahden rivin lämpökuorma. Tämän tuotteen dimensiot ovat erilaiset kuin Classic -jäätelöillä, joten vertailu ei ole mahdollista. Jäätelön ulkomitat eivät ole tiedossa. Tilavuus jäätelölle on ilmoitettuna tuoteselosteessa 0,8 dl. Tämän tuotteen tarttumista alustapeltiin lisäsi jäätelön lisuke. Lämpötilan noustessa jäätelön pinta muuttui erittäin tahmeaksi lisukkeen takia. Lisukkeen lämpötila aiheutti kohdassa 8.3 mainittua peltien ”hyppimistä” -36 °C lämpötilassa. Jäätelön sisälämpötila oli sillä hetkellä -27 °C . Mittauksen aikana laitteistossa oli noin 13 minuutin häiriö. Tänä aikana tunnelia ei pysäytetty. Tunnelin tyhjentyessä osaksi huomattiin lämpötilan lasku lämpökuorman pienentyessä. Tämä aiheutti hetkellisesti virhettä mittaustuloksiin.

10.8.2 Päätelmät

Tuloksista voidaan todeta, että kahden rivin lämpökuormalla laitteisto toimii hyvin. Reagointi asetulämpötilojen vaihtamiseen näkyi nopeasti reaaliämpötiloissa. Nostettaessa lämpötilaa kolme astetta lämpötilaan -36°C , ei ajossa huomattu mitään muutosta. Vaikka tunnelin asetus- ja reaaliämpötila ovat -36°C tai vähemmän jää jäätelön sisälämpötila korkeintaan -27°C . Tässä asetustilassa mittauksen aikana ollut häiriö vääristi noin klo 15.15 kohdalla anturin nro 18616 tulosta. Tällöin anturi vietti tunnelissa pidemmän aikaa, jolloin sen lämpötila laski alhaisemmaksi. Sama voidaan todeta jäätelön sisälämpötilassa. Siirryttäessä -35°C asetustilasta lämpötilaan jäätelö alkoi jäädä kiinni peltiin. Lisukkeiden koostumuksen takia jäätelö ei hajonnut tarttuessaan kuten muut mitatut tuotteet. Tarttuminen aiheutti kuitenkin alustapellin lievää ”hyppimistä”. Päätelmänä suositellaan asetus- ja reaaliämpötilaksi -36°C ja jäätelön lämpötilaksi korkeintaan -27°C .

10.9 Oma mansikka

10.9.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteissä 9 ja 10. Yhden rivin lämpökuormalla ajettaessa tuotteen ajo onnistui hyvin. Kahden rivin lämpökuormalla ajo oli erittäin rikkonaista. Laitteistossa oli erilaisia häiriöitä yhteensä noin 86 minuuttia. Se vääristää muutamia mittaustuloksia. Yksi mittaus -36°C asetustilassa kahden rivin lämpökuormalla suljettiin pois tuloksista kokonaan. Kierroanturi vietti tunnelissa yli tunnin. Tänä aikana tunnelin lämpötilassa ei tapahtunut suuria muutoksia, mutta jäätyminen oli pidempi. Mittausta ei viety yli -35°C asetustilasta tuoteajon lopuessa. Kaikki mittaustulokset tukevat kuitenkin toisiaan ja niistä voidaan nähdä myös laitehäiriöiden vaikutus. Tuotteen ajon aikana säädettiin pick’n place –laitteiston vasaran lyöntiajoitusta ja voimaa useaan kertaan. Haluttiin tarkkailla onko vasaran ajoituksella oletettua suurempi vaikutus tuotteiden pellistä irtoamiseen. Parametrejä ei ole lupa julkistaa, joten niitä ei kirjattu muistiin. Tuotteen tilavuus on 1,0 dl. Ulkomitat eivät ole tiedossa. Kuvassa 5 nähtävillä hävikkiä jäätelön sisälämpötilan ollessa $-26,1^{\circ}\text{C}$.



Kuva 5 Oma mansikka 1-rivi hävikkiä

10.9.2 Päätelmät

Molemmat mitattujen lämpökuormien tulokset tukevat toisiaan. Kahden rivin lämpökuormalla vasaran säädöistä tehtiin oletus, että sillä olisi vaikutusta ajoon enemmän kuin tunnelin lämpötiloilla. Lämpötilojen tulosten tarkastelu osoittaa kuitenkin tämän oletuksen vääräksi. Tarkasteltaessa molempien lämpökuormien tuloksia jäätelöiden sisälämpötilan osalta voidaan huomata, että hävikki lisääntyy samassa lämpötilassa molemmilla kuormilla. Kahden rivin lämpökuormalla pientä virhettä mittaustuloksiin aiheutui laitteiston häiriöistä. Kuitenkin tulokset yhtä lukuunottamatta tukevat toisiaan. Vaikka vasaran toiminnan osuus oli odotettua pienempi, sen parametrit on oltava säädetty oikein. Vasaran väärät parametrit voivat aiheuttaa pientä virhettä tämän tutkimuksen tuloksiin. Tunnelin lämpötilan nostoa tietyn lämpötilan yli vasaran toiminnalla ei voida kompensoida. Tämä pätee muihinkin tuotteisiin.

Yhden rivin lämpökuorman mittauksissa nostettiin lämpötilaa siten, että $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$ asetus- ja reaalilämpötilassa ja ulostulevan jäätelön sisälämpötilan ollessa noin $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$, hävikkiä oli liikaa. Tätä tukee kahden rivin lämpökuorman ajossa muutama tulos, jossa jäätelön sisälämpötilan käydessä lähellä $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$, jäätelö tarttuu peltiin jo hieman. Ei kuitenkaan vielä liikaa. Oletuksena tästä on, että jäätelön sisälämpötilan ollessa $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ yläpuolella hävikki lisääntyisi edelleen reilusti. Korkeimmissa mitatuissa lämpötiloissa jäätelöt usein halkesivat kahtia. Tästä voidaan olettaa rakenteen pehmenneen siten, että jäätelö repeää heikointa linjaa myöden. Tämän linjan tässä tuotteessa teorian perusteella muodostaa ilmakuplat ja tuotteen lisuke.

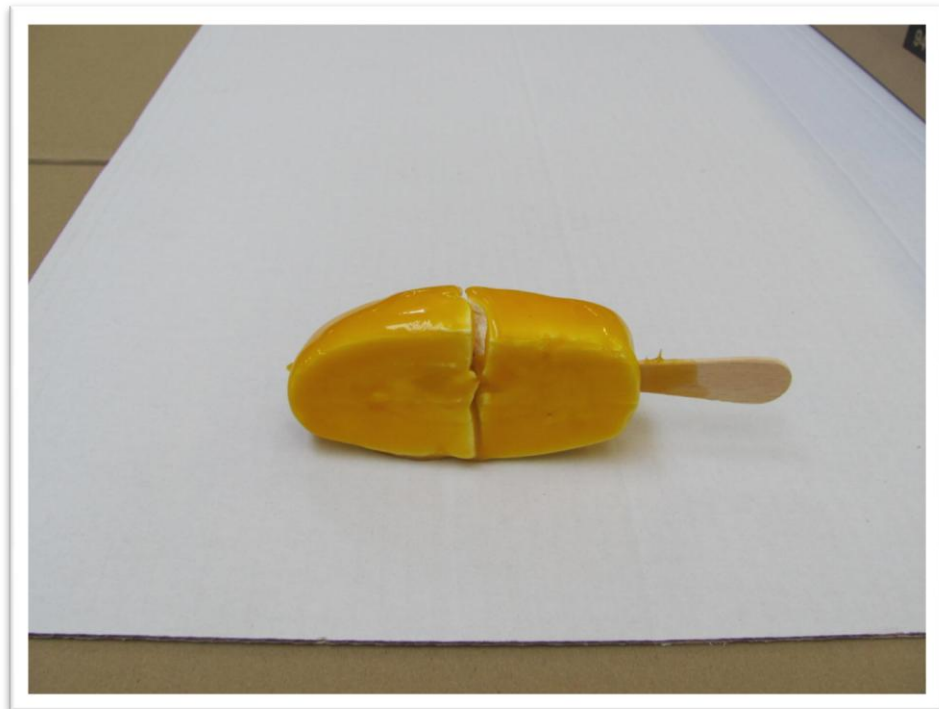
Huomattavaa on, että ulkona oli molempien ajojen aikana erittäin kuuma päivä, joka vaikutti tehtaan sisälämpötilaan (21 - 24,2 °C laitteiston vieressä). Tämän oletetaan hieman lisäävän laitteiston kuormitusta. Voidaankin olettaa yhden rivin lämpökuormalla lämpimien päivien lisäävän lämpökuormaa siten, että paisuntaventtiilin toimintahäiriön vaikutus pienenee ajon aikana ulkoisen lämpökuorman lisääntyessä.

Päätelminä tuloksista suositellaan molemmille lämpökuormille tällä tuotteella asetus- ja reaalilämpötiloiksi -36 °C kuitenkin niin, että ulostulevan jäätelön sisälämpötila on korkeimmillaan -27 °C.

10.10 Oma mango

10.10.1 Mittautulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteessä 11. Tästä tuotteesta aikataulullisista syistä saatiin mitattua vain kahden rivin lämpökuorma. Tuloksissa jäätelön sisälämpötilan osalta näyttää siltä, että lämpötilan noususta huolimatta sisälämpötila ei noussut lainkaan. Kuitenkin silmämääräisesti hävikin todettiin lisääntyvän lämpötilan noustessa (kuva 6). Lämpötila tehtaalla laitteiston vieressä 21,7 °C.



Kuva 6 Oma mango 2-rivin hävikkä

10.10.2 Päätelmät

Mittaustuloksista voidaan todeta epä johdonmukaisuuksia. Tunnelin sisälämpötilan noustessa jäätelön sisälämpötilassa ei huomattu suuria muutoksia. Tämä tukisi paisuntaventtiilin toimintahäiriötä. Tunnelin antureiden

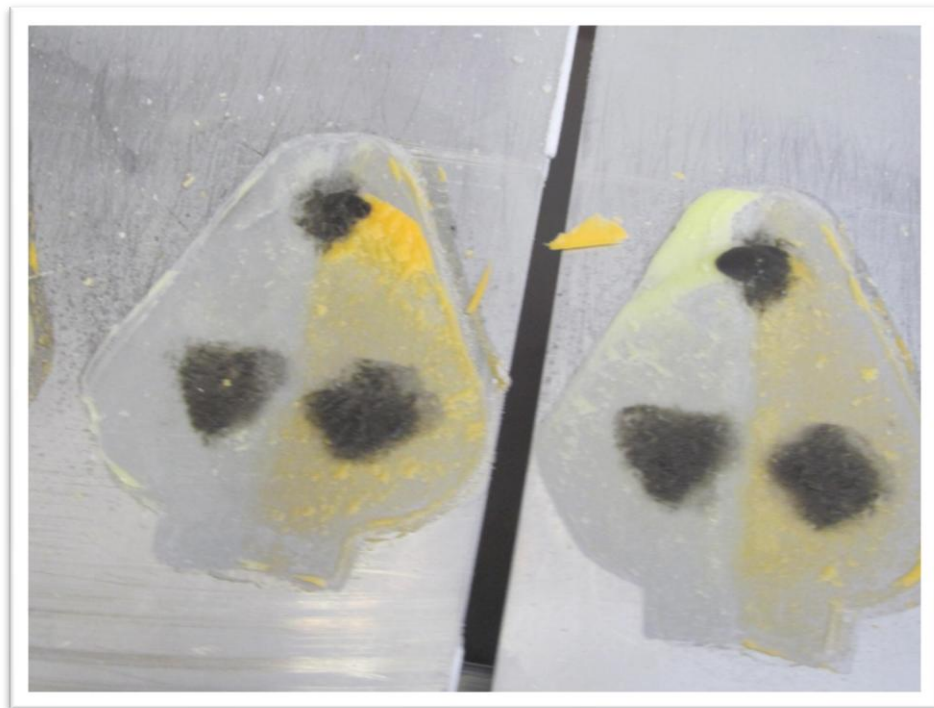
tulokset puolestaan osoittavat, että reaalilämpötila nousi tunnelissa. Kiertoantureiden tuloksista voidaan taas todeta, että lämpötila tunnelissa säilyi nostoista huolimatta. Silmämääräisesti kuitenkin asetustemperatuurin ollessa -37 °C hävikin määrä lisääntyi. Mittaustulokset ovat tältä osin ristiriitaiset. Syytä tähän ei tiedetä. Näiden tulosten perusteella ei voida suositella optimaalisia lämpötiloja. Myös vertailu Oma mansikka jäätelön tuloksiin on ristiriidassa näiden tulosten kanssa. Vertailusta todetaan kuitenkin, että vasaran säädöt voivat aiheuttaa tuloksissa näkyvän tuotehävikin. Suositellaan uudelleenmittausta ja vasaran parametrien tarkkaa seuranta tälle tuotteelle.

10.11 Ässä mix

10.11.1 Mittaustulokset

Mittaustulokset ja muistiinpanot liitteessä 12. Laitteiston kokoonpanosta johtuen tätä tuotetta ajetaan tehtaalla vain yhden rivin lämpökuormalla. Ajon aikana oli häiriöiden aiheuttamia taukoja. Nämä eivät kuitenkaan laskeneet tunnelin lämpötilaa eikä taukoja voida todeta tuloksista. Kiertoanturien tuloksissa -40 °C asetustemperatuurissa voidaan huomata normaalia pidempi mittausaika. Reaalilämpötila tunnelissa pysyi kuitenkin halutusti lähellä asetustemperatuurilaa.

