

LUT YLIOPISTO  
LUT School of Energy Systems  
LUT Kone

*Antti Puupponen*

**LISÄOMINAISUUDEN KEHITTÄMINEN SUURTALOUSPATAAN**

Helsingissä 18.4.2021

Tarkastaja(t)    Professori Harri Eskelinen

DI Tero Kähärä

## **TIIVISTELMÄ**

LUT yliopisto  
LUT Energiajärjestelmät  
LUT Kone

Antti Puupponen

### **Lisäominaisuuden kehittäminen suurtalouspataan**

Diplomityö

2021

68 sivua, 33 kuvaa ja 5 taulukkoa

Tarkastajat: Professori Harri Eskelinen  
DI Tero Kähärä

Hakusanat: VDI 2221, systemaattinen koneensuunnittelu, suurtalouspata

Suurtalouspadat ovat toiminnoiltaan monipuolisia ammattikeittiöiden laitteita. Padat ovat jatkuvan kehityksen kohteena, joka tähtää nykyisten toimintojen tehostamiseen sekä uusien ominaisuuksien kehittämiseen. Uusien toiminnallisuuksien lisääminen samaan laitteeseen mahdollistaa asiakkaille tilankäytön tehostamisen, joustavamman valmistuksen, laitteen käyttöasteen kasvattamisen sekä säästämisen keittiön kokonaiskustannuksissa. Erillisten laitteiden väheneminen voidaan nähdä positiiviseksi myös ympäristön kannalta.

Tämän diplomityön päätavoitteena oli suunnitella suurtalouspataan lisäominaisuus, jolla voitaisiin tuoda patoihin markkinoilla olevien tiettyjen erillislaitteiden toiminnallisuus ja lisätä kiinnostusta lisäominaisuuden tarjoaman ruoanvalmistusmuodon mahdollisuuksiin ammattikeittiöissä. Suunnittelu toteutettiin seuraamalla systemaattisen koneensuunnittelun VDI 2221 metodiikka. Suunnittelu aloitettiin tehtävänmäärittelystä, jossa tuotteelle luotiin vaatimuslista, josta edettiin konseptointiin ja parhaimman konseptin jatkokehittelyyn. Tutkimuksen tulokset varmistettiin rakentamalla konseptista lopullista tuotetta mahdollisimman hyvin vastaava prototyyppi, jolle suoritettiin ominaisuuden päätoimintoa mittaavat kokeet sekä katselmointi.

Tutkimukselle asetetut tavoitteet saavutettiin. Prototyypillä voitiin todentaa laitteen pystyvän ruoanvalmistusprosessille olennaisiin arvoihin sekä saatiin selvitettyä teknisestä, taloudellisesta sekä käytettävyyden näkökulmasta lisäominaisuuden tuotteistuspäätökselle oleelliset asiat.

## **ABSTRACT**

LUT University  
LUT School of Energy Systems  
LUT Mechanical Engineering

Antti Puupponen

### **Development of new functionality for institutional kettle**

Master thesis

2021

68 pages, 33 figure and 5 tables

Examiners: Professor Harri Eskelinen  
M.Sc. Tero Kähärä

Keywords: VDI 2221, systematic machine design, institutional kettle

Professional kettles are versatile kitchen equipment which are under constant development aiming to improve current functions and implement new functions. Equipment with increased functionality enables better use of kitchen space, more flexible processes, better utilization rate of the equipment and smaller cost of total kitchen price. Combining of equipment into a single unit can also be seen positive for environment.

Aim of this master thesis was to design option for professional kettle which enables functionality of certain kitchen equipment to be added to the kettle. Addition is expected to raise interest of professional kitchens in the possibilities of the cooking process. Development process was carried out with VDI 2221 methodology. Design process begun from task clarification where list of requirements for the product was defined, continued by conception phase where different concepts were developed. Best concept was embodied. The results of the design process were verified by building a functional prototype of the concept.

Objectives of this thesis were achieved. The parameters for the cooking process in question were achieved with the prototype as well as level of usability and functionality. The technical and economic information along with assessment of usability needed for the decision-making process about productization of the option were provided with this thesis.

## ALKUSANAT

Tutkinto alkaa tämän lopputyön myötä olemaan valmis. Opiskelu viidentoista vuoden tauon jälkeen on ollut antoisaa, mutta myös paljon vaativampaa kuin pystyin ennakoimaan. Haluaisin kiittää tyttäriäni Milkaa ja Minttua sekä puolisoani Tarua opiskelun mahdollistamisesta. Lisäksi haluaisin kiittää työnantajaani työrauhasta diplomityön osalta sekä työhön panoksensa antaneita Metoslaisia: Mikael, Paavo, Greg, Risto, Marko ja Tero. Lopuksi iso kiitos vielä Harrille sekä Terolle työn aikaisesta ohjauksesta.

Antti Puupponen

Helsingissä 25.3.2021

## SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO .....	8
1.1	Tausta.....	8
1.2	Tutkimusongelma .....	11
1.3	Tavoitteet ja rajausta.....	11
1.4	Tutkimuskysymykset .....	12
1.5	Menetelmät .....	12
2	VALMISTUSMENETELMÄT JA LAITTEET .....	13
2.1	Tyhjiökypsennys .....	13
2.2	Jäähdytysallastoiminto.....	14
2.3	Ruokaturvallisuus .....	14
2.4	Tyhjiökypsennyslaitteet .....	16
2.5	Suurtalouspata.....	17
3	MENETELMÄT .....	20
3.1	VDI 2221 .....	20
3.2	Systemaattisen koneensuunnittelun vaiheet.....	20
3.2.1	Tehtävänmäärittely.....	22
3.2.2	Luonnostelu .....	23
3.2.3	Kehittely.....	26
3.2.4	Viimeistely.....	26
3.3	Prototyypit tuotekehityksessä .....	27
4	TULOKSET .....	28
4.1	Tehtävänmäärittely .....	28
4.2	Luonnostelu .....	31
4.3	Abstrahointi ja toimintorakenteen luonti .....	31
4.4	Osatoiminnot.....	32
4.4.1	Korit ja nostin .....	33
4.4.2	Padan täyttö.....	36
4.4.3	Lämpötilan hallinta .....	37