Tuotetta ei päällystetä lainkaan, joten pientenkin palojen lohkeaminen tuotteesta johtaa sen hylkäämiseen myyntikelvottomana. Näin ollen tällä tuotteella irtoaminen pellistä on erittäin tärkeää tuotelaadun kannalta. Tuote on tuotteista ainoa mehujää. Kuvassa 7 nähtävillä palojen irtoaminen lämpötilaa nostettaessa.



Kuva 7 Ässä mix hävikkää

10.11.2 Päätelmät

Tuotteen ajossa oli paljon ongelmia. Se väärästi osaa tuloksista, teki niistä kyseenalaisia ja muutamia tuloksia jäi sekavan ajon takia merkitsemättä. Nähtävissä on kuitenkin, että tunnelin lämpötilan nousulla ja pienten palojen irtoamisella tuotteesta oli selvä yhteys. Muutamia mittaustuloksia lukuunottamatta jäätelön sisälämpötila ja kiertoantureiden tulokset tukevat havaintoa.

Tuloksista todetaan, että asetuslämpötilassa -44 °C tunnelilla ajetaan sen kapasiteetin ylärajoilla. Toisin sanoen käytössä olevalla laitteistolla ei näiden tulosten perusteella voida luoda enempää kylmää. Mikäli tuote vaatisi paremman jäädytyksen pitäisi läpimenoaikaa pidentää. Tällä saataisiin pidempi lämmönsiirtoaika tuotteelle. Teoria kohdassa 6.2 osoittaa tämän mahdolliseksi. Se ei ole näiden tulosten perusteella kuitenkaan tarpeellista. Asetuslämpötilan ollessa lämpötilassa -44 °C , tunnelin reaalilämpötila ei laskenut kuin -43 °C .

Nostettaessa lämpötilaa -41 °C yläpuolelle alkoi tuote selvästi pehmentyä ja paloja jäi kiinni peltiin. Tämä voidaan nähdä kuvasta 7. Tunnelin asetus- ja reaalilämpötilan ollessa -40 °C mehujään sisälämpötila nousi yli -23 °C . Tässä lämpötilassa hävikki alkoi kasvaa reilusti. Suositellaan tälle tuotteelle asetus- ja reaalilämpötiloiksi -41 °C ja mehujään sisälämpötilaksi korkeimmillaan -24 °C .

11 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Päätelmänä kaikista tuloksista voidaan tehdä oletus että, karkaisulaitteiston kapasiteetti ei ole riittävä joillekin tuotteille tämänhetkisen lämpökuorman, muun laitteiston ja ajonopeuden kanssa. Varsinkin kahden rivin lämpökuormalla ajettaessa läpimenoauhdin ollessa nykyinen (suuri), jäätyminen varmistetaan kompensoimalla tunnelin lämpötila niin matalaksi, että tuotteen tarpeeksi alhainen sisälämpötila saavutetaan. Voidaan olettaa, että mikäli linjalle suunniteltaisiin ässä mix -mehujäätä lämpökuormaltaan suurempi tuote, linjan vauhtia olisi vähennettävä tarpeeksi alhaisen sisälämpötilan varmistamiseksi. Mikäli tulevaisuudessa linjalla on tarvetta suuremmille lämpökuormille on lisäselvitys suositeltavaa.

Ongelmakohtana olevaan tarttumisongelmaan voisi olla muita ratkaisuja, kuten alustapeltien eri materiaalit. Tämä vaatisi lisäselvitystä käytännön kokeilla eri materiaaleilla. Mikäli tarttumisongelma saataisiin muilla keinoilla ratkaistua voisi tunnelin lämpötiloja mahdollisesti vielä nostaa tuotelaadun vielä säilyessä. Kohdassa 6.2 mainittu teoreettinen -15 °C raja jäätelön sisälämpötilassa on vielä kaukana nykyisellään tehtaalla olevista lämpötiloista. Teorian mukaan olisi mahdollista nostaa tunnelin lämpötilaa siten, että jäätelön sisälämpötila olisi lähempänä -15 °C . Tähän teoreettiseen lämpötilaan asti tuskin kannattaisi pyrkiä mutta irtoamisongelman ratketessa muulla tavoin voisi lämpötilaa tunnelissa nostaa vielä useita asteita tässä työssä suositeltuihin lämpötiloihin nähden. Isosta lämpötilan laskusta voisi seurata muita ongelmia esimerkiksi pakattaessa tai kuorru-

tettaessa tuotetta, joten tällaisiin lämpötiloihin pyrittäessä tarvittaisiin paljon käytännön kokeita myös linjan muilla laitteilla.

Taulukkoon 2 on kerätty suositeltavat lämpötilat tämän työn mittautulosten perusteella. Taulukkoon on merkitty ehdotetut optimaaliset ajolämpötilat seuraavasti:

- Reaalilämpötila on tunnelin haluttu sisälämpötila ajon aikana.
- Asetuslämpötila on tunnelin laitteiston asetuslämpötila
- Jäätelön korkein sisälämpötila on lämpötila, joka jäätelölle halutaan korkeimmillaan sen tullessa ulos tunnelista.

Vertailun vuoksi taulukko esittää asetuslämpötilan, jonka koneenhoitaja on asettanut laitteistolle ajon alussa. Lähteenä näille on käytetty mittauksen aikana laitteistosta tarkistettuja ja mittauksilla vahvistettuja lämpötiloja. Ajoihin annettuja parametritietoja, jotka tehtaalla on kirjattuna ei ole työssä luvallista käyttää.

Jäätelön karkaisutunnelin lämpötilojen optimointi

Taulukko 2 Yhteenvedo ja suositukset:

Tuote:	Käytössä oleva aloituslämpötilan asetusarvo (°C)	Suositeltavat optimaaliset lämpötilat (°C):			Lämpökuorma riveinä (kpl)	Todettu käytännössä (Kyllä/Ei)	Syy:
		Reaalilämpötila (°C)	Asetuslämpötila (°C)	Jäätelön korkein sisälämpötila (°C)			
Classic maitosuklaa	-33	Ei suositusta	Ei suositusta	-23	1	Ei	Paisuntaventtiili häiriö
Classic maitosuklaa	-33	-33	-33	-23	2	Kyllä	
Classic kermatoffeinen	-33	-31	Ei suositusta	-23	1	Ei	Paisuntaventtiili häiriö
Classic kermatoffeinen	Ei tiedossa	Ei suositusta	Ei suositusta	-23	2	Ei	Aikataululliset syyt
Classic kerrossuklaa	-33	-31	Ei suositusta	-23	1	Ei	Paisuntaventtiili häiriö
Classic kerrossuklaa	-33	-33	-33	-23	2	Kyllä	
Classic metsämansikka	-36	-34	-34	-25	1	Kyllä	
Classic metsämansikka		Ei ajeta	Ei ajeta		2	Ei	Ei ajeta
Classic minttusuklainen	Ei tiedossa	Ei suositusta	Ei suositusta	-25	1	Ei	Aikataululliset syyt
Classic minttusuklainen	-39	-35	-35	-25	2	Kyllä	
Classic valkosuklaa-vadelma	-36	-36	-36	-27	1	Kyllä	
Classic valkosuklaa-vadelma	Ei tiedossa	Ei suositusta	Ei suositusta	-27	2	Ei	Aikataululliset syyt
Classic valkosuklaa-salmiakki	-35	-36	-36	-27	1	Ei	Laitteiston muu häiriö
Classic valkosuklaa-salmiakki	-35	Ei suositusta	Ei suositusta	-27	2	Ei	Ei mitattu
Dumle IS snacks	Ei tiedossa	Ei suositusta	Ei suositusta	-27	1	Ei	Ei mitattu
Dumle IS snacks	-39	-36	-36	-27	2	Kyllä	
Oma mansikka	-38	-36	-36	-27	1	Kyllä	
Oma mansikka	-39	-36	-36	-27	2	Ei	Laitteiston muu häiriö
Oma mango	Ei tiedossa	Ei suositusta	Ei suositusta	Ei suositusta	1	Ei	Ei mitattu
Oma mango	-39	Ei suositusta	Ei suositusta	Ei suositusta	2	Kyllä	Mittaukset ei johdonmukaisia
Ässä mix	-44	-41	-41	-24	1	Kyllä	
Ässä mix		Ei ajeta	Ei ajeta		2	Ei	Ei ajeta

LÄHTEET

- Ahoranta, J. 1994. Tekniset fysiikka. WSOY, Porvoo
- Aittomäki, E. Eerikäinen, T. Lesola, M. Ojamo, H. Suominen, I. Weymarn, N. 2002. Bioprosessitekniikka. WS Bookwell oy. Porvoo.
- Cebula, D.J. & Russel A.B. Ice crystallization control in ice cream. Teoksessa International dairy federation (toim.). 1998. Ice cream. International dairy federation (pain.) Belgium.
- Clarke, C. 2004. The science on ice cream. Cambridge, Yhdistynyt kuningaskunta: The royal society of chemistry.
- Hautala, M. Peltonen, H. 2005. Insinöörin (AMK) fysiikka osa I. Saarijärven OFFSET Oy. Saarijärvi.
- Kangasniemi, T. 2009. Mitä? Alijäähtynyt pii sulaa nesteestä toisenlaiseksi nesteeksi. 3/2009. Viitattu 30.3.2011. <http://www.tekniikkatalous.fi/tk/article255981.ece>
- KTMP, Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös jäätelöstä 4/1999. 4.1.1999.
- Kymäläinen, M. 2008. Bioprosessitekniikka opintojakson opintoaineisto. Hämeen ammattikorkeakoulu. 5.11.2008 – 27.4.2009.
- Marshall, T.M. Goff, H.D. Hartel, R.W. 2003. Ice cream sixth edition. Springer science+business media. New York.
- McElHinney, N. 2009. Nestlé corporate presentation 2010. Turenki.
- Mäkelä, M. Soininen, L. Tuomola, S. Öistämö, J. 2005. Tekniikan kaavasto. Amk-Kustannus Oy tammertekniikka. Tampere.
- Napari, I. Termofysiikan perusteet. 12/2009. Viitattu 1.4.2011. <http://www.physics.helsinki.fi/courses/a/termo/Termo2009.pdf>
- Nydal, R. 2008. Käytännön kylmäteknikka. Suom. Markku Muuronen. Gummerus kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Pentinsaari, V-M. 2007. Epäsymmetrisen siipiprofiilin suunnittelu alisooniseen tuulitunneliin, kandidaattityö. Viitattu 9.5.2011. <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/30943/TMP.objres.697.pdf?sequence=1>
- Seppänen, R. Tiihonen, S. Wuolijoki, H. Kervinen, M. Smolander, J. Haavisto, A. Karkela & L. Varho, K. 1991. Maol-taulukot. Otava. Keuruu.
- Sipinen, S. 2010. Sukeltajantauti. 4/2010. Viitattu 2.4.2011. http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/uusinumero?p_p_id=dlehtihaku_

view_article_WAR_dlehtihaku&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku__spage=%2Fport-let_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewarticle%2Faction&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_tunnus=duo98634&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_frompage=uusinnumero

Tetra Pak processing system Ab. 2003. Dairy processing handbook. Malmö: Teknotext AB.

Tikkanen, M.H. 1990. Helppoa termodynamiikkaa. Helsinki: Kyriiri oy

Toledo, R. 1999. Fundamentals of food process engineering. Aspen publishers. Maryland, USA.

Valiojäätelötuotteet. 2011. Tuotetiedot, puikot. Viitattu 25.5.2011. <http://www.pingviini.fi/tuotteet#puikot>

CLASSIC MAITOSUKLAA 1-RIVI

Tuote: Classic maitosuklaa

27.7-2010

Rivit (kpl)	Sis. jäätelön T (°C):	Men. T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin NH ₃ /vanha (°C):	T ₁ (°C):	T ₂ (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
1		-6,6	-25,3	-33	-33,3	-34	-31	-37		-36	18616	11.08-11.31
1		-6,7	-25,5	-33	-33,3	-34	-31	-37		-36	18619	11.10-11.33

Muistiinpanoja:

Tunneli ei lämpene. Paisuntaventtiilihäiriö. Lämpökuorma liian pieni. Mittausta ei voi jatkaa. Optimaalinen ajolämpötila saavutettu tälle tuotteelle tällä lämpökuormalla. Yksi vispari käytössä (nro: vk10s1). Lämpötila T= -6,3°C. Ammoniakkia vuotaa paisuntaventtiilistä, joka ei mahdollisesti ole täysin kiinni vaikka (Niemi) käynyt kääntämässä niin kiinni kuin käsin uskalsi. Ajon kannalta tällä laitteistolla on turha etsiä korkeampaa lämpötilaa, koska tuote on hyvä ja ajo hyvää tässä lämpötilassa. Lämpötilaa koneen tehtaalla koneen vieressä 25,7 °C astetta.