4.4.4	Padan tyhjennys .....	40
4.4.5	Käyttöliittymä, ohjausjärjestelmä ja anturoinnin toteutus .....	40
4.5	Vaihtoehtojen karsinta ja konkretisointi .....	41
4.6	Kehittäminen.....	47
4.7	Prototyypin valmistus .....	52
4.8	Verifiointi.....	54
4.8.1	Koejärjestelyt.....	55
4.8.2	Lämmityskokeen tulokset.....	56
4.8.3	Jäähdytyskokeen tulokset .....	57
4.8.4	Palaute prototyypistä.....	58
4.9	Jatkokehitys .....	58
5	POHDINTA .....	59
5.1	Vertailu aiempaan tutkimukseen .....	59
5.2	Tutkimuksen objektiivisuus, reliabiliteetti ja validiteetti .....	59
5.3	Mittausten virhe- ja herkkyystarkastelu.....	60
5.4	Avaintulokset ja johtopäätökset.....	61
5.5	Tulosten uutuusarvo.....	61
5.6	Tulosten yleistettävyys ja hyödynnettävyys .....	62
5.7	Jatkotutkimusaiheet .....	62
5.8	Projektin arviointi .....	63
6	YHTEENVETO .....	64
7	LÄHTEET .....	66

**LYHENNELUETTELO**

FDA	Food and Drug Administration
FEM	Finite Element Method, elementtimenetelmä
VDI	Verein Deutcher Ingenieure

## 1 JOHDANTO

Nykyaikaiset suurtalouspadat ovat toiminnoiltaan monipuolisia ammattikeittiöiden työvälineitä, joita käytetään erilaisiin ruoanvalmistustehtäviin, kuten keittämiseen, soseuttamiseen, sekoittamiseen, jäähdyttämiseen ja taikinoiden valmistamiseen. Sisällyttämällä useita ominaisuuksia samaan laitteeseen on voitu niiden käyttöastetta parantaa sekä säästää asennustilassa ja keittiön kokonaishankintakustannuksissa, kun yhdellä laitteella on ollut mahdollista suorittaa useampia työvaiheita. Edelleen kehittämällä patoihin uusia ominaisuuksia ja tehostamalla nykyisiä toimintoja voidaan erottautua kilpailijoista sekä kasvattaa patojen kiinnostavuutta.

### 1.1 Tausta

Työn toimeksiantaja on Metos Oy, joka on pohjoismaiden suurin ammattikeittiöiden tarpeisiin laitteita sekä kalusteita valmistava ja markkinoiva yritys. Tässä tutkimuksessa käsiteltävät suurtalouspadat ovat kuuluneet Metoksen tuotevalikoimaan 30-luvulta lähtien. Kuvassa 1 on esitetty kaksi suurtalouspataa, joiden valmistuksen välillä on kulunut 70 vuotta. Kuvista voidaan huomata padan perusrakenteen pysyneen hyvinkin samana vuosien varrella, mutta uuden mallin sisältävän monipuolisemmin ominaisuuksia kuten integroidun sekoittimen tai hiljattain kehitetyn kosketusnäyttöllisen käyttöliittymän.



**Kuva 1.** Vasemmalla Metoksen valmistama pata 40-luvulta (Metos 2020a), sekä uusin patamalli Proveno 4G (Metos 2020b).

Tyhjiökypsennys on ruoanvalmistusmenetelmä, jossa raaka ruokatuote kypsennetään tyhjiöpakattuna lämpötilaltaan tarkasti säädettyssä vesikylvyssä. Menetelmä on kasvattanut suosiotaan varsinkin viime vuosikymmenen aikana, josta yhtenä todisteena on laitteiden ja menetelmän tunnettavuuden leviäminen ammattikäytöstä myös kotikeittiöihin.

Tyhjiökypsennysmenetelmällä saavutetaan ruokatuotteille pidempi säilymisaika, parempi lämpötilan hallittavuus, pienempi painon menetys kypsentaessä sekä ravintoaineiden parempi säilyminen. Miinuspuolena voidaan pitää menetelmän huomattavasti pidempää kypsennysaikaa kuin perinteisissä kypsennysmenetelmissä sekä tyhjiöpakkaamisesta aiheutuvaa lisätyötä. (Baldwin 2012, s.15)

Tyhjiökypsennykseen tarkoitettuja laitteita on saatavilla eri ominaisuuksilla. Suurtalouskeittiöissä ja ruokateollisuuden käytössä on isoja automatisoituja tyhjiökypsennysaltaita kuten kuvassa 2 oleva allas, joissa ruokaa voidaan käsitellä useita satoja kiloja kerrallaan ja joilla ruokatuotteet voidaan kypsentää sekä jäähdyttää. Koti- ja ravintolakäyttöön on saatavilla pienempiä esimerkiksi sauvanmallisia laitteita, jotka asetetaan sopivankokoiseen vedellä täytettyyn astiaan, joissa ne kierrättävät vettä samalla sen lämpöä tarkasti sääten.



**Kuva 2.** Suurtalouskeittiön tyhjiökypsennysallas (DC Norris 2020a).

Jotta pystyttäisiin tarjoamaan monikäyttöisempi vaihtoehto erillisille altaille sekä saada patoihin lisäominaisuuksia, on ajatus suurtalousspadan soveltamisesta tyhjiökypsennykseen ja jäähdytysaltaaksi ollut jo aikaisemmin kehitteillä Metoksella.

Vuodesta 2014 tuotevalikoimasta on löytynyt patoihin lisävarusteeksi tarkoitettut tyhjiökypsennykseen soveltuvat korit (kuva 3), joita pyöritetään padassa sekoitinakselin avulla tasaisen lämpötilan aikaansaamiseksi. Korit eivät ole kaikin osin kuitenkaan vastanneet markkinoiden tarpeita, jonka vuoksi jatkokehitys on katsottu tarpeelliseksi.



**Kuva 3.** Tyhjiökypsennyskorit (Metos 2020c).

Toisenlainen ratkaisu liittyen tyhjiökypsennykseen suurtalousspadassa on esitelty vuodelta 2018 olevassa Metoksen omistamassa hyödyllisyysmallissa (Pat. FI 11989 2018). Siinä pataan asetetaan toistensa päälle pinottavia koreja, jotka tukeutuvat padan pohjaa ja seinämiä vasten ja vettä liikutetaan padassa spiraalimaisella sekoitinakseliin asennetulla sekoitustyökälulla. Hyödyllisyysmalli sisältää useita parannuksia alkuperäisiin tyhjiökypsennyskoreihin nähden, mutta kyseisen hyödyllisyysmallin mukaisia tuotteita ei kuitenkaan ole vielä suunniteltu.

## 1.2 Tutkimusongelma

Verrattuna tavanomaiseen kypsennykseen, tyhjiökypsennysmenetelmää käyttämällä on todettu voitavan saada parannuksia ruoan laatuun sekä säilyvyyteen. Tyhjiökypsennysmenetelmä on käytössä ruokateollisuudessa, ravintoloissa ja kotikeittiöissä, mutta suurtalouskeittiöissä menetelmä ei ole yleistynyt vastaavanlaisesti. Yksi mahdollinen syy tähän on sopivien laitteiden puuttuminen markkinoilta. Suurtalouskeittiöihin sopivat teollisen mittaluokan laitteet ovat kalliita, suurikokoisia ja niillä on rajoittuneet käyttömahdollisuudet vain tyhjiökypsennykseen sekä jäähdytykseen. Edellä mainitut seikat ovat todennäköisesti hankaloittaneet omalta osaltaan suurtalouskeittiöitä kokeilemasta ja omaksumasta uutta kypsennys- ja jäähdytysmenetelmää eduista huolimatta.

Suurtalouskeittiöiden laitekantaa tarkastellessa voidaan huomata, että suurtalouspatat ovat suurtalouskeittiöiden peruslaitteita, joita löytyy lähestulkoon jokaisesta suurtalouskeittiöstä. Suunnitteleamalla lisävarusteet, jotka mahdollistavat tyhjiökypsennysmenetelmän käytön padoissa siten, että yhdistelmä vastaa tyhjiökypsennysominaisuuksiltaan erillislaitteina myytäviä altaita sekä on verrattain kohtuullisella kustannuksilla hankittavissa, uskotaan lisäävän asiakkaiden kiinnostusta tyhjiökypsennysmenetelmää kohtaan myös suurtalouskeittiöissä.

## 1.3 Tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen päätavoitteena on löytää patoihin parhaiten soveltuva toteuttamisvaihtoehto tyhjiökypsennys- ja jäähdytysallastoiminnolle sekä suunnitella lisäominaisuus Metos Proveno 4G 400 suurtalouspataan. Toisena tavoitteena on aikaansaada valitusta konseptista toimiva prototyyppi, jolla voidaan varmistaa toiminnallisuuden toteutuminen, kustannustaso sekä tuotteistuksen edelleen vaatima panos.

Tutkimuksen ulkopuolelle on rajattu viimeistelyyn ja tuotteistukseen liittyvät tehtävät kuten käyttöoppaat, lopulliset valmistuskuvat, muut patakoot, kokoonpano-ohjeet sekä käyttöliittymän ohjelmointi.

#### 1.4 Tutkimuskysymykset

Tutkimusongelmasta, tavoitteista ja rajauksista johdetut tutkimuskysymykset, joihin tämä tutkimus pyrkii vastaamaan:

- Minkälaisia ovat suurtalouskeittiöiden vaatimukset tyhjiökypsennys- ja jäähdytyslaitteille?
- Miten vaatimukset kannattaa toteuttaa Proveno 4G 400 padassa?
- Miten kehitettävä lisäominaisuus vertautuu markkinoilla oleviin laitteisiin?

#### 1.5 Menetelmät

Tutkimuksen tuotekehitysosuus toteutetaan seuraamalla systemaattisen koneensuunnittelun työjärjestystä tehtävämäärittelyn, luonnostelun sekä kehittelyn osalta. Tutkimus pitää sisällään myös kokeellisen osuuden, jossa suoritetaan prototyypille mittauksia konseptin onnistumisen arvioimiseksi.

## 2 VALMISTUSMENETELMÄT JA LAITTEET

Tässä pääluvussa käydään läpi aiheeseen liittyvät valmistusmenetelmät sekä aiheeseen liittyvät laitteet.

### 2.1 Tyhjiökypsennys

Ruoanvalmistuksen yhteydessä puhuttaessa termi tyhjiökypsennys tarkoittaa raakojen ruokatuotteiden kypsennystä tarkkaan kontrolloidussa lämpötilassa suljettuna tyhjiöpussiin täsmällisen ajan. Toinen menetelmästä yleisesti käytetty termi on ”sous vide”, joka tulee ranskan kielestä ja on suoraan suomeksi käännettynä ”tyhjiössä”. (Douglas 2012, s.15)

Tyhjiökypsennys poikkeaa tavanomaisesta ruoanlaitosta siinä, että kypsennys tapahtuu matalammassa lämpötilassa pitemmän ajan puitteissa kuin tavallisilla menetelmillä. Tyhjiökypsennysprosesseja on periaatteeltaan kahdenlaisia, kahdella eri variaatiolla; kypsennys-pito ja kypsennys-tarjoilu sekä kypsennys-jäähdytys ja kypsennys-pakastus. Ensimmäisessä vaihtoehdoissa ruoka tarjoillaan välittömästi kypsennyksen jälkeen tai pidetään yli mikro-organismien lisääntymislämpötilan tarjoiluun asti. Toinen tapa, jota ruokateollisuus suosii, on kypsennyksen jälkeen jäähdyttää pakattu ruoka nopeasti kylmässä vedessä, jonka jälkeen ruoka siirretään kylmäsäilytykseen jääkaappiin tai pakastimeen. Ennen tarjoilua kylmäsäilytyksestä otettu ruoka lämmitetään uudelleen ja mahdollisesti viimeistellään. (Douglas 2012, s.18)

Tyhjiökypsennysmenetelmässä raokatuote tyhjiöpakataan lämpöä ja alipainetta kestäväan muovista valmistettuun pussiin. Vakuumpakkaus sallii tehokkaamman lämmönsiirron lämmitysaineesta ruokatuotteeseen, vähentäen pilaantumista sekä hapen vaikutusta ruokatuotteeseen. Tyhjiön tasoksi kiinteille ruoille suositellaan yleisesti käytettävän suurinta mahdollista tyhjiötä, jonka ruokatuote kestää. Sen on todettu käytännössä olevan 10-15mbar kiinteille ruoille ja 100-120mbar nesteille. Korkeammilla tyhjiön tasoilla on vaarana vahingoittaa ruoan koostumusta, mutta toisaalta liian pieni tyhjiö johtaa veden höyrystymiseen pussin sisällä ja pussin kellumiseen sekä lämmönsiirron tehokkuuden pienentymiseen. Jos ruoka tarjoillaan heti kypsennyksen jälkeen, ei alipaineen käyttämisestä saada yhtä isoa etua. Esimerkiksi ravintolat tai kotikeittiöt eivät välttämättä

käytä alipainetta kypsentaessään, vaan riittää, että ruoka suljetaan pussiin pussin ollessa upotettuna veteen. Tämä riittää poistamaan ylimääräisen ilman. (Baldwin 2012, s. 18, 26)