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18616	18619
27.7.2010	11:07	14,5	28
27.7.2010	11:08	5,5	25,5
27.7.2010	11:09	-5	17
27.7.2010	11:10	-14	8
27.7.2010	11:11	-20,5	-2
27.7.2010	11:12	-24	-12,5
27.7.2010	11:13	-26,5	-19,5
27.7.2010	11:14	-28	-23,5
27.7.2010	11:15	-30	-26
27.7.2010	11:16	-31,5	-28
27.7.2010	11:17	-32,5	-29,5
27.7.2010	11:18	-33	-31
27.7.2010	11:19	-33,5	-32
27.7.2010	11:20	-33,5	-32,5
27.7.2010	11:21	-33,5	-33
27.7.2010	11:22	-33,5	-33
27.7.2010	11:23	-33	-33
27.7.2010	11:24	-33	-33
27.7.2010	11:25	-33	-33
27.7.2010	11:26	-32,5	-33
27.7.2010	11:27	-32,5	-33
27.7.2010	11:28	-27,5	-32,5
27.7.2010	11:29	-22,5	-32,5
27.7.2010	11:30	-19,5	-29
27.7.2010	11:31	-19,5	-23,5
27.7.2010	11:32	-17,5	-17,5
27.7.2010	11:33	-16	-13
27.7.2010	11:34	-14	-9

CLASSIC MAITOSUKLAA 2-RIVIÄ

Tuote: Classic maitosuklaa

4.6.2010

Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
2	-6,1	-23,4	-33	-33,9	-35	-32	-40	-40	18616	11.05-11.28
2	-6,1	-23,7	-33	-33,6	-34	-32	-37	-38	18619	11.10-11.33
2	-5,9	-22,4	-32	-32,2	-33	-30	-36	-36	18616	12.02-12.25
2	-6	-22,7	-32	-32	-32	-30	-36	-36	18619	12.07-12.32

Muistiinpanoja:

Melkein heti kun lämpötila oli -32°C asteen tienoolla tuote alkoi jäädä rajusti peltiin kiinni niin, että tikut katkeilivat. Valitettavasti kamera oli kauempana ja kunnollisia kuvia ei saatu (säätö parempaan tehtiin heti ettei tule hävikkiä paljon). Vaihteleeko tuotteen pintalämpötila jonka vuoksi tuote jää peltiin kiinni? Korkeampaan lämpötilaan ei siirrytty. Olisi tullut liikaa hävikkiä. Lämpötila tehtaalla koneen vieressä 19,6 °C astetta. Vispareiden lämpötilat (vk10s1) -6,1 °C astetta ja (vk10s2) -6,0 °C astetta.

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-33		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18616	18619		
4.6.2010	11:03	23	23,5		
4.6.2010	11:04	23	23,5		
4.6.2010	11:05	19	23,5		
4.6.2010	11:06	11,5	23,5		
4.6.2010	11:07	1,5	23,5		
4.6.2010	11:08	-8,5	23,5		
4.6.2010	11:09	-16,5	20,5		
4.6.2010	11:10	-22	13		
4.6.2010	11:11	-25,5	4		
4.6.2010	11:12	-27,5	-5		
4.6.2010	11:13	-28,5	-13,5		
4.6.2010	11:14	-30	-19,5		
4.6.2010	11:15	-31,5	-23,5		
4.6.2010	11:16	-32	-25,5		
4.6.2010	11:17	-32	-27		
4.6.2010	11:18	-32,5	-29		
4.6.2010	11:19	-32	-30		
4.6.2010	11:20	-32	-31		
4.6.2010	11:21	-32	-31,5		
4.6.2010	11:22	-31,5	-31,5		
4.6.2010	11:23	-31,5	-31,5		
4.6.2010	11:24	-31	-31,5		
4.6.2010	11:25	-31	-31,5		
4.6.2010	11:26	-31	-31,5		
4.6.2010	11:27	-26,5	-32		
4.6.2010	11:28	-21,5	-32,5		
4.6.2010	11:29	-17	-32,5		
4.6.2010	11:30	-13	-32		
4.6.2010	11:31	-10	-28		
4.6.2010	11:32	-9,5	-23,5		
4.6.2010	11:33	-9,5	-18		
4.6.2010	11:34	-9	-14,5		
4.6.2010	11:35	-7,5	-11,5		

Asetuslämpötila (°C)		-32		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18616	18619		
4.6.2010	12:00	11	14,5		
4.6.2010	12:01	10,5	15		
4.6.2010	12:02	5	15,5		
4.6.2010	12:03	-1,5	16		
4.6.2010	12:04	-8,5	16		
4.6.2010	12:05	-15,5	16,5		
4.6.2010	12:06	-21	13		
4.6.2010	12:07	-24	6,5		
4.6.2010	12:08	-26	-1		
4.6.2010	12:09	-27	-9		
4.6.2010	12:10	-28	-16		
4.6.2010	12:11	-29,5	-20,5		
4.6.2010	12:12	-30	-23,5		
4.6.2010	12:13	-30,5	-25		
4.6.2010	12:14	-31	-26,5		
4.6.2010	12:15	-31	-28		
4.6.2010	12:16	-31	-29		
4.6.2010	12:17	-30,5	-30		
4.6.2010	12:18	-30,5	-30,5		
4.6.2010	12:19	-30,5	-30,5		
4.6.2010	12:20	-30,5	-31		
4.6.2010	12:21	-30,5	-31,5		
4.6.2010	12:22	-30,5	-31,5		
4.6.2010	12:23	-29,5	-32		
4.6.2010	12:24	-24	-32,5		
4.6.2010	12:25	-19,5	-33		
4.6.2010	12:26	-15,5	-33,5		
4.6.2010	12:27	-12	-33		
4.6.2010	12:28	-9	-28,5		
4.6.2010	12:29	-9,5	-24		

CLASSIC KERMATOFFEINEN 1-RIVI

Tuote: Classic kermatoffeinen
18.5-10

Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
1	-5,9	-24,9	-33	-33,3	-34	-31	-34	-34	18617	13.24-13.47
1	-5,8	-25	-33	-33,4	-34	-31	-37	-37	18619	13.33-13.55
1	-5,5	-24,8	-32	-33,6	-34	-31	-37	-38	18617	14.11-14.34
1	-5,5	-25	-32	-33,6	-34	-31	-38	-38	18619	14.20-14.43

Muistiinpanoja:

Tunnelia pyrittiin lämmittämään vielä tämän jälkeen siirtymällä 2 °C astetta lämpimämpään lämpötilaan mutta tunneli ei reagoi. Yksi vispari käytössä. Lämpötila -6,4 °C astetta. Lämpötila tehtaalla koneen vieressä 20,6 °C astetta. Tunnelissa paisuntaventtiilihäiriö.

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-33		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
18.5.2010	13:25	24	23,5		
18.5.2010	13:26	24	23,5		
18.5.2010	13:27	17,5	23,5		
18.5.2010	13:28	10	23,5		
18.5.2010	13:29	1,5	24		
18.5.2010	13:30	-9,5	24		
18.5.2010	13:31	-17,5	24		
18.5.2010	13:32	-23	23,5		
18.5.2010	13:33	-25,5	23,5		
18.5.2010	13:34	-27,5	23		
18.5.2010	13:35	-29	17		
18.5.2010	13:36	-30,5	9,5		
18.5.2010	13:37	-31	1,5		
18.5.2010	13:38	-31,5	-8		
18.5.2010	13:39	-32	-16		
18.5.2010	13:40	-32	-21		
18.5.2010	13:41	-32	-24,5		
18.5.2010	13:42	-32	-26,5		
18.5.2010	13:43	-32,5	-28,5		
18.5.2010	13:44	-32,5	-30,5		
18.5.2010	13:45	-32,5	-32		
18.5.2010	13:46	-32,5	-32,5		
18.5.2010	13:47	-32	-33		
18.5.2010	13:48	-31	-33		
18.5.2010	13:49	-25,5	-33		
18.5.2010	13:50	-20	-33		
18.5.2010	13:51	-15,5	-32,5		
18.5.2010	13:52	-11,5	-32,5		
18.5.2010	13:53	-7,5	-32,5		
18.5.2010	13:54	-4,5	-32,5		
18.5.2010	13:55	-1,5	-32,5		
18.5.2010	13:56	1	-31,5		
18.5.2010	13:57	2	-26,5		

Asetuslämpötila (°C)		-32		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
18.5.2010	14:11	16,5	10,5		
18.5.2010	14:12	17	11,5		
18.5.2010	14:13	17,5	12,5		
18.5.2010	14:14	17	13,5		
18.5.2010	14:15	10,5	14		
18.5.2010	14:16	3	14,5		
18.5.2010	14:17	-4,5	15		
18.5.2010	14:18	-13,5	15,5		
18.5.2010	14:19	-20,5	16		
18.5.2010	14:20	-25	16,5		
18.5.2010	14:21	-27	17		
18.5.2010	14:22	-28,5	16,5		
18.5.2010	14:23	-30	9,5		
18.5.2010	14:24	-31	3		
18.5.2010	14:25	-32	-5		
18.5.2010	14:26	-32,5	-13,5		
18.5.2010	14:27	-33	-20,5		
18.5.2010	14:28	-33	-24,5		
18.5.2010	14:29	-33	-27		
18.5.2010	14:30	-33	-29		
18.5.2010	14:31	-33	-30,5		
18.5.2010	14:32	-33	-32		
18.5.2010	14:33	-33	-33		
18.5.2010	14:34	-33	-33,5		
18.5.2010	14:35	-32,5	-33,5		
18.5.2010	14:36	-31	-34		
18.5.2010	14:37	-26	-34		
18.5.2010	14:38	-18,5	-34		
18.5.2010	14:39	-12,5	-33,5		
18.5.2010	14:40	-8	-33,5		
18.5.2010	14:41	-4,5	-33,5		
18.5.2010	14:42	-1,5	-33,5		
18.5.2010	14:43	1	-33,5		
18.5.2010	14:44	3,5	-31,5		
18.5.2010	14:45	5,5	-26,5		
18.5.2010	14:46	7,5	-20,5		

CLASSIC METSÄMANSIKKA 1-RIVI

Tuote: Classic metsämansikka

19.5-10

Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
1	-6,4	-26,3	-36	-36,1	-37	-35	43	-44	18619	9.47-10.10
1	-6,3	Ei tulosta	-36	-36,7	-37	-35	-40	-41	18617	9.55-10.18
1	-6,2	-25,1	-35	-35,2	-36	-34	-39	-39	18617	10.40-11.03
1	-6,1	-26	-35	-35,1	-35	-34	-38	-39	18619	10.45-11.08
1	-6,5	-24,8	-34	-34,7	-35	-33	-38	-38	18617	11.24-11.47
1	-6,1	-25,4	-34	-34,4	-35	-33	-38	-38	18619	11.31-11.54
1	-6,1	-24,6	-33	-33,9	-34	-33	-38	-38	18617	13.07-13.30
1	-6,1	-24	-32	-33,1	-33	-32	-36	-37	18617	13.58-14.21
1	-6,4	-24,3	-32	-32,5	-33	-32	-36	-36	18617	14.01-14.24

Muistiinpanoja:

Yksi vispari käytössä. Lämpötila -6,9 °C Hillo kontista. Lämpötila +8,5 °C. Lämpötila koneen vieressä +20,8 °C astetta. Tuote irtosi vielä hyvin -34 °C asteen lämpötilassa. Jää kiinni hieman jo -33 °C asteessa ja liikaa -32,5 °C asteessa. Suositeltava ajolämpötila -34 °C astetta. Ei kannattavaa nostaa lämpötilaa enempää -32 °C asteen lämpötilasta. Jää kiinni peltiin. Tikut katkeilevat.

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-36		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
19.5.2010	9:47	22	24,5		
19.5.2010	9:48	22	23,5		
19.5.2010	9:49	22	16,5		
19.5.2010	9:50	22	7		
19.5.2010	9:51	22,5	-3		
19.5.2010	9:52	22,5	-14		
19.5.2010	9:53	23	-22		
19.5.2010	9:54	23	-27		
19.5.2010	9:55	23	-29,5		
19.5.2010	9:56	15,5	-31,5		
19.5.2010	9:57	7,5	-33		
19.5.2010	9:58	-1,5	-34,5		
19.5.2010	9:59	-11	-35		
19.5.2010	10:00	-18,5	-35,5		
19.5.2010	10:01	-23,5	-36		
19.5.2010	10:02	-27	-36		
19.5.2010	10:03	-29	-36		
19.5.2010	10:04	-31	-36		
19.5.2010	10:05	-32,5	-35,5		
19.5.2010	10:06	-33,5	-35,5		
19.5.2010	10:07	-34,5	-35,5		
19.5.2010	10:08	-34,5	-35		
19.5.2010	10:09	-35	-35		
19.5.2010	10:10	-35,5	-33,5		
19.5.2010	10:11	-35,5	-28,5		
19.5.2010	10:12	-36	-23,5		
19.5.2010	10:13	-36	-18,5		
19.5.2010	10:14	-36	-14,5		
19.5.2010	10:15	-36	-10,5		
19.5.2010	10:16	-35,5	-7		
19.5.2010	10:17	-34	-4		
19.5.2010	10:18	-28	-1,5		

Asetuslämpötila (°C)		-35		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
19.5.2010	10:40	16,5	13,5		
19.5.2010	10:41	15,5	14		
19.5.2010	10:42	8,5	14,5		
19.5.2010	10:43	0,5	15,5		
19.5.2010	10:44	-8	16		
19.5.2010	10:45	-16	16,5		
19.5.2010	10:46	-22	16,5		
19.5.2010	10:47	-26	10,5		
19.5.2010	10:48	-28	2,5		
19.5.2010	10:49	-29,5	-6		
19.5.2010	10:50	-31	-15		
19.5.2010	10:51	-33	-22		
19.5.2010	10:52	-34	-27		
19.5.2010	10:53	-35	-29,5		
19.5.2010	10:54	-35	-31		
19.5.2010	10:55	-35	-32,5		
19.5.2010	10:56	-35	-33,5		
19.5.2010	10:57	-35	-34,5		
19.5.2010	10:58	-35	-35		
19.5.2010	10:59	-34,5	-35		
19.5.2010	11:00	-34,5	-35		
19.5.2010	11:01	-34,5	-35		
19.5.2010	11:02	-34	-35		
19.5.2010	11:03	-32,5	-35		
19.5.2010	11:04	-26,5	-35		
19.5.2010	11:05	-21	-35		
19.5.2010	11:06	-15	-34,5		
19.5.2010	11:07	-10,5	-34,5		
19.5.2010	11:08	-7	-33,5		
19.5.2010	11:09	-4	-28,5		