Kypsennys on tyypillisesti suoritettu joko höyryuunissa tai vesikylvyssä. Höyryuunissa voidaan kypsentää suuria määriä kerralla, mutta kypsennysnopeuden on mittauksissa todettu vaihtelevan todella paljon. Tutkimuksessa, jossa selvitettiin kypsennyksen kestoa höyryuunissa, todettiin sen vaihtelevan 70 % ja 200 % välillä riippuen pussin sijainnista. Suurin syy epätasaiseen kypsymiseen oli epätasainen höyryn jakaantuminen uunin sisällä. Vesikylvyssä, jossa vesi kiertää, lämpötilan säätö on yleensä tarkkuudeltaan 0,1°C-0,2°C. Ongelmien välttämiseksi pussien pitää olla kokonaan upotettuna sekä järjestelty löyhästi siten, että pussit eivät ole päällekkäin. (Baldwin 2012, s.19-21)

## 2.2 Jäähdytysallastoiminto

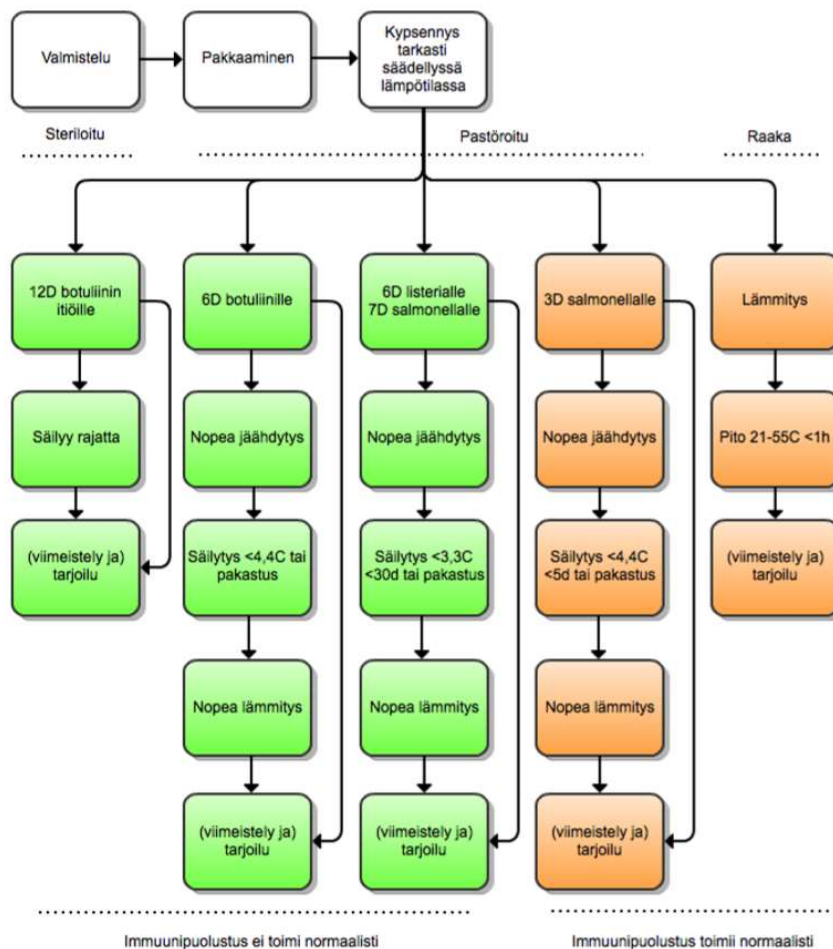
Jäähdytysaltaita käytetään jäähdyttämään kuumana pakatut ruokatuotteet. Menetelmässä ruoka kuumennetaan vähintään 85 asteeseen, jotta haitalliset mikrobit tuhoutuvat, jonka jälkeen se pakataan edelleen kuumana tiiviiseen pussiin esimerkiksi pumpun avulla. Pussit upotetaan sen jälkeen altaaseen, jossa on kylmää vettä ja jäähdytetään alle kolmeen asteeseen alle 90 minuutissa. Ruoan saavutettua tarvittavan lämpötilan se siirretään kylmäsäilytykseen. Näin käsitellyillä tuotteilla on pidempi säilyvyysaika kuin tavanomaisesti käsitellyillä tuotteilla. (Metos 2017, s. 2)

## 2.3 Ruokaturvallisuus

Ruokaturvallisuus perustuu ihmiselle haitallisten mikro-organismien eli patogeenien minimointiin erilaisten kontrolloimiskeinojen avulla. Tunnettuja minimointitapoja ovat suolaus, happamointi, ionisointi sekä minimointi lämpötilan avulla. Vastoin yleistä uskomusta näitä patogeeneja ei voi maistaa tai haistaa, mikä tekee kontrolloinnin erittäin tärkeäksi käytettäessä lämpötilaa vähentämiskeinona, johon esimerkiksi tyhjiökypsennysmenetelmä nojaa. Patogeenit lisääntyvät lämpötiloissa välillä -1,4°C - +52,3°C, tosin lisääntyminen hidastuu huomattavasti ääripäiden lähellä siten, että lämpötilarajat, joita esimerkiksi Food and Drug Association (FDA) suosittaa, ovat +4,4°C - +54,4°C. Jos lämpötila nostetaan yli +52,3°C loppuu patogeenien lisääntyminen ja lämpötilan noustessa patogeenit vähenevät. Esimerkiksi lihan pastöroiminen juuri rajan

yläpuolella kestää useita tunteja, kun jo lämpötilassa 60°C pastöroiminen vie aikaa vain 12 minuuttia. (Baldwin 2012, s. 23)

Kuvassa 4 on esitetty eri suos vide -prosessien päätyypit kulkukaaviona. Vihreällä väritetyt prosessit ovat tyypillisiä ruokateollisuuden käyttämiä prosesseja ja oranssilla värjätyt ravintoloiden ja kotikeittiöiden käyttämiä. Oranssilla värjätyt prosessit sisältävät ruokaturvallisuusriskejä, jotka ovat tarpeen tiedostaa näitä prosesseja käytettäessä. Kuvassa merkintä D tarkoittaa aikaa, joka kuluu elävien mikro-organismien määrän puoliintumiseen. Puoliintumisajan pituus riippuu lämpötilasta. (Jarva 2012, s.42)



**Kuva 4.** Tyhjiökypsennysprosessit (Jarva 2015, s.42).

Tyhjiökypsennysmenetelmällä kypsennetyt ruoat voidaan jakaa pastöroimattomiin, pastöroituihin ja sterilisoiuihin. Pastöroinnissa vähennetään haitallisia mikro-organismeja riittävästi, jotta ruoasta saadaan turvallista. Tällöin ruokaan saattaa jäädä itiöitä, jotka

kestävät korkeita lämpötiloja sekä kemikaaleja. Näiden ja aktiivisten mikro-organismien poistamista kutsutaan steriloinniksi. Steriloinnissa tarvitaan yleensä painekeitin tai höyrytin, jotta pussien lämpötila saadaan yli 120°C:sen. Lopputuloksena on huoneenlämmössä stabiili pakattu tuote, jolla on pitkä säilymisikä. Tämä äärimmäinen lämpökäsittely vaikuttaa niin voimakkaasti monen ruoan rakenteeseen, että se ei ole yhtä käyttökelpoinen kuin pastörointi. (Baldwin 2012, s.23)