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-34	18617	18619
	Aika		
19.5.2010	11:24	15,5	12,5
19.5.2010	11:25	15,5	13,5
19.5.2010	11:26	8	14
19.5.2010	11:27	0,5	15
19.5.2010	11:28	-7,5	15,5
19.5.2010	11:29	-15,5	16
19.5.2010	11:30	-21,5	16,5
19.5.2010	11:31	-25,5	17
19.5.2010	11:32	-27,5	15
19.5.2010	11:33	-29	8
19.5.2010	11:34	-30,5	-0,5
19.5.2010	11:35	-31,5	-9,5
19.5.2010	11:36	-32,5	-17,5
19.5.2010	11:37	-33	-23
19.5.2010	11:38	-33,5	-26,5
19.5.2010	11:39	-33,5	-28,5
19.5.2010	11:40	-33,5	-30
19.5.2010	11:41	-33,5	-31,5
19.5.2010	11:42	-33,5	-32,5
19.5.2010	11:43	-33,5	-33,5
19.5.2010	11:44	-33	-34
19.5.2010	11:45	-33	-34
19.5.2010	11:46	-33	-34
19.5.2010	11:47	-31,5	-34
19.5.2010	11:48	-25	-34
19.5.2010	11:49	-19	-34
19.5.2010	11:50	-13	-33,5
19.5.2010	11:51	-9	-33,5
19.5.2010	11:52	-6	-33,5
19.5.2010	11:53	-3	-33,5
19.5.2010	11:54	-1	-30,5
19.5.2010	11:55	1,5	-25,5
19.5.2010	11:56	3	-20

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-33	18617	18619
	Aika		
19.5.2010	13:07	22	24
19.5.2010	13:08	21	24
19.5.2010	13:09	13	24
19.5.2010	13:10	4,5	24
19.5.2010	13:11	-4,5	24
19.5.2010	13:12	-13,5	24
19.5.2010	13:13	-20	24
19.5.2010	13:14	-24,5	24
19.5.2010	13:15	-27	24
19.5.2010	13:16	-28,5	24
19.5.2010	13:17	-30	24
19.5.2010	13:18	-31,5	24
19.5.2010	13:19	-32	24
19.5.2010	13:20	-33	24
19.5.2010	13:21	-33	24
19.5.2010	13:22	-33	24
19.5.2010	13:23	-33	24
19.5.2010	13:24	-33	24
19.5.2010	13:25	-33	24
19.5.2010	13:26	-33	24
19.5.2010	13:27	-32,5	24,5
19.5.2010	13:28	-32,5	24,5
19.5.2010	13:29	-32,5	24,5
19.5.2010	13:30	-30,5	24,5
19.5.2010	13:31	-24,5	24,5
19.5.2010	13:32	-19	24,5

CLASSIC MINTTUSUKLAINEN 2-RIVIÄ

Tuote: Classic minttusuklainen

25.5.2010

Rivit (kpl)	Sis. jäätelön T (°C):	Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
2	-6,5		-27,6	-39	-39	-40	-36	-42	-42	18619	13.37-14.00
2	-6,3		-27,1	-39	-39,2	-40	-37	-45	-46	18616	13.43-14.06
2	-6,3		-27,1	-38	-38	-39	-36	-45	-45	18619	14.09-14.32
2	-6,2		-26,5	-38	-38	-38	-36	-42	-42	18616	14.13-14.36
2	-6		-26,4	-37	-36,8	-37	-34	-42	-42	18616	14.46-15.09
2	6		-26,6	-37	-37,4	-38	-35	-44	-44	18619	14.50-15.13
2	-6,2		-24,7	-36	-35,8	-36	-34	-41	-41	18616	15.18-15.41
2	-6,2		-24,4	-36	-36,6	-38	-34	-42	-42	18619	15.23-15.46
2	-6		-25,2	-35	-35,3	-36	-33	-39	-39	18616	15.53-16.16
2	-6		-25,1	-35	-35	-36	-33	-43	-44	18619	15.58-16.21
2	-6		-25,1	-34	-33,9	-34	-32	-38	-38	18616	16.25-16.48
2	-6		-25,2	-34	-34,8	-36	-33	-42	-42	18619	16.31-16.54

Muistiinpanoja:

Lisukkeen lämpötila 15,5 °C astetta. Ajettu 2 rivillä. Vispareiden lämpötilat: (vk10s1) -7,1 °C astetta ja (vk10s2) -6,9 °C astetta. Lämpötila koneen vieressä 20,5 °C astetta. Täysi läpimenoauhti. Asetuslämpötilassa -36 °C astetta peltiin jää jo hieman paloja. Hävikki kuitenkin vielä tässä vaiheessa hyväksyttävää. Ei kuitenkaan kannattavaa siirtyä korkeampaan lämpötilaan.

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-39	18616	18619
	Aika		
25.5.2010	13:37	22	22,5
25.5.2010	13:38	22	20
25.5.2010	13:39	22,5	12
25.5.2010	13:40	22,5	4
25.5.2010	13:41	22,5	-6
25.5.2010	13:42	22,5	-15,5
25.5.2010	13:43	23	-23
25.5.2010	13:44	21	-28
25.5.2010	13:45	14,5	-31
25.5.2010	13:46	5,5	-33
25.5.2010	13:47	-5	-35
25.5.2010	13:48	-14,5	-37
25.5.2010	13:49	-22,5	-37,5
25.5.2010	13:50	-27	-38,5
25.5.2010	13:51	-30,5	-38,5
25.5.2010	13:52	-32,5	-39
25.5.2010	13:53	-34,5	-38,5
25.5.2010	13:54	-36	-38,5
25.5.2010	13:55	-37	-38
25.5.2010	13:56	-37	-38
25.5.2010	13:57	-37	-37,5
25.5.2010	13:58	-37	-37
25.5.2010	13:59	-37	-36,5
25.5.2010	14:00	-37	-33
25.5.2010	14:01	-37,5	-27,5
25.5.2010	14:02	-37,5	-22
25.5.2010	14:03	-37,5	-17
25.5.2010	14:04	-37,5	-12,5
25.5.2010	14:05	-37,5	-8,5
25.5.2010	14:06	-35	-5
25.5.2010	14:07	-31	-4,5
25.5.2010	14:08	-25,5	-4

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-38	18616	18619
	Aika		
25.5.2010	14:09	-21	-2
25.5.2010	14:10	-16,5	-1
25.5.2010	14:11	-12	-4,5
25.5.2010	14:12	-8,5	-9,5
25.5.2010	14:13	-5	-15
25.5.2010	14:14	-5	-21,5
25.5.2010	14:15	-8	-26,5
25.5.2010	14:16	-13	-29,5
25.5.2010	14:17	-19,5	-31,5
25.5.2010	14:18	-25	-33
25.5.2010	14:19	-29,5	-34,5
25.5.2010	14:20	-32,5	-36,5
25.5.2010	14:21	-34	-38
25.5.2010	14:22	-35	-38,5
25.5.2010	14:23	-36,5	-38,5
25.5.2010	14:24	-37	-38,5
25.5.2010	14:25	-37,5	-38,5
25.5.2010	14:26	-37,5	-38
25.5.2010	14:27	-37,5	-37,5
25.5.2010	14:28	-37,5	-37,5
25.5.2010	14:29	-37	-37
25.5.2010	14:30	-37	-36,5
25.5.2010	14:31	-36,5	-36
25.5.2010	14:32	-36	-33
25.5.2010	14:33	-36	-27
25.5.2010	14:34	-36	-22
25.5.2010	14:35	-35,5	-17
25.5.2010	14:36	-32,5	-14
25.5.2010	14:37	-28	-13,5
25.5.2010	14:38	-23	-12,5

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-37	18616	18619
	Aika		
25.5.2010	14:45	-1,5	-2
25.5.2010	14:46	0,5	-1
25.5.2010	14:47	-1	1
25.5.2010	14:48	-5,5	3,5
25.5.2010	14:49	-11,5	5,5
25.5.2010	14:50	-18,5	7,5
25.5.2010	14:51	-24,5	6,5
25.5.2010	14:52	-29	1
25.5.2010	14:53	-31,5	-6
25.5.2010	14:54	-33	-13
25.5.2010	14:55	-34	-20
25.5.2010	14:56	-35	-25
25.5.2010	14:57	-35,5	-28,5
25.5.2010	14:58	-36	-30,5
25.5.2010	14:59	-36,5	-31,5
25.5.2010	15:00	-37	-33,5
25.5.2010	15:01	-37	-35
25.5.2010	15:02	-37	-36,5
25.5.2010	15:03	-37,5	-38
25.5.2010	15:04	-37,5	-38
25.5.2010	15:05	-37,5	-38
25.5.2010	15:06	-37	-38
25.5.2010	15:07	-37	-37,5
25.5.2010	15:08	-36	-37,5
25.5.2010	15:09	-32,5	-37
25.5.2010	15:10	-27	-36,5
25.5.2010	15:11	-21	-36,5
25.5.2010	15:12	-15	-36
25.5.2010	15:13	-11	-32,5
25.5.2010	15:14	-8,5	-27,5
25.5.2010	15:15	-6	-21,5

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-36	18616	18619
	Aika		
25.5.2010	15:17	-2	-13,5
25.5.2010	15:18	-0,5	-10,5
25.5.2010	15:19	-2,5	-7,5
25.5.2010	15:20	-7	-4,5
25.5.2010	15:21	-13	-2,5
25.5.2010	15:22	-19,5	-0,5
25.5.2010	15:23	-25	1,5
25.5.2010	15:24	-29	2,5
25.5.2010	15:25	-31	-1,5
25.5.2010	15:26	-32,5	-7,5
25.5.2010	15:27	-33,5	-13,5
25.5.2010	15:28	-34,5	-20
25.5.2010	15:29	-35,5	-25
25.5.2010	15:30	-35,5	-28
25.5.2010	15:31	-36	-30
25.5.2010	15:32	-36	-31,5
25.5.2010	15:33	-35,5	-32,5
25.5.2010	15:34	-35,5	-33,5
25.5.2010	15:35	-35,5	-34
25.5.2010	15:36	-35	-34,5
25.5.2010	15:37	-34,5	-34,5
25.5.2010	15:38	-34,5	-34,5
25.5.2010	15:39	-34	-34,5
25.5.2010	15:40	-33	-34,5
25.5.2010	15:41	-28	-34,5
25.5.2010	15:42	-22,5	-34
25.5.2010	15:43	-17	-34
25.5.2010	15:44	-11,5	-34
25.5.2010	15:45	-6	-34
25.5.2010	15:46	-2,5	-32,5
25.5.2010	15:47	-0,5	-27,5
25.5.2010	15:48	1	-22,5

Kiertoantureiden kahden rivin mittau tulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-35	18616	18619
	Aika		
25.5.2010	15:53	4	-5
25.5.2010	15:54	2	-2,5
25.5.2010	15:55	-2	-0,5
25.5.2010	15:56	-8	1,5
25.5.2010	15:57	-15	3,5
25.5.2010	15:58	-21	5
25.5.2010	15:59	-25,5	2,5
25.5.2010	16:00	-28,5	-3
25.5.2010	16:01	-31	-9
25.5.2010	16:02	-32,5	-16
25.5.2010	16:03	-34	-22,5
25.5.2010	16:04	-35	-26,5
25.5.2010	16:05	-35,5	-29,5
25.5.2010	16:06	-36	-31
25.5.2010	16:07	-36	-32
25.5.2010	16:08	-36	-33
25.5.2010	16:09	-35,5	-34
25.5.2010	16:10	-35,5	-34,5
25.5.2010	16:11	-35	-35
25.5.2010	16:12	-35	-35
25.5.2010	16:13	-34,5	-35
25.5.2010	16:14	-34,5	-34,5
25.5.2010	16:15	-34	-34,5
25.5.2010	16:16	-30	-34,5
25.5.2010	16:17	-24,5	-34
25.5.2010	16:18	-18,5	-34
25.5.2010	16:19	-13	-33,5
25.5.2010	16:20	-7,5	-33,5
25.5.2010	16:21	-5	-29
25.5.2010	16:22	-2,5	-23

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-34	18616	18619
	Aika		
25.5.2010	16:25	0,5	-11
25.5.2010	16:26	-0,5	-7,5
25.5.2010	16:27	-4	-4,5
25.5.2010	16:28	-9	-2,5
25.5.2010	16:29	-15,5	-0,5
25.5.2010	16:30	-21,5	2
25.5.2010	16:31	-26	3,5
25.5.2010	16:32	-29	-0,5
25.5.2010	16:33	-30,5	-6
25.5.2010	16:34	-32	-12
25.5.2010	16:35	-33	-18,5
25.5.2010	16:36	-33,5	-23,5
25.5.2010	16:37	-34,5	-27
25.5.2010	16:38	-34,5	-29
25.5.2010	16:39	-34,5	-30
25.5.2010	16:40	-34,5	-31
25.5.2010	16:41	-34,5	-32,5
25.5.2010	16:42	-34,5	-33
25.5.2010	16:43	-34	-33,5
25.5.2010	16:44	-34	-34
25.5.2010	16:45	-33,5	-34
25.5.2010	16:46	-33,5	-34
25.5.2010	16:47	-33	-33,5
25.5.2010	16:48	-30	-33,5
25.5.2010	16:49	-25	-33,5
25.5.2010	16:50	-19	-33,5
25.5.2010	16:51	-13,5	-33,5
25.5.2010	16:52	-8	-33,5
25.5.2010	16:53	-4	-32,5
25.5.2010	16:54	-2	-27,5
25.5.2010	16:55	0,5	-22,5

CLASSIC VALKOSUKLAA-VADELMA 1-RIVI

Tuote: Classic valkosuklaa-vadelma

14.6.2010

Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
1	-5,5	-27,4	-36	-36,6	-38	?	?	?	18617	13.52-14.15
1	-5,4	-28,6	-36	-36,6	-38	?	?	?	18619	13.56-14.19
1	-5,4	-26,8	-35	-35	-38	-34	-37	-38	18619	15.14-15.37
1	-5,6	-26,7	-35	-34,7	-35	-34	-37	-38	18617	15.17-15.40

Muistiinpanoja:

Lämpötila nousi -34,7 °C asteeseen (tunnelin uuden mittarin mukaan) jäi peltiin kiinni jo rajusti. Paljon hävikkiä. Visparin lämpötila (vk10s2) -6,5 °C astetta. Hillon lämpötila 8,5 °C astetta. Lämpötila tehtaalla koneen vieressä 21 °C astetta. Unohtui merkitä ensimmäisten kahden mittauksen arvoja. Unohtuneet merkitty kysymysmerkillä.

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-36		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
14.6.2010	13:49	23	22,5		
14.6.2010	13:50	15	22,5		
14.6.2010	13:51	6	22,5		
14.6.2010	13:52	-4	22,5		
14.6.2010	13:53	-14	21,5		
14.6.2010	13:54	-22	13		
14.6.2010	13:55	-27	3,5		
14.6.2010	13:56	-29,5	-6,5		
14.6.2010	13:57	-31,5	-16,5		
14.6.2010	13:58	-32,5	-23,5		
14.6.2010	13:59	-34	-28		
14.6.2010	14:00	-35	-30,5		
14.6.2010	14:01	-35,5	-32		
14.6.2010	14:02	-36	-33,5		
14.6.2010	14:03	-36	-34,5		
14.6.2010	14:04	-36	-35,5		
14.6.2010	14:05	-36	-36		
14.6.2010	14:06	-36	-36,5		
14.6.2010	14:07	-36	-36,5		
14.6.2010	14:08	-35,5	-36,5		
14.6.2010	14:09	-35,5	-36,5		
14.6.2010	14:10	-35,5	-36,5		
14.6.2010	14:11	-34	-36,5		
14.6.2010	14:12	-29	-36		
14.6.2010	14:13	-23,5	-36		
14.6.2010	14:14	-19	-36		
14.6.2010	14:15	-15	-33,5		
14.6.2010	14:16	-11	-28,5		
14.6.2010	14:17	-9	-22		
14.6.2010	14:18	-9	-17,5		

Asetuslämpötila (°C)		-35		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
14.6.2010	15:11	21	21,5		
14.6.2010	15:12	21,5	15		
14.6.2010	15:13	21,5	6,5		
14.6.2010	15:14	21,5	-2,5		
14.6.2010	15:15	14,5	-12,5		
14.6.2010	15:16	6	-20		
14.6.2010	15:17	-3	-25		
14.6.2010	15:18	-12,5	-27,5		
14.6.2010	15:19	-20	-29,5		
14.6.2010	15:20	-24,5	-30,5		
14.6.2010	15:21	-27	-31,5		
14.6.2010	15:22	-28,5	-32,5		
14.6.2010	15:23	-29,5	-33		
14.6.2010	15:24	-31	-33,5		
14.6.2010	15:25	-32	-33,5		
14.6.2010	15:26	-32,5	-33,5		
14.6.2010	15:27	-33	-33,5		
14.6.2010	15:28	-33,5	-33,5		
14.6.2010	15:29	-33,5	-33,5		
14.6.2010	15:30	-33,5	-34		
14.6.2010	15:31	-34	-34		
14.6.2010	15:32	-34,5	-34,5		
14.6.2010	15:33	-34,5	-34		
14.6.2010	15:34	-35	-28,5		
14.6.2010	15:35	-35	-23,5		
14.6.2010	15:36	-33,5	-19,5		
14.6.2010	15:37	-28	-16		
14.6.2010	15:38	-21,5	-14		
14.6.2010	15:39	-16,5	-13		
14.6.2010	15:40	-12,5	-11		

CLASSIC VALKOSUKLAA-SALMIAKKI 1-RIVI

Tuote: Classic valkosuklaa-salmiakki

13.8.2010

Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
1	-5,8	-27,4	-35	-36,7	-38	-35	-40	-39	18616	14.02-14.24
1	-5,7	-27,6	-35	-36,7	-38	-35	-40	-39	18619	14.05-14.28

Muistiinpanoja:

Yksi vispari (vk10s2) lämpötila -6,6 °C astetta. Ongelmia linjalla. Tunneli tyhjä kun anturit ja tavara alkoi mennä sisään. Tämän jälkeen tikuttaja hajosi ja pitkä ajoon tauko. Mittaus keskeytettiin. Kellonaika merkitty eri kellosta kun aikaisemmin.

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-35		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18616	18619		
13.8.2010	13:58	22	27		
13.8.2010	13:59	15	27		
13.8.2010	14:00	6,5	26		
13.8.2010	14:01	-2,5	20		
13.8.2010	14:02	-11,5	11,5		
13.8.2010	14:03	-18	2		
13.8.2010	14:04	-22,5	-9		
13.8.2010	14:05	-26	-17,5		
13.8.2010	14:06	-28,5	-23		
13.8.2010	14:07	-31	-26,5		
13.8.2010	14:08	-32,5	-29		
13.8.2010	14:09	-34	-31		
13.8.2010	14:10	-34,5	-33		
13.8.2010	14:11	-35	-34		
13.8.2010	14:12	-35,5	-35		
13.8.2010	14:13	-35,5	-35,5		
13.8.2010	14:14	-35,5	-36		
13.8.2010	14:15	-35,5	-36		
13.8.2010	14:16	-35,5	-36		
13.8.2010	14:17	-35,5	-36		
13.8.2010	14:18	-35,5	-36		
13.8.2010	14:19	-35	-36		
13.8.2010	14:20	-31,5	-36		
13.8.2010	14:21	-27	-35,5		
13.8.2010	14:22	-22,5	-34		
13.8.2010	14:23	-18,5	-29,5		
13.8.2010	14:24	-13,5	-25,5		
13.8.2010	14:25	-10	-22		

DUMLE IC SNACKS 2-RIVIÄ

Tuote: Dumle IC snacks

26.5.2010

Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
2	-5,6	-28,6	-39	-38,9	-39	-36	-42	-43	18619	13.14-13.37
2	-5,7	-27,7	-39	-38,7	-39	-35	-44	-44	18616	13.23-13.46
2	-5,6	-27,8	-38	-38,2	-38	-35	-41	-42	18619	13.51-14.14
2	-5,8	-27,4	-38	-37,7	-38	-35	-43	-43	18616	13.56-14.19
2	-5,6	-27,7	-37	-37	-38	-34	-43	-43	18616	14.39-15.02
2	-5,4	-27,8	-37	-37,4	-38	-34	-41	-41	18619	14.45-15.09
2	-5,2	-30,4	-36	-36,4	-37	-33	-41	-41	18616	15.15-n.15.49
2	-5,3	-27	-36	-37,1	-37	-35	-42	-42	18619	15.45-16.08
2	-5,5	-26	-35	-35,7	-36	-33	-40	-40	18616	16.15-16.38
2	-5,6	-26,2	-35	-35,2	-35	-32	-39	-39	18619	16.22-16.45
2	-5,6	-26,7	-34	-35	-35	-32	-39	-39	18616	16.47-17.10
2	-10	-26,5	-34	-34,1	34	-32	-38	-38	18619	16.54-17.17

Muistiinpanoja:

Vispareiden lämpötilat (vk10s1) -6,5 °C astetta ja (vk10s2) -6,5 °C astetta. Täyteen lämpötila pinnalta 17,7 °C astetta . Oltaessa -35 °C asteen asetuslämpötilassa pelti nousee hieman tuotteen mukana nostimessa (pick ´n place). Siirryttiin vielä -34 °C asteen asetuslämpötilaan mutta lämpimämmäksi tuskin kannattaa tuotteen laadun hyvänä säilymisen varmistamiseksi. Tuote tahmeampi kuin aikaisemmat. Ilmeisesti täyteen takia. Peltien hyppimisestä voi seurata koneeseen häiriö tai jopa koneen rikkoutuminen. Mikäli pelti menee leikkurille/annostelijalle vinossa(puolittain ylös nousseena paikaltaan). Haastattelussa koneenhoitaja Viljami Mäkelä sanoi, että näin oli käynyt aiemmin. Seurauksena tunnelin ketju oli katkennyt, leikkuri/annostelija vääntynyt n.20 cm oikealle yms isoja vahinkoja tullut. Näin ollen tunnelin lämpöä pitää tarkkailla suhteessa ajoon. Klo 15.15-15.49 välisenä aikana linjalla ongelmia. Tunnelissa tyhjää 13 minuutin verran.

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-39	18616	18619
	Aika		
26.5.2010	13:13	23	23
26.5.2010	13:14	23	23,5
26.5.2010	13:15	23,5	19
26.5.2010	13:16	23,5	11
26.5.2010	13:17	23,5	0
26.5.2010	13:18	23,5	-11,5
26.5.2010	13:19	23,5	-21
26.5.2010	13:20	24	-27,5
26.5.2010	13:21	24	-31
26.5.2010	13:22	24	-33
26.5.2010	13:23	23,5	-34
26.5.2010	13:24	17	-35,5
26.5.2010	13:25	8	-37
26.5.2010	13:26	-2	-37,5
26.5.2010	13:27	-12,5	-38,5
26.5.2010	13:28	-21	-38,5
26.5.2010	13:29	-27	-38,5
26.5.2010	13:30	-30,5	-38,5
26.5.2010	13:31	-33	-38,5
26.5.2010	13:32	-35	-39
26.5.2010	13:33	-36,5	-38,5
26.5.2010	13:34	-38	-38,5
26.5.2010	13:35	-38,5	-38,5
26.5.2010	13:36	-38,5	-38
26.5.2010	13:37	-38,5	-33
26.5.2010	13:38	-38,5	-27
26.5.2010	13:39	-38	-21,5
26.5.2010	13:40	-38	-16
26.5.2010	13:41	-37,5	-10,5
26.5.2010	13:42	-37	-6
26.5.2010	13:43	-37	-2
26.5.2010	13:44	-36,5	1,5
26.5.2010	13:45	-35	4,5
26.5.2010	13:46	-29,5	7
26.5.2010	13:47	-25	8
26.5.2010	13:48	-20,5	9

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-38	18616	18619
	Aika		
26.5.2010	13:50	-11,5	10,5
26.5.2010	13:51	-8	11,5
26.5.2010	13:52	-5	11
26.5.2010	13:53	-2,5	5
26.5.2010	13:54	-0,5	-3
26.5.2010	13:55	1,5	-11,5
26.5.2010	13:56	2,5	-19,5
26.5.2010	13:57	-2	-26
26.5.2010	13:58	-8,5	-29,5
26.5.2010	13:59	-15,5	-32
26.5.2010	14:00	-22,5	-33,5
26.5.2010	14:01	-27,5	-35
26.5.2010	14:02	-31	-36,5
26.5.2010	14:03	-33	-38
26.5.2010	14:04	-34,5	-38,5
26.5.2010	14:05	-35,5	-38,5
26.5.2010	14:06	-36,5	-38
26.5.2010	14:07	-37	-38
26.5.2010	14:08	-37	-37,5
26.5.2010	14:09	-37	-37,5
26.5.2010	14:10	-37	-37
26.5.2010	14:11	-37	-36,5
26.5.2010	14:12	-37	-36,5
26.5.2010	14:13	-36,5	-36
26.5.2010	14:14	-36,5	-33
26.5.2010	14:15	-36	-27,5
26.5.2010	14:16	-35,5	-22
26.5.2010	14:17	-35,5	-17,5
26.5.2010	14:18	-33,5	-13
26.5.2010	14:19	-28	-9
26.5.2010	14:20	-23,5	-6
26.5.2010	14:21	-19	-3

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-37	18616	18619
	Aika		
26.5.2010	14:38	12	10
26.5.2010	14:39	12,5	11
26.5.2010	14:40	13,5	11,5
26.5.2010	14:41	11	12,5
26.5.2010	14:42	4,5	13
26.5.2010	14:43	-4	14
26.5.2010	14:44	-12,5	14,5
26.5.2010	14:45	-20,5	15
26.5.2010	14:46	-26	15,5
26.5.2010	14:47	-29	12,5
26.5.2010	14:48	-31,5	5,5
26.5.2010	14:49	-32,5	-3,5
26.5.2010	14:50	-34	-12,5
26.5.2010	14:51	-34,5	-20,5
26.5.2010	14:52	-35,5	-26
26.5.2010	14:53	-35,5	-29
26.5.2010	14:54	-35,5	-30,5
26.5.2010	14:55	-35,5	-32
26.5.2010	14:56	-35,5	-33
26.5.2010	14:57	-35	-34
26.5.2010	14:58	-35	-34,5
26.5.2010	14:59	-35	-35
26.5.2010	15:00	-35	-36
26.5.2010	15:01	-35	-36
26.5.2010	15:02	-35	-36,5
26.5.2010	15:03	-32	-36,5
26.5.2010	15:04	-27	-36
26.5.2010	15:05	-22,5	-36
26.5.2010	15:06	-18	-35,5
26.5.2010	15:07	-14	-35,5
26.5.2010	15:08	-11	-35
26.5.2010	15:09	-11	-31,5
26.5.2010	15:10	-11,5	-26
26.5.2010	15:11	-10,5	-20,5