#### 2.4 Tyhjiökypsennyslaitteet

Suurtalouskeittiössä käytettävien tyhjiökypsennyslaitteiden koko ja kapasiteetti vaihtelee välillä 50kg-500kg keittiön tarpeen mukaan. Altaat ovat lähes poikkeuksetta varustettu jäähdytysmahdollisuudella, joten ne soveltuvat käyttöön myös pelkinä jäähdytysaltaina. Ne koostuvat allasosasta, käyttöpaneelista, kannesta, koreista sekä korien nostovälineestä. Kuvassa 5 on esitetty tyypillinen suurtalouskeittiön tyhjiökypsennysallas. Tyhjiökypsennysallasta käytettäessä vakuumpussitettu ruoka sijoitetaan kehikossa oleviin koreihin, jonka jälkeen kehikko lasketaan altaaseen. Lämmitys ja jäähdytyslämpötilat voidaan ohjelmoida käyttöpaneelista lämpötila-alueella 1°C-99°C, jonka jälkeen allas täyttyy vedellä. Ruoan sisälämpötila varmistetaan prosessin aikana tuotteeseen asetettavan mittaustikun avulla. Kypsennyksen jälkeen ruoka voidaan tarvittaessa jäähdyttää säilytystä varten. Allas on kytkettynä keittiön ulkopuolella sijaitsevaan jäähdytyslaitteistoon tai jääpankkiin, jonka avulla ruoka voidaan jäähdyttää riittävän viileäksi, jotta haitalliset mikrobit eivät merkittävästi enää lisäänty. Lopuksi kehikko nostetaan ylös nostimella ja vakuumpussit poistetaan koreista ja siirretään kylmäsäilytettäväksi tai muihin jatkotoimenpiteisiin. (JOM 2020b; DC Norris 2020b; Metos 2017)



**Kuva 5.** Tyhjiökypsennysallas (JOM 2020a).

Kotikäyttöön löytyy pienempitehoisia ja edullisia laitteita tyhjiökypsennykseen, joissa esimerkiksi sauvamainen laite kiinnitetään vedellä täytetyn astian reunaan. Laite kierrättää vettä lämmitysvastuksen ympärillä samalla liikuttaen astiassa olevaa vettä. Ravintolakäyttöön tarkoitetuilla laitteilla on sama toimintaperiaate, mutta ammattikäyttöä kestävä rakenne ja suurempi lämmitysteho.

Tutkimuksessa, jossa arvioitiin erään kotikäyttöön suunnitellun laitteen soveltuvuutta korvaamaan kalliita lämpökylpylaitteita, havaittiin kotikäyttöön tarkoitetun laitteen lämmönsäädön tarkkuuden olevan  $0,1^{\circ}\text{C}$  kaikissa testatuissa lämpötiloissa, kun lämmitettävänä ja ylläpidettävänä oli 10 litraa vettä. Testeissä vesi lämmitettiin haluttuun lämpötilaan ja pidettiin siinä tunnin ajan. Kuvassa 6 on esitetty tutkimuksessa testatun laitteen rakenne, josta on näkyvillä lämmitysvastus, propelli nesteen kierrättämistä varten sekä lämpötilanmittausanturi. (Rybolt & Mebane 2018, s.1401-1403)



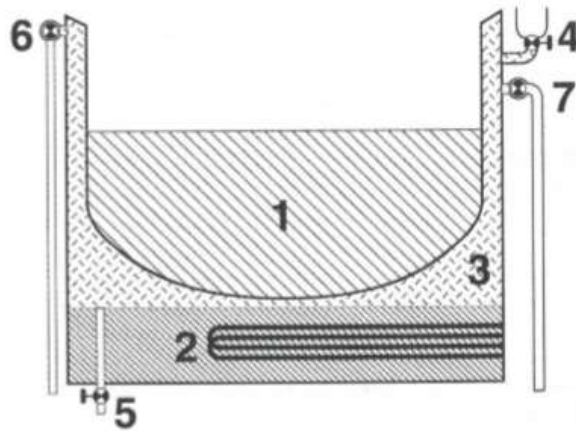
**Kuva 6.** Kotikäyttöön suunniteltu tyhjiökypsennyslaite (Rybolt & Mebane 2018, s.1403).

## 2.5 Suurtalouspata

Suurtalouskeittiöissä käytettävät keittopadat ovat kokoluokaltaan 30–500 litraisia, ja niiden lämmönsiirto perustuu höyryvaippaan. Höyryvaipalla saavutetaan suuri lämmityspinta-ala ja sen seurauksena alhainen pintalämpötila tehokkaalla lämmönsiirrolla. Vesihöyryn maksimilämpötila höyryvaipassa vaihtelee  $110^{\circ}\text{C}$ - $120^{\circ}\text{C}$  patamallin mukaan. Vaippaa

käytetään lämmittämisen lisäksi myös jäähdyttämiseen kierrättämällä kylmää vettä vaipassa joko käyttövesiverkosta, jolloin lämpötila on rajattu käyttövesiverkoston lämpötilaan, tai vaihtoehtoisesti pata voidaan kytkeä jääpankkiin, jolloin ruoka pystytään jäähdyttämään alle yhden asteen. Yleisiä muita ominaisuuksia padoille ovat lämmityksen ja jäähdytyksen lisäksi padan sähköinen kallistus, vedentäyttö ja sekoitus. (Jokinen P., Laine H., & Lampi R. 2002 s. 53-63).

Kuvassa 7 on esitetty sähkölämmitteisen suurtalouspadan toimintaperiaate. Ruoka kuumennetaan vaipassa olevan vesihöyryn avulla. Höyry luovuttaa energiansa lauhtuessaan viileämmälle vaipan ulkopinnalle, josta lämpö siirtyy vaipan läpi johtumalla padan sisäpinnalle ja siitä ruokaan. Lämmittämiseen käytettävän höyryn tuottamiseen on kaksi vaihtoehtoa. Yleisempi tapa on tuottaa se veteen upotetuilla vastuksilla, jotka on sijoitettu höyryvaippaan. Joissain kohteissa on keskushöyryjärjestelmä, jolloin pata voidaan kytkeä höyryverkkoon, jolloin erillisiä lämmitysvastuksia ei tarvita. Keskushöyryverkkoon kytketyt padat lämmittävät padan sisällön sähkölämmitteisiä patoja nopeammin. (Jokinen, Laine & Lampi 2002, s. 53-54)



**Kuva 7.** Suurtalouspadan rakenne. 1. ruokatila, 2. lämmitysvastus, 3. höyrytila, 4. veden lisäys, 5. ylivuotoputki, 6. ilmanpoisto, 7. varoventtiili (Jokinen P., Laine H., & Lampi R. 2002, s.54).

Suurtalouspadat voidaan jakaa sekoittaviin ja ilman sekoittajaa oleviin. Aikaisemmin padat olivat tyypillisesti ilman sekoittajaa, jolloin sekoittaminen tapahtui käsivoimin, mutta nykyään tilanne on kääntynyt päinvastoin ja suurin osa padoista on sekoittimella

varustettuja. Sekoittimien lisäyksen ansiosta padat ovat monipuolistuneet, joka on tehostanut patojen käyttöä. Niiden avulla voidaan esimerkiksi valmistaa taikinoita ja seoksia, jotka ennen tehtiin erillisillä laitteilla. Sekoittimen käyttö nopeuttaa lämmitystä ja jäähdystä ja mahdollistaa useiden työvaiheiden tekemisen samassa padassa ilman siirtoja laitteesta toiseen. (Jokinen P., Laine H., & Lampi R. 2002 s.53). Kuvassa 8 on esitetty suurtalouspadan rakenneosat.



**Kuva 8.** Suurtalouspadan rakenne 1.tukijalka, 2. varoventtiili, 3. sekoitin, 4. höyryvaipan tyhjennysventtiili, 5. kansi, 6. kansiritilä, 7. hana suihkulle, 8. kosketusnäyttö, 9. hätäpysäytin, 10. suihku, 11. vedensyöttö pataan (Metos, 2018 s.6).

### 3 MENETELMÄT

Tutkimuksen tuotekehitysosuus toteutettiin seuraamalla Verein Deutcher Ingenieure (VDI) kehittämään standardiin VDI 2221 pohjautuvaa systemaattisen koneensuunnittelun työnkulkua. Tuotekehitysosuuden tulokset varmistettiin valmistamalla prototyyppi, jolle suoritettujen kokeiden perusteella arvioitiin ominaisuuden toiminnallisuutta sekä jatkokehitystarpeita.

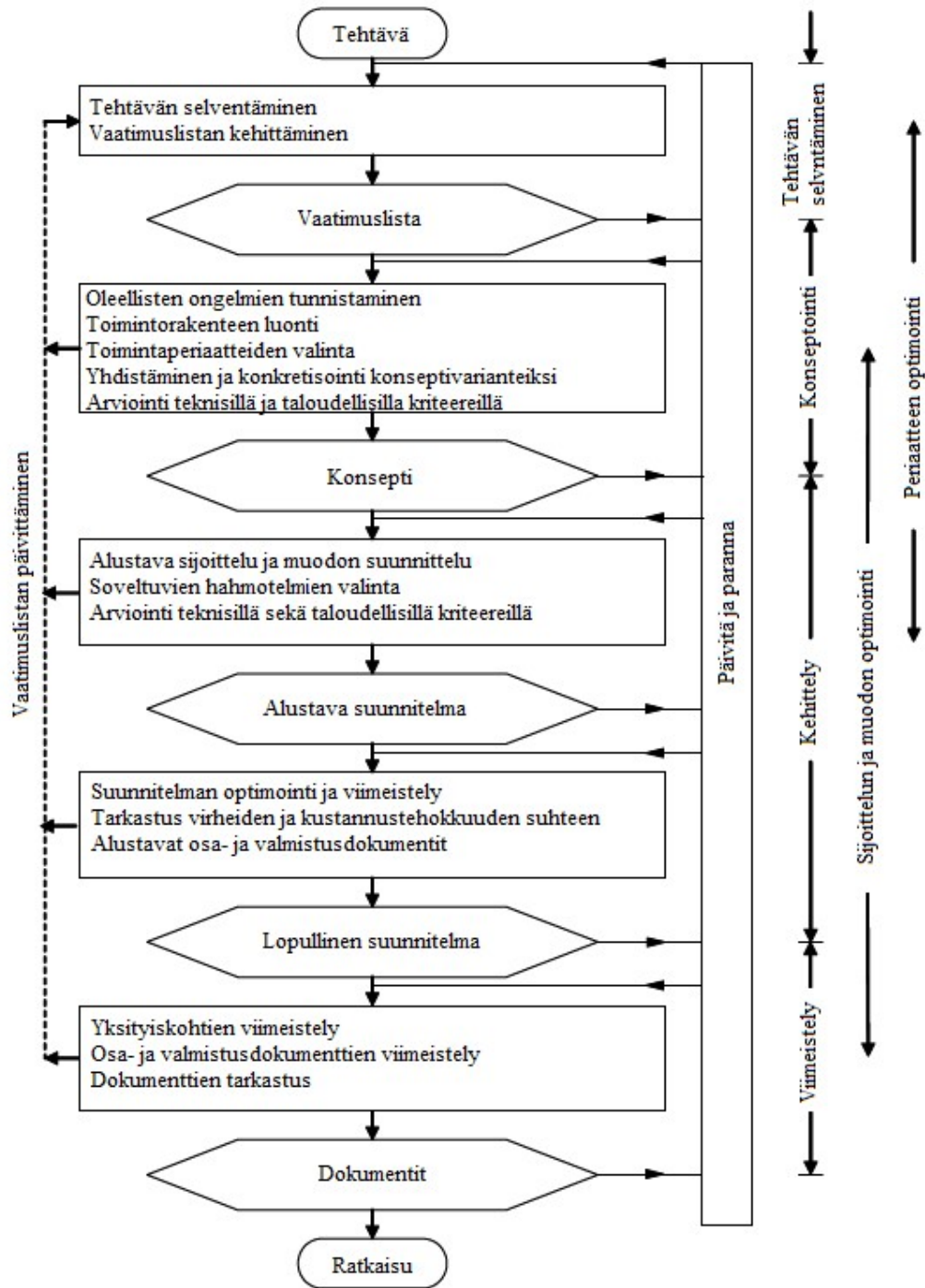
#### 3.1 VDI 2221

VDI on vuonna 1854 perustettu saksalainen standardisointiin keskittynyt yhdistys, jonka ensimmäiset koneensuunnittelun systematisointiin liittyvät ohjeet ovat peräisin vuodesta 1954, jolloin niitä aluksi sovellettiin metodologisena apuna keksinnöllisyyteen. Tarkoitus oli rohkaista suunnittelijoita vapautumaan ennakkokäsityksistä ja etsimään uusia ratkaisuja arvioimalla olemassa olevia vaihtoehtoja sekä samalla ottaen huomioon uudet ideat ja assosiaatiot, vaikka ne tuntuivat aluksi toteutuskelvottomilta. Myöhemmin ohjeet ovat jalostuneet enemmän systemaattiseen järjestelmäsuunnittelun suuntaan keksinnöllisyyden sijasta, mutta ajatus on edelleen sama: Monimutkaisen ongelman muotoilu ja ratkaisu sitoutumatta aikaisemmin luotuihin vaihtoehtoihin. (Freddi & Salmon 2007, s. 29-31).