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-36	18616	18619
	Aika		
26.5.2010	15:14	-7	-9,5
26.5.2010	15:15	-5	-6,5
26.5.2010	15:16	-8	-3,5
26.5.2010	15:17	-12,5	-1,5
26.5.2010	15:18	-17,5	0,5
26.5.2010	15:19	-22,5	2,5
26.5.2010	15:20	-26,5	4
26.5.2010	15:21	-29,5	6
26.5.2010	15:22	-30	7,5
26.5.2010	15:23	-30,5	9
26.5.2010	15:24	-31	10
26.5.2010	15:25	-31	11
26.5.2010	15:26	-31,5	12
26.5.2010	15:27	-31,5	13
26.5.2010	15:28	-31,5	13,5
26.5.2010	15:29	-31,5	14,5
26.5.2010	15:30	-31,5	15
26.5.2010	15:31	-31,5	15,5
26.5.2010	15:32	-31,5	16
26.5.2010	15:33	-31,5	16,5
26.5.2010	15:34	-31,5	17
26.5.2010	15:35	-31,5	17,5
26.5.2010	15:36	-31,5	17,5
26.5.2010	15:37	-32,5	18
26.5.2010	15:38	-35	18,5
26.5.2010	15:39	-37	18,5
26.5.2010	15:40	-38,5	19
26.5.2010	15:41	-39	19
26.5.2010	15:42	-38,5	19,5
26.5.2010	15:43	-38,5	19,5
26.5.2010	15:44	-38,5	20
26.5.2010	15:45	-38	19
26.5.2010	15:46	-37,5	11
26.5.2010	15:47	-37,5	2,5
26.5.2010	15:48	-37	-7,5
26.5.2010	15:49	-36,5	-17,5
26.5.2010	15:50	-31,5	-24,5
26.5.2010	15:51	-26	-29
26.5.2010	15:52	-21,5	-31
26.5.2010	15:53	-16,5	-32,5
26.5.2010	15:54	-12,5	-33,5
26.5.2010	15:55	-9,5	-34,5
26.5.2010	15:56	-6,5	-35
26.5.2010	15:57	-3,5	-35,5
26.5.2010	15:58	-1,5	-35,5
26.5.2010	15:59	1	-35,5
26.5.2010	16:00	3	-35
26.5.2010	16:01	5	-35
26.5.2010	16:02	6,5	-35
26.5.2010	16:03	8	-34,5
26.5.2010	16:04	9	-34,5
26.5.2010	16:05	10,5	-34
26.5.2010	16:06	11,5	-34
26.5.2010	16:07	12,5	-32
26.5.2010	16:08	13	-26,5
26.5.2010	16:09	14	-21,5

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Jäätelön karkaisutunnelin lämpötilojen optimointi

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-35	18616	18619
	Aika		
26.5.2010	16:14	16,5	-2,5
26.5.2010	16:15	15,5	-0,5
26.5.2010	16:16	9	2
26.5.2010	16:17	1	4
26.5.2010	16:18	-7,5	5,5
26.5.2010	16:19	-15,5	7
26.5.2010	16:20	-22	8,5
26.5.2010	16:21	-26	9,5
26.5.2010	16:22	-28,5	8,5
26.5.2010	16:23	-30	2,5
26.5.2010	16:24	-31	-5
26.5.2010	16:25	-32,5	-12,5
26.5.2010	16:26	-33	-19,5
26.5.2010	16:27	-33,5	-24,5
26.5.2010	16:28	-34	-27,5
26.5.2010	16:29	-34	-29,5
26.5.2010	16:30	-34	-30,5
26.5.2010	16:31	-33,5	-31,5
26.5.2010	16:32	-33,5	-32
26.5.2010	16:33	-33,5	-33
26.5.2010	16:34	-33	-33
26.5.2010	16:35	-33	-33,5
26.5.2010	16:36	-32,5	-33,5
26.5.2010	16:37	-31	-33,5
26.5.2010	16:38	-26	-34
26.5.2010	16:39	-21,5	-34,5
26.5.2010	16:40	-17,5	-34,5
26.5.2010	16:41	-13,5	-34,5
26.5.2010	16:42	-10	-34,5
26.5.2010	16:43	-7	-34
26.5.2010	16:44	-5	-31
26.5.2010	16:45	-4	-25,5
26.5.2010	16:46	-3	-20,5

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-34	18616	18619
	Aika		
26.5.2010	16:46	-3	-20,5
26.5.2010	16:47	-4	-15
26.5.2010	16:48	-8,5	-11
26.5.2010	16:49	-13,5	-7,5
26.5.2010	16:50	-19	-4,5
26.5.2010	16:51	-24	-2
26.5.2010	16:52	-27,5	0,5
26.5.2010	16:53	-29	2,5
26.5.2010	16:54	-30,5	4,5
26.5.2010	16:55	-31	2,5
26.5.2010	16:56	-32	-3
26.5.2010	16:57	-32,5	-9,5
26.5.2010	16:58	-33	-16,5
26.5.2010	16:59	-33,5	-22,5
26.5.2010	17:00	-33,5	-26,5
26.5.2010	17:01	-33,5	-28,5
26.5.2010	17:02	-34	-30
26.5.2010	17:03	-34	-31
26.5.2010	17:04	-34,5	-33
26.5.2010	17:05	-34,5	-34
26.5.2010	17:06	-34,5	-35
26.5.2010	17:07	-34,5	-35
26.5.2010	17:08	-34	-35,5
26.5.2010	17:09	-30	-35
26.5.2010	17:10	-25	-35
26.5.2010	17:11	-20,5	-34,5
26.5.2010	17:12	-16	-34,5
26.5.2010	17:13	-12	-34
26.5.2010	17:14	-8,5	-34
26.5.2010	17:15	-5,5	-34
26.5.2010	17:16	-3,5	-33,5
26.5.2010	17:17	-3,5	-28,5
26.5.2010	17:18	-3,5	-23,5
26.5.2010	17:19	-3,5	-18

OMA MANSIKKA 1-RIVI:

Tuote: Oma mansikka

24.6.2010

Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Olos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
1	-6,3	-28,8	-38	-38,4	-39	-36	-41	-40	18619	12.10-12.32
1	-6,1	-28,4	-38	-37,9	-38	-36	-40	-40	18617	12.15-12.37
1	-6,2	-28	-37	-37,1	-38	-35	-40	39	18619	12.42-13.05
1	-6,1	-27,7	-37	-36,8	-37	-35	-42	-43	18617	12.45-12.07
1	-6,2	-26,1	-36	-36,4	-37	-34	-39	-40	18619	13.10-13.32
1	-6,3	-26,1	-36	-36,3	-37	-34	-39	-40	18617	13.11-13.33

Muistiinpanoja:

Jo siirtymisen aikana -36 °C asteen lämpötilaan alkoi tuotteesta irtoilla paloja. Hävikki -36 °C asteen reaalilämpötilan aikana liian suurta. Puolikkaita jäätelöitä yms. Täytteen lämpötila 14,6 °C astetta. Visparin (vk10s1) lämpötila -7 °C astetta. Lämpötila koneen vieressä 21 °C astetta.

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-38	18617	18619
	Aika		
24.6.2010	12:06	24	23,5
24.6.2010	12:07	24	16,5
24.6.2010	12:08	23,5	7,5
24.6.2010	12:09	23,5	-2,5
24.6.2010	12:10	23,5	-13,5
24.6.2010	12:11	19,5	-22
24.6.2010	12:12	11	-27
24.6.2010	12:13	2	-30
24.6.2010	12:14	-8,5	-32
24.6.2010	12:15	-18	-33,5
24.6.2010	12:16	-24,5	-35,5
24.6.2010	12:17	-28,5	-36,5
24.6.2010	12:18	-31	-37,5
24.6.2010	12:19	-32,5	-38
24.6.2010	12:20	-34	-38
24.6.2010	12:21	-35,5	-38
24.6.2010	12:22	-36	-37,5
24.6.2010	12:23	-36,5	-37,5
24.6.2010	12:24	-36,5	-37,5
24.6.2010	12:25	-37	-37
24.6.2010	12:26	-37	-37
24.6.2010	12:27	-37,5	-37
24.6.2010	12:28	-37	-36
24.6.2010	12:29	-37	-30,5
24.6.2010	12:30	-37	-24,5
24.6.2010	12:31	-37	-20
24.6.2010	12:32	-36,5	-15,5
24.6.2010	12:33	-32	-12
24.6.2010	12:34	-26	-11,5

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-37	18617	18619
	Aika		
24.6.2010	12:35	-20,5	-11,5
24.6.2010	12:36	-16	-10,5
24.6.2010	12:37	-12	-9,5
24.6.2010	12:38	-9	-8,5
24.6.2010	12:39	-5,5	-12
24.6.2010	12:40	-3	-16,5
24.6.2010	12:41	-3,5	-21,5
24.6.2010	12:42	-8,5	-26,5
24.6.2010	12:43	-13,5	-30
24.6.2010	12:44	-20	-32,5
24.6.2010	12:45	-25,5	-33,5
24.6.2010	12:46	-29,5	-34,5
24.6.2010	12:47	-31,5	-35,5
24.6.2010	12:48	-32,5	-36
24.6.2010	12:49	-33,5	-36
24.6.2010	12:50	-34	-36,5
24.6.2010	12:51	-34,5	-36,5
24.6.2010	12:52	-35	-36,5
24.6.2010	12:53	-35,5	-36,5
24.6.2010	12:54	-35,5	-36
24.6.2010	12:55	-35,5	-36
24.6.2010	12:56	-35,5	-36
24.6.2010	12:57	-35,5	-35,5
24.6.2010	12:58	-35	-35,5
24.6.2010	12:59	-35	-35
24.6.2010	13:00	-34,5	-31,5
24.6.2010	13:01	-34,5	-25
24.6.2010	13:02	-34,5	-18,5
24.6.2010	13:03	-29,5	-14
24.6.2010	13:04	-24,5	-10,5
24.6.2010	13:05	-19,5	-7

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-36		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
24.6.2010	13:06	-15	-3		
24.6.2010	13:07	-15	-4,5		
24.6.2010	13:08	-18	-9,5		
24.6.2010	13:09	-21	-15		
24.6.2010	13:10	-25	-21,5		
24.6.2010	13:11	-28,5	-26,5		
24.6.2010	13:12	-30,5	-29,5		
24.6.2010	13:13	-32	-31		
24.6.2010	13:14	-33	-32,5		
24.6.2010	13:15	-34	-33,5		
24.6.2010	13:16	-35	-35		
24.6.2010	13:17	-35,5	-36		
24.6.2010	13:18	-36	-36,5		
24.6.2010	13:19	-36,5	-37		
24.6.2010	13:20	-36,5	-37		
24.6.2010	13:21	-36,5	-37		
24.6.2010	13:22	-36	-37		
24.6.2010	13:23	-36	-36,5		
24.6.2010	13:24	-35,5	-36,5		
24.6.2010	13:25	-35,5	-36		
24.6.2010	13:26	-35	-36		
24.6.2010	13:27	-35	-35,5		
24.6.2010	13:28	-34	-35		
24.6.2010	13:29	-29	-30		
24.6.2010	13:30	-23,5	-24,5		
24.6.2010	13:31	-19	-20		

OMA MANSIKKA 2-RIVIÄ:

Tuote: OMA mansikka

17.5.2010

Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tule- van jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
2	-5,7	-29,7	-39	-39,2	-40	-36	-44	-44	18617	14.19-14.42
2	-5,8	-27,5	-39	-38,8	-39	-36	-44	-44	18619	14.24-14.47
2	-5,7	-28,4	-38	-38,9	-40	-37	-42	-43	18619	16.03-16.25
2	-6,2	-27,1	-38	-37,9	-38	-35	-42	-43	18617	16.12-16.35
2	-6,5	-27,4	-37	-36,9	-38	-34	-44	-44	18619	16.41-17.04
2	-6,2	-27,7	-37	-36,8	-37	-34	-42	-43	18617	16.52-17.15
2	-5,8	30,7	-36	-36,3	-36	-34	-40	-41	18617	17.21-18.20
2	-6,3	-26,9	-36	-37	-38	-35	-41	-41	18617	18.26-18.49
2	-6	-28	-36	-35,9	-36	-34	-40	41	18619	18.35-18.59
2	-5,6	-27	-35	-35,5	-36	-33	-39	-39	18617	19.09-19.56
2	-5,7	-27,7	-35	-34,8	-36	-33	-42	-43	18619	19.54-20.21

Muistiinpanoja:

Ongelmia ajon aikana paljon. Taukoja mittauksen aikana -36 °C asteen ja -35 °C asteen asetuslämpötilojen aikana yhteensä noin 1 h 26 min. Tunnelissa tyhjä jokaisen tauon aiheuttamana. Vispareiden lämpötilat -6,4 °C astetta ja -6,6 °C astetta. Lisukkeen lämpötila +7,8 °C astetta. Huom! Ulkona erittäin lämmin päivä (n. 27 °C astetta). Koneen vieressä lämpötila 24,2 °C astetta. Kun ollaan -35 °C asteen pyyntilämpötilassa irtoaa tuote vielä pellistä vasaran säädön ansiosta. Onko vasaran ajoituksella yms. Säädöllä enemmän merkitystä kuin tunnelin lämpötilalla? Vasaran iskuasetusaika 1 sekunti.

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-39	18617	18619
	Aika		
17.5.2010	14:18	25	23
17.5.2010	14:19	25	23
17.5.2010	14:20	24	22,5
17.5.2010	14:21	14	22,5
17.5.2010	14:22	2,5	22
17.5.2010	14:23	-10	22
17.5.2010	14:24	-21	22
17.5.2010	14:25	-28	22
17.5.2010	14:26	-32	21,5
17.5.2010	14:27	-34	14
17.5.2010	14:28	-35	5
17.5.2010	14:29	-36	-5,5
17.5.2010	14:30	-37,5	-16,5
17.5.2010	14:31	-38,5	-24,5
17.5.2010	14:32	-39	-29,5
17.5.2010	14:33	-39	-32,5
17.5.2010	14:34	-39	-34
17.5.2010	14:35	-38,5	-35,5
17.5.2010	14:36	-38	-36,5
17.5.2010	14:37	-38	-37,5
17.5.2010	14:38	-38	-38,5
17.5.2010	14:39	-37,5	-39
17.5.2010	14:40	-37,5	-39,5
17.5.2010	14:41	-37,5	-39,5
17.5.2010	14:42	-35	-39
17.5.2010	14:43	-26	-39
17.5.2010	14:44	-19	-39
17.5.2010	14:45	-12,5	-38,5
17.5.2010	14:46	-7	-38,5
17.5.2010	14:47	-2,5	-38
17.5.2010	14:48	1	-36
17.5.2010	14:49	4,5	-33

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-38	18617	18619
	Aika		
17.5.2010	16:03	21	22,5
17.5.2010	16:04	21	22,5
17.5.2010	16:05	17,5	17
17.5.2010	16:06	14	8
17.5.2010	16:07	13	-1
17.5.2010	16:08	14	-13
17.5.2010	16:09	15,5	-22
17.5.2010	16:10	16	-27,5
17.5.2010	16:11	17	-30,5
17.5.2010	16:12	17,5	-32
17.5.2010	16:13	18	-33,5
17.5.2010	16:14	12	-35
17.5.2010	16:15	2,5	-36
17.5.2010	16:16	-8	-37,5
17.5.2010	16:17	-19,5	-38,5
17.5.2010	16:18	-27,5	-39
17.5.2010	16:19	-32	-39
17.5.2010	16:20	-33,5	-38,5
17.5.2010	16:21	-34,5	-38,5
17.5.2010	16:22	-35	-38
17.5.2010	16:23	-35,5	-37,5
17.5.2010	16:24	-36	-37
17.5.2010	16:25	-37	-37
17.5.2010	16:26	-38	-36
17.5.2010	16:27	-38,5	-30
17.5.2010	16:28	-38,5	-24
17.5.2010	16:29	-38,5	-18,5
17.5.2010	16:30	-38	-13,5
17.5.2010	16:31	-38	-9
17.5.2010	16:32	-37,5	-5,5
17.5.2010	16:33	-37	-2
17.5.2010	16:34	-36,5	0,5
17.5.2010	16:35	-35,5	3
17.5.2010	16:36	-28	1,5
17.5.2010	16:37	-21	-0,5

Kiertoantureiden kahden rivin mittau tulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-37		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
17.5.2010	16:40	-4,5	0,5		
17.5.2010	16:41	-1	0,5		
17.5.2010	16:42	2	1		
17.5.2010	16:43	3,5	-2,5		
17.5.2010	16:44	4,5	-8,5		
17.5.2010	16:45	6	-15		
17.5.2010	16:46	8	-22,5		
17.5.2010	16:47	9,5	-28		
17.5.2010	16:48	10,5	-31,5		
17.5.2010	16:49	12	-33		
17.5.2010	16:50	12,5	-34		
17.5.2010	16:51	13,5	-34,5		
17.5.2010	16:52	14	-35,5		
17.5.2010	16:53	15	-36		
17.5.2010	16:54	13	-36		
17.5.2010	16:55	3,5	-36,5		
17.5.2010	16:56	-6	-37		
17.5.2010	16:57	-16,5	-37		
17.5.2010	16:58	-25	-37,5		
17.5.2010	16:59	-30,5	-37,5		
17.5.2010	17:00	-33	-37,5		
17.5.2010	17:01	-34	-37		
17.5.2010	17:02	-35	-37		
17.5.2010	17:03	-35,5	-36,5		
17.5.2010	17:04	-35,5	-34,5		
17.5.2010	17:05	-36	-28,5		
17.5.2010	17:06	-36	-22,5		
17.5.2010	17:07	-35,5	-16,5		
17.5.2010	17:08	-35,5	-12,5		
17.5.2010	17:09	-36	-8,5		
17.5.2010	17:10	-36	-5		
17.5.2010	17:11	-36,5	-2		
17.5.2010	17:12	-36,5	0		
17.5.2010	17:13	-36,5	2		
17.5.2010	17:14	-36,5	4		
17.5.2010	17:15	-36	6		
17.5.2010	17:16	-32	7,5		
17.5.2010	17:17	-24,5	9		

Asetuslämpötila (°C)		-36		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619		
17.5.2010	18:26	24,5	-23,5		
17.5.2010	18:27	24,5	-18		
17.5.2010	18:28	17	-14		
17.5.2010	18:29	6	-10		
17.5.2010	18:30	-4,5	-6,5		
17.5.2010	18:31	-17	-3,5		
17.5.2010	18:32	-25	-1		
17.5.2010	18:33	-29,5	1,5		
17.5.2010	18:34	-31,5	3,5		
17.5.2010	18:35	-32,5	5,5		
17.5.2010	18:36	-33	7,5		
17.5.2010	18:37	-33,5	7,5		
17.5.2010	18:38	-34	2		
17.5.2010	18:39	-35	-5		
17.5.2010	18:40	-35,5	-13		
17.5.2010	18:41	-36,5	-21		
17.5.2010	18:42	-36,5	-26,5		
17.5.2010	18:43	-36,5	-30		
17.5.2010	18:44	-36	-31,5		
17.5.2010	18:45	-36	-32,5		
17.5.2010	18:46	-35,5	-33,5		
17.5.2010	18:47	-35	-34,5		
17.5.2010	18:48	-34,5	-35		
17.5.2010	18:49	-33,5	-35		
17.5.2010	18:50	-26	-35,5		
17.5.2010	18:51	-19	-36		
17.5.2010	18:52	-13,5	-36		
17.5.2010	18:53	-7,5	-36		
17.5.2010	18:54	-2,5	-36		
17.5.2010	18:55	0	-36		
17.5.2010	18:56	2,5	-36		
17.5.2010	18:57	4,5	-35,5		
17.5.2010	18:58	6,5	-35,5		
17.5.2010	18:59	8	-32		
17.5.2010	19:00	9,5	-25,5		
17.5.2010	19:01	11	-19,5		

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-37		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619	18617	18619
17.5.2010	19:08	16	2,5		
17.5.2010	19:09	16	4		
17.5.2010	19:10	16,5	6		
17.5.2010	19:11	14	7,5		
17.5.2010	19:12	4,5	8,5		
17.5.2010	19:13	-3	8,5		
17.5.2010	19:14	-6,5	8,5		
17.5.2010	19:15	-9,5	10		
17.5.2010	19:16	-12	11		
17.5.2010	19:17	-14	12		
17.5.2010	19:18	-15,5	12,5		
17.5.2010	19:19	-17,5	13,5		
17.5.2010	19:20	-18,5	14		
17.5.2010	19:21	-20	14,5		
17.5.2010	19:22	-21	15		
17.5.2010	19:23	-22	15,5		
17.5.2010	19:24	-23	16		
17.5.2010	19:25	-23,5	16,5		
17.5.2010	19:26	-24,5	16,5		
17.5.2010	19:27	-25	17		
17.5.2010	19:28	-25,5	17,5		
17.5.2010	19:29	-26	17,5		
17.5.2010	19:30	-26,5	18		
17.5.2010	19:31	-27	18		
17.5.2010	19:32	-27,5	18,5		
17.5.2010	19:33	-27,5	18,5		
17.5.2010	19:34	-28	18,5		
17.5.2010	19:35	-28,5	19		
17.5.2010	19:36	-28,5	19		
17.5.2010	19:37	-28,5	19		
17.5.2010	19:38	-28,5	19,5		
17.5.2010	19:39	-28,5	19,5		
17.5.2010	19:40	-30,5	19,5		
17.5.2010	19:41	-32	19,5		
17.5.2010	19:42	-33	19,5		
17.5.2010	19:43	-33,5	20		
17.5.2010	19:44	-34,5	20		
17.5.2010	19:45	-35,5	20		
17.5.2010	19:46	-35,5	20		
17.5.2010	19:47	-35,5	20		
17.5.2010	19:48	-35	20		
17.5.2010	19:49	-35	20		
17.5.2010	19:50	-34,5	20,5		
17.5.2010	19:51	-34,5	20,5		
17.5.2010	19:52	-34	20,5		
17.5.2010	19:53	-33,5	20,5		
17.5.2010	19:54	-33,5	20,5		
17.5.2010	19:55	-33,5	20,5		
17.5.2010	19:56	-30,5	20,5		

Asetuslämpötila (°C)		-37		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18617	18619	18617	18619
17.5.2010	19:57	-24	20,5		
17.5.2010	19:58	-17,5	20,5		
17.5.2010	19:59	-12	19		
17.5.2010	20:00	-11	12,5		
17.5.2010	20:01	-9	4		
17.5.2010	20:02	-4,5	-5,5		
17.5.2010	20:03	-1	-15,5		
17.5.2010	20:04	1,5	-22,5		
17.5.2010	20:05	4	-27		
17.5.2010	20:06	6	-29,5		
17.5.2010	20:07	8	-31		
17.5.2010	20:08	9,5	-32		
17.5.2010	20:09	10,5	-33		
17.5.2010	20:10	11,5	-33		
17.5.2010	20:11	12,5	-33		
17.5.2010	20:12	13,5	-33		
17.5.2010	20:13	14	-33		
17.5.2010	20:14	15	-33		
17.5.2010	20:15	15,5	-34,5		
17.5.2010	20:16	16	-35		
17.5.2010	20:17	16,5	-35,5		
17.5.2010	20:18	17	-35,5		
17.5.2010	20:19	18	-35,5		
17.5.2010	20:20	18,5	-35,5		
17.5.2010	20:21	19	-35,5		
17.5.2010	20:22	19,5	-35		

OMA MANGO 2-RIVIÄ:

Tuote: Oma Mango										
14.5-10										
Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
2	-5,7	-28,4	-39	-39,6	-41	-37	-45	-45	18619	11.31-11.54
2	-6	-25,2	-39	-38,9	-40	-37	-46	-46	18616	11.54-12.17
2	-5,5	-27,6	-38	-37,9	-38	-35	-43	-44	18619	12.22-12.45
2	-5	-25,9	-38	-38	-38	-36	-43	-42	18616	12.31-12.54
2	-5,6	-28	-37	-37,6	-39	-35	-43	-43	18619	12.58-13.21
2	-6,5	-28,7	-37	-37,4	-38	-35	-41	-42	18616	13.02-13.25
Muistiinpanoja:										
<p>Mittauksia aloitettaessa klo 11.30 oli linjalla ollut ongelmia juuri ja tunnelissa oli tyhjää mikä vaikutti lämpötilojen alhaisuuteen. Lämpötila tehtaalla +21,7 astetta (kuuma päivä ulkona!). Molemmilla vispareilla ajettiin samaa massaa ja hillo tuli kontista. Hillon lämpötila +11.0 astetta. Vispareiden lämpötolat molemmissa -6,6 astetta. Siirryttäessä -37 asteen lämpötilaan (asetusarvo), lämpötilan noustessa alkoi jo puikko jäämään peltiin kiinni. Mentiin aina -37 asteen ajolämpötilaan asti mutta ei ollut järkevää jatkaa lämpimämpään hävikin vuoksi.</p>										

Kierroantureiden kahden rivin mittau tulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18616	18619
14.5.2010	11:31	23	23
14.5.2010	11:32	23	23
14.5.2010	11:33	23	19
14.5.2010	11:34	23	9,5
14.5.2010	11:35	23	0
14.5.2010	11:36	23	-10
14.5.2010	11:37	23	-20,5
14.5.2010	11:38	23	-27
14.5.2010	11:39	23	-31
14.5.2010	11:40	23,5	-33
14.5.2010	11:41	23,5	-34
14.5.2010	11:42	23,5	-35,5
14.5.2010	11:43	23,5	-36,5
14.5.2010	11:44	23,5	-37,5
14.5.2010	11:45	23,5	-38,5
14.5.2010	11:46	23,5	-39
14.5.2010	11:47	23,5	-39
14.5.2010	11:48	23,5	-39
14.5.2010	11:49	23,5	-39
14.5.2010	11:50	23,5	-39
14.5.2010	11:51	23,5	-38,5
14.5.2010	11:52	23,5	-38,5
14.5.2010	11:53	23,5	-38
14.5.2010	11:54	23,5	-37,5
14.5.2010	11:55	23,5	-31
14.5.2010	11:56	21,5	-24,5
14.5.2010	11:57	13,5	-19,5
14.5.2010	11:58	4,5	-15
14.5.2010	11:59	-6	-11
14.5.2010	12:00	-17	-7
14.5.2010	12:01	-24,5	-4
14.5.2010	12:02	-29,5	-1,5
14.5.2010	12:03	-32	0,5
14.5.2010	12:04	-34	3
14.5.2010	12:05	-35,5	5
14.5.2010	12:06	-36,5	7
14.5.2010	12:07	-37	8,5
14.5.2010	12:08	-37,5	9,5
14.5.2010	12:09	-37,5	10,5
14.5.2010	12:10	-37,5	11,5
14.5.2010	12:11	-37,5	12,5
14.5.2010	12:12	-37	13,5
14.5.2010	12:13	-37	14
14.5.2010	12:14	-37	14,5
14.5.2010	12:15	-37	15
14.5.2010	12:16	-37	15,5
14.5.2010	12:17	-37	16
14.5.2010	12:18	-33	16,5
14.5.2010	12:19	-27	16,5
14.5.2010	12:20	-22,5	17