VDI 2222 kuvaa lähestymisen ja yksilöidyt toimenpiteet tuotteen konseptoinnille ja siten soveltuu hyvin uusien tuotteiden kehitykseen. Uudempi ohjesääntö VDI 2221 on yleispätevämpi ja paremmin sovellettavissa laajemmalle alueelle. (Pahl ym. 2007, s.18)

#### 3.2 Systemaattisen koneensuunnittelun vaiheet

Tuotteen suunnittelu etenee systemaattisen koneensuunnittelun mukaan viiden eri vaiheen kautta (kuva 9) tehtävämäärittelystä tuotettavaksi tuotteeksi. Jokaisen vaiheen välissä on tietty konkreettinen tulos, jota voidaan arvioida ja päättää, jatketaanko vaiheen käsittelyä vielä vai siirrytäänkö seuraavaan vaiheeseen. Jokaiseen vaiheeseen kuuluu tietyt tehtävät, jotka tulee suorittaa, mutta tarkka rajanveto eri vaiheiden välille on vaikeaa, joten on yleistä, että tehtävät eri vaiheista sekoittuvat ja suoritustapa on päällekkäisempi. (Pahl ym. 2007, s. 129)



**Kuva 9.** Systemaattisen konesuunnittelun vaiheet (Mukaillen Jänsch & Birkhoffer 2006, s. 48).

### 3.2.1 Tehtävänmäärittäminen

Suunnittelutyö alkaa tehtävänmäärittämisestä, jonka tarkoitus on tarkentaa tuotteelle asetettuja vaatimuksia. Tehtävänmäärittämisen tuloksena on vaatimusluettelo, johon systemaattisen koneensuunnittelun seuraavat vaiheet pohjautuvat. (Pahl ym. 2007, s. 131)

Vaatimuslistan täytyy Pahl ym. mukaan (2007 s. 145) pystyä vastaamaan vähintään seuraaviin kysymyksiin, jotta voidaan jatkaa:

- Mitkä tavoitteet tulevan ratkaisun tulee tyydyttää?
- Mitä ominaisuuksia sillä tulee olla?
- Mitä ominaisuuksia sillä ei tule olla?

Vaatimuslistalle (kuva 10) kirjataan kahdentyyppisiä vaatimuksia; ehdottomia ja toiveita. Suunniteltavan tuotteen on aina täytettävä ehdottomat vaatimukset tai muuten ratkaisuvaihtoehto hylätään. Toiveet eivät ole yhtä määrääviä kuin ehdottomat vaatimukset. Toiveet yritetään huomioida parhaan mukaan, mutta niiden toteuttamatta jättäminen ei automaattisesti johda ratkaisuvaihtoehdon hylkäämiseen. Toiveet voidaan tarvittaessa luokitella tärkeyden mukaan esimerkiksi kolmiportaisesti, jolloin suunnitteluvaiheessa voidaan arvioida mitä toiveista toteutetaan, jos joudutaan valintatilanteeseen. Vaatimuslistaan on hyödyllistä merkitä myös vaatimuksien esittäjät, jotta tarvittaessa voidaan keskustella vaatimuksien perusteista, jos tarvetta kompromisseille suunnittelun edetessä ilmenee. (Pahl ym. 2007, s. 147)

Käyttäjä		Vaatuslista Projekti, Tuote	Identifiointi Luokittelu Lehti: Siv:
Muu- tos	V T	Vaatimukset	Vastaava
Muutos pvm.	Tunnus V tai T	Esine- tai ominaisuus määrä- ja laatu-tietoineen  Tarvittaessa jäsennehtynä osajsteemeiksi (toiminto- tai rakenne- ryhmiksi) tai ohjelistan tunnusten mukaan	Vastuullinen konstruktoryhmä
Korvaa painoksen			

**Kuva 10.** Perusmuotoinen vaatimusluettelo (Pahl & Betz 1990, s. 65).

Vaatimuslistan tulisi olla alusta asti mahdollisimman sitova ja kattava. On kuitenkin kannattamatonta yrittää määrittää kaikkia mahdollisia vaatimuksia projektin alussa, koska moni asia tarkentuu vasta suunnittelun edettyä. Täten vaatimusluettelo voidaan ja on kannattavaa päivittää projektin varrella ennemmin kuin yrittää tehdä kerralla valmista. Vaatimusluettelo päivitetessä merkitään tehty muutos ja uusi revisio listaan, jonka jälkeen tulee lista kierrättää kaikilla joihin muutos saattaa vaikuttaa. (Pahl ym. 2007, s. 148-151)

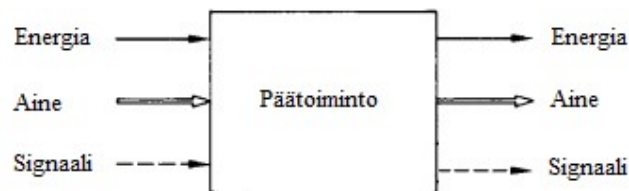
### 3.2.2 Luonnostelu

Kun tehtävänasettelu on saatu päätökseen, voidaan siirtyä luonnosteluvaiheeseen, jossa pyritään selvittämään oleellinen ongelma abstrahoimalla, laaditaan toimintorakenne ja etsitään vaikutusperiaatteiden yhdistelmät. Vaiheen lopputuloksena on parhaiten soveltuva luonnos ratkaisusta, jonka kehittämistä jatketaan seuraavassa vaiheessa. (Pahl ym. 2007 s. 159-160)

Abstrahoinnilla pyritään löytämään tehtävänasettelun oleelliset ongelmat kuvailemalla niitä mahdollisimman yleisellä tasolla. Yleistämällä ongelma pyritään löytämään ratkaisuksi uusia tapoja, joita ei aikaisemmin ole tultu ajatelleeksi. Abstrahoinnin tarkoitus on myös etäännyttää tehtävänasettelun yhteydessä tai aikaisemmin muodostuneista ratkaisumalleista.