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18616	18619
14.5.2010	12:21	-18	17,5
14.5.2010	12:22	-14	17,5
14.5.2010	12:23	-10	18
14.5.2010	12:24	-6,5	11
14.5.2010	12:25	-3,5	3
14.5.2010	12:26	-1,5	-6
14.5.2010	12:27	1	-15,5
14.5.2010	12:28	3	-24
14.5.2010	12:29	4,5	-29,5
14.5.2010	12:30	6,5	-32
14.5.2010	12:31	7,5	-33,5
14.5.2010	12:32	9	-34,5
14.5.2010	12:33	9	-35,5
14.5.2010	12:34	3,5	-36,5
14.5.2010	12:35	-3,5	-37
14.5.2010	12:36	-11,5	-38
14.5.2010	12:37	-20	-38,5
14.5.2010	12:38	-27	-39
14.5.2010	12:39	-31	-38,5
14.5.2010	12:40	-33	-38,5
14.5.2010	12:41	-34,5	-38,5
14.5.2010	12:42	-35,5	-38
14.5.2010	12:43	-36,5	-37,5
14.5.2010	12:44	-37	-37,5
14.5.2010	12:45	-37,5	-36
14.5.2010	12:46	-37	-27,5
14.5.2010	12:47	-37	-22
14.5.2010	12:48	-37	-17
14.5.2010	12:49	-36,5	-13
14.5.2010	12:50	-36,5	-9
14.5.2010	12:51	-36	-6
14.5.2010	12:52	-36	-3,5
14.5.2010	12:53	-35,5	-1,5
14.5.2010	12:54	-35,5	0
14.5.2010	12:55	-31,5	2
14.5.2010	12:56	-25,5	3,5

Kiertoantureiden kahden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-37		Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika	18616	18619		
14.5.2010	12:58	-16	6,5		
14.5.2010	12:59	-12	7,5		
14.5.2010	13:00	-8,5	4		
14.5.2010	13:01	-5	-3		
14.5.2010	13:02	-2,5	-10		
14.5.2010	13:03	0	-18		
14.5.2010	13:04	-2,5	-25		
14.5.2010	13:05	-8	-29		
14.5.2010	13:06	-14	-31,5		
14.5.2010	13:07	-20,5	-32,5		
14.5.2010	13:08	-26	-33,5		
14.5.2010	13:09	-29,5	-35		
14.5.2010	13:10	-32	-36,5		
14.5.2010	13:11	-33,5	-38		
14.5.2010	13:12	-34,5	-38,5		
14.5.2010	13:13	-36	-38,5		
14.5.2010	13:14	-37	-38		
14.5.2010	13:15	-37,5	-38		
14.5.2010	13:16	-37,5	-37,5		
14.5.2010	13:17	-37,5	-37		
14.5.2010	13:18	-37	-37		
14.5.2010	13:19	-37	-36,5		
14.5.2010	13:20	-36,5	-36		
14.5.2010	13:21	-36,5	-35,5		
14.5.2010	13:22	-36	-30		
14.5.2010	13:23	-36	-23,5		
14.5.2010	13:24	-36	-18		
14.5.2010	13:25	-34,5	-14		
14.5.2010	13:26	-29	-12		
14.5.2010	13:27	-25,5	-8		

ÄSSÄ MIX 1-RIVI:

Tuote: Ässä mix										
11.5-10										
Rivit (kpl)	Sis. Men. jäätelön T (°C):	Ulos tulevan jäätelön T (°C):	Tunnelin asetus arvo (°C):	Tunneli T/uusi (°C):	Tunnelin T ₁ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ /vanha (°C):	Tunnelin T ₁ NH ₃ /vanha (°C):	Tunnelin T ₂ NH ₃ /vanha (°C):	Kiertoanturi nro:	KLO:
1	-7	-23,1	-44	-42,2	-43	-39	-47	-48	18616	11.30-11.53
1	-7	-24,1	-44	-42,2	-43	-39	-47	-48	18619	11.45-12.07
1	-7	-19,3	-43	-41,8	-43	-39	-47	-48	18616	12.42-13.05
1	-7	-25,5	-42	41,7	-42	-39	-49	-49	18619	13.10-13.33
1	-7	ei tulosta	-42	41,7	-42	-39	-46	-46	18616	13.36-13.59
1	-7	-24	-41	-40,7	-41	-38	-46	-46	ei mittausta	
1	Ei tavaraa sisään	-23,9	-41	-38,9	-42	-39	-49	-50	18619	14.42-15.05
1	-6,9	-22,8	-40	-40	-40	ei tulosta	ei tulosta	ei tulosta	18619	15.24-15.47
1	-7,2	-22,8	-40	-40,9	-42	-38	-49	-49	18616	15.35-16.19
1	-7,7	-21,4	-40	-40,4	-40	-37	-46	-46	18616	16.42-17.05
Muistiinpanoja:										
<p>Tunnelin reagointiaika lämpötilan pyynnin muutokseen noin 30 minuuttia. Kun tunnelin pyynti oli -40 alkoi hävikkiä tulla. Tuote jäi kiinni pelteihin ja pieniä palasia irtoili tuotteesta. Ei ollut järkevää nostaa lämpötilaa enempää. -41 asteen pyyntilämpötilalla hävikki hyväksyttävää. Lämpötila koneen vieressä 19 celsiusta.</p>										

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-44	Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika		18616	18619
11.5.2010	11:33		16,5	18
11.5.2010	11:34		15	18,5
11.5.2010	11:35		8	19
11.5.2010	11:36		-0,5	19,5
11.5.2010	11:37		-10,5	19,5
11.5.2010	11:38		-21	20
11.5.2010	11:39		-28	20,5
11.5.2010	11:40		-33	20,5
11.5.2010	11:41		-35,5	20,5
11.5.2010	11:42		-37,5	21
11.5.2010	11:43		-39	21
11.5.2010	11:44		-40	21
11.5.2010	11:45		-41	21
11.5.2010	11:46		-42	21,5
11.5.2010	11:47		-42	21,5
11.5.2010	11:48		-42,5	12,5
11.5.2010	11:49		-42,5	-0,5
11.5.2010	11:50		-42,5	-12
11.5.2010	11:51		-42	-24,5
11.5.2010	11:52		-42	-33
11.5.2010	11:53		-41,5	-36,5
11.5.2010	11:54		-41,5	-38
11.5.2010	11:55		-41	-39
11.5.2010	11:56		-37,5	-39
11.5.2010	11:57		-31	-40
11.5.2010	11:58		-25,5	-40,5
11.5.2010	11:59		-20,5	-41,5
11.5.2010	12:00		-15,5	-42
11.5.2010	12:01		-11,5	-42,5
11.5.2010	12:02		-8	-42
11.5.2010	12:03		-5	-42
11.5.2010	12:04		-2	-42
11.5.2010	12:05		0	-42
11.5.2010	12:06		2	-42
11.5.2010	12:07		4	-41,5
11.5.2010	12:08		5,5	-41,5
11.5.2010	12:09		7	-41
11.5.2010	12:10		8	-32
11.5.2010	12:11		9	-24
11.5.2010	12:12		10	-18

Asetuslämpötila (°C)		-43	Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika		18616	18619
11.5.2010	12:43		19	17,5
11.5.2010	12:44		19	18
11.5.2010	12:45		15,5	18
11.5.2010	12:46		7,5	18,5
11.5.2010	12:47		-1	18,5
11.5.2010	12:48		-11,5	18,5
11.5.2010	12:49		-21,5	18,5
11.5.2010	12:50		-28	19
11.5.2010	12:51		-32	19
11.5.2010	12:52		-34,5	19
11.5.2010	12:53		-36,5	19,5
11.5.2010	12:54		-38	20,5
11.5.2010	12:55		-39,5	20,5
11.5.2010	12:56		-40,5	20
11.5.2010	12:57		-41,5	20
11.5.2010	12:58		-42	20
11.5.2010	12:59		-42	20
11.5.2010	13:00		-42	20
11.5.2010	13:01		-42	20
11.5.2010	13:02		-42	20
11.5.2010	13:03		-42	20
11.5.2010	13:04		-42	20
11.5.2010	13:05		-41,5	20
11.5.2010	13:06		-41,5	20
11.5.2010	13:07		-36,5	20
11.5.2010	13:08		-30,5	20

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		-43	Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika		18616	18619
11.5.2010	13:09		-25	20
11.5.2010	13:10		-20	20
11.5.2010	13:11		-15	18
11.5.2010	13:12		-11	6
11.5.2010	13:13		-7	-6
11.5.2010	13:14		-4	-18
11.5.2010	13:15		-1,5	-29
11.5.2010	13:16		0,5	-35
11.5.2010	13:17		2,5	-38
11.5.2010	13:18		4,5	-39
11.5.2010	13:19		6	-39,5
11.5.2010	13:20		7	-40
11.5.2010	13:21		8	-40,5
11.5.2010	13:22		9	-41
11.5.2010	13:23		10	-41,5
11.5.2010	13:24		10,5	-42
11.5.2010	13:25		11	-42,5
11.5.2010	13:26		11,5	-42
11.5.2010	13:27		12	-42
11.5.2010	13:28		12,5	-41,5
11.5.2010	13:29		13	-41
11.5.2010	13:30		13	-40,5
11.5.2010	13:31		13,5	-40,5
11.5.2010	13:32		13,5	-40
11.5.2010	13:33		14	-36
11.5.2010	13:34		14,5	-27
11.5.2010	13:35		14,5	-19

Asetuslämpötila (°C)		-42	Anturien numerot	
Päivämäärä	Aika		18616	18619
11.5.2010	14:41		18,5	20,5
11.5.2010	14:42		18,5	20,5
11.5.2010	14:43		18,5	20,5
11.5.2010	14:44		19	18,5
11.5.2010	14:45		19	5,5
11.5.2010	14:46		19	-7,5
11.5.2010	14:47		19,5	-20
11.5.2010	14:48		19,5	-30,5
11.5.2010	14:49		19,5	-36,5
11.5.2010	14:50		19,5	-39
11.5.2010	14:51		19,5	-40,5
11.5.2010	14:52		19,5	-41
11.5.2010	14:53		19,5	-41,5
11.5.2010	14:54		20	-41,5
11.5.2010	14:55		20	-41,5
11.5.2010	14:56		20	-41,5
11.5.2010	14:57		20	-41,5
11.5.2010	14:58		20	-41,5
11.5.2010	14:59		20	-41
11.5.2010	15:00		20	-41
11.5.2010	15:01		20	-40,5
11.5.2010	15:02		20	-40
11.5.2010	15:03		20	-39,5
11.5.2010	15:04		20	-39
11.5.2010	15:05		20	-38,5
11.5.2010	15:06		20	-33,5
11.5.2010	15:07		20	-24

Kiertoantureiden yhden rivin mittaustulokset:

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-41	18616	18619
	Aika		
11.5.2010	14:42	18,5	20,5
11.5.2010	14:43	18,5	20,5
11.5.2010	14:44	19	18,5
11.5.2010	14:45	19	5,5
11.5.2010	14:46	19	-7,5
11.5.2010	14:47	19,5	-20
11.5.2010	14:48	19,5	-30,5
11.5.2010	14:49	19,5	-36,5
11.5.2010	14:50	19,5	-39
11.5.2010	14:51	19,5	-40,5
11.5.2010	14:52	19,5	-41
11.5.2010	14:53	19,5	-41,5
11.5.2010	14:54	20	-41,5
11.5.2010	14:55	20	-41,5
11.5.2010	14:56	20	-41,5
11.5.2010	14:57	20	-41,5
11.5.2010	14:58	20	-41,5
11.5.2010	14:59	20	-41
11.5.2010	15:00	20	-41
11.5.2010	15:01	20	-40,5
11.5.2010	15:02	20	-40
11.5.2010	15:03	20	-39,5
11.5.2010	15:04	20	-39
11.5.2010	15:05	20	-38,5
11.5.2010	15:06	20	-33,5
11.5.2010	15:07	20	-24

Asetuslämpötila (°C)		Anturien numerot	
Päivämäärä	-40	18616	18619
	Aika		
11.5.2010	15:25	20	14,5
11.5.2010	15:26	20	15
11.5.2010	15:27	20	8
11.5.2010	15:28	20	-3,5
11.5.2010	15:29	20	-14
11.5.2010	15:30	20	-25
11.5.2010	15:31	20	-32,5
11.5.2010	15:32	20	-36
11.5.2010	15:33	20	-37,5
11.5.2010	15:34	20	-38
11.5.2010	15:35	20	-38,5
11.5.2010	15:36	20	-39
11.5.2010	15:37	20	-40
11.5.2010	15:38	20	-41
11.5.2010	15:39	14	-41,5
11.5.2010	15:40	6	-42
11.5.2010	15:41	-2,5	-42
11.5.2010	15:42	-14	-42
11.5.2010	15:43	-24	-42
11.5.2010	15:44	-30	-42
11.5.2010	15:45	-34	-41,5
11.5.2010	15:46	-36	-41
11.5.2010	15:47	-38	-41
11.5.2010	15:48	-39,5	-40
11.5.2010	15:49	-40,5	-30,5
11.5.2010	15:50	-41	-21,5
11.5.2010	15:51	-41	-14,5
11.5.2010	15:52	-41	-9
11.5.2010	15:53	-41	-4,5
11.5.2010	15:54	-41	-1,5
11.5.2010	15:55	-41	1,5
11.5.2010	15:56	-41	3,5
11.5.2010	15:57	-40,5	5,5
11.5.2010	15:58	-40,5	7
11.5.2010	15:59	-40	8,5
11.5.2010	16:00	-39	9,5
11.5.2010	16:01	-34	10,5
11.5.2010	16:02	-33,5	11
11.5.2010	16:03	-34	12
11.5.2010	16:04	-34,5	12,5
11.5.2010	16:05	-36	13
11.5.2010	16:06	-37,5	13,5
11.5.2010	16:07	-38	14
11.5.2010	16:08	-38,5	14,5
11.5.2010	16:09	-39	15
11.5.2010	16:10	-39,5	15
11.5.2010	16:11	-40	15,5
11.5.2010	16:12	-40,5	15,5
11.5.2010	16:13	-40,5	16
11.5.2010	16:14	-40,5	16
11.5.2010	16:15	-40,5	16,5
11.5.2010	16:16	-40,5	16,5
11.5.2010	16:17	-40	17
11.5.2010	16:18	-40	17
11.5.2010	16:19	-40	17,5
11.5.2010	16:20	-40	18
11.5.2010	16:21	-39,5	18