Onnistuneen abstrahoinnin tuloksena on kokonaistoiminnon tunnistaminen sekä rajaukset ilman sitoutumista tiettyyn ratkaisuun. (Pahl ym. 2007 s. 161-165)

Toimintorakenteen luomisen peruslähtökohta on, että abstrahoinnin yhteydessä tunnistettu ongelma on riippuvainen toiminnallisuudesta. Kokonaistoiminto voidaan täten esittää lohkokaaaviomuodossa (kuva 11), jossa tulo- ja lähtösuureet on määritelty, mutta ratkaisu on vielä avoin eri vaihtoehdoille. Kokonaistoiminto voidaan ja on yleensä kannattavaa jakaa riittäväksi määräksi osatoimintoja, joita voidaan muokata itsenäisinä erillisinä osina. (Pahl ym. 2007 s. 161-165)



**Kuva 11.** Kokonaistoiminto lohkokaaaviomuodossa (Pahl & Betz 1993, s. 89).

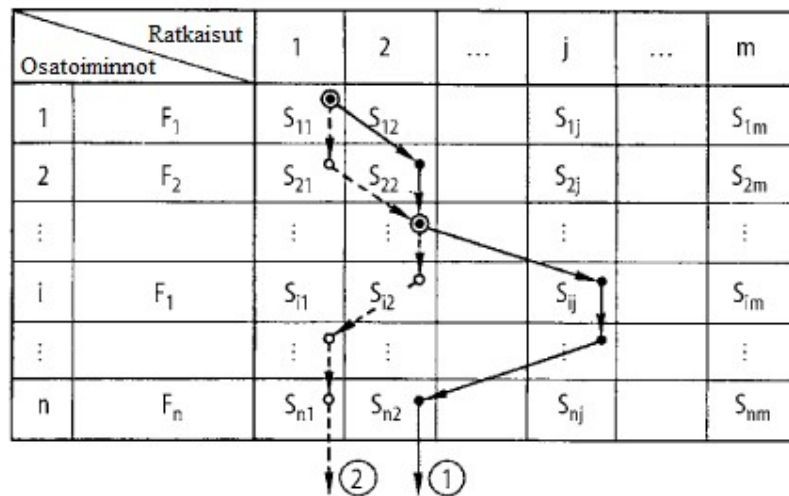
Toimintorakenteen luonti riippuu siitä, onko tuote uusi vai sovellus jostain olemasta olevasta tuotteesta. Uusien tuotteiden kohdalla toimintorakenteen luonti lähtee liikkeelle vaatimuslistasta sekä abstrahoinnista, joiden avulla muodostetaan toiminnolliset yhteydet eri osafunktioiden välille. Sovelluskonstruktion ollessa kyseessä analysoidaan tunnetun ratkaisun toimintorakenne, joka toimii pohjana jatkokehitykselle tai rakenteen modulointiin. (Pahl ym. 2007 s. 178)

Kun osatoiminnot on tunnistettu riittäväällä tarkkuudella, voidaan siirtyä etsimään vaikutusperiaatteita, jotka toteuttavat osatoiminnot. Osatoimintojen vaikutusperiaatteet yhdistetään myöhemmin kokonaistoiminnoksi. Vaikutusperiaate toteuttaa toiminnon vaatiman fyysikaalisen ilmiön sekä omaa geometrian ja aineellisuuden. Se on siis ensimmäinen konkreettinen osa ratkaisua. Jokaiselle osatoiminnolle tulisi löytää monta mahdollista ratkaisuvaihtoehtoa. (Pahl ym. 2007, s. 181)

Vaikutusperiaatteita voidaan etsiä tavanomaisiksi menetelmiksi luokitelluista kirjallisuudesta, analysoimalla olemassa olevia ratkaisuja sekä tutkimalla luonnosta löytyviä

esimerkkejä, analogiatarkasteluina sekä mittauksista ja mallikokeista. Toinen tapa löytää ratkaisuja on intuitiiviset menetelmät, joiden käyttö ei millään tavalla sulje pois tavanomaisten menetelmien käyttöä, vaan on jopa suositeltavaa vaihdella menetelmien välillä periaatteita hakiessa. Intuitiivisessa menetelmässä painottuvat suunnittelijan omat oivallukset, jotka syntyvät ratkaisua etsiessä ja harkitessa. (Pahl ym. 2007, s. 181)

Vaikutusperiaatteiden yhdistämistä varten luodaan taulukko (kuva12), jossa osafunktiot ovat ensimmäisellä pystyrivillä ja erilaiset vaikutusperiaatteet vaakariveillä. Taulukosta valitaan yhdistelmiä, jotka sopivat yhteen täyttäen samalla vaatimuslistan ehdot. Mahdollisia yhdistelmiä pitäisi aikaansaada useampia vertailua varten. Vaikutusperiaatteita on jo tässä yhteydessä kannattavaa visualisoida mahdollisimman hyvin helpottamaan yhdistämisprosessia. (Pahl ym. 2007, s. 104)



**Kuva 12.** Vaikutusperiaatteiden valinta (Mukaillen Pahl ym. 2007, s.104).

Ennen muunnelmien valintaa on tarpeen konkretisoida edellisessä vaiheessa kehitettyjä vaikutusperiaatteita. Sen lisäksi, että vaihtoehto toteuttaa halutun toiminnon hyväksikäyttäen tiettyä vaikutusperiaatetta, sen pitää täyttää myös muut reunaehdot, joista tärkeimmät ovat turvallisuus, tilavaatimukset, ergonomia ja kustannukset. Muita huomioonotettavia näkökulmia ovat kokoonpano, kierrätettävyys, huolto, laadun hallittavuus sekä käyttöikä. Varianttien konkretisoinnissa tuotetaan lisätietoa vaihtoehtoista, jotta niiden paremmuus voidaan arvioida luotettavammin. Konkretisoinnissa käytettäviä menetelmiä lupaavimmille

vaihtoehdolle ovat suuntaa antavat laskelmat, karkeamittakaavaiset luonnokset, mallikokeet, patenti- ja markkinatutkimukset. Uuden tuotetun informaation avulla vaikutusperiaatteet saadaan konkretisoitua riittävästi, jotta niitä voidaan pisteyttää ja asettaa paremmuusjärjestykseen. (Pahl & Betz 2007, s. 193-194)

### 3.2.3 Kehittely

Kehittelyvaiheessa valittu konsepti kehitetään tuotantovalmiiksi tekniset ja taloudelliset seikat huomioon ottaen. Kehittelymalleja tarvitaan tavallisesti useita ennen kuin lopullinen vaihtoehto löytyy. Kehitetystä tuotemallista pitää pystyä tarkastamaan toiminnallisuus, kesto, osien valmistus, kokoonpano, käyttö ja kustannukset ennen kuin voidaan siirtyä viimeistelyvaiheeseen. (Pahl ym. 2007, s. 227)

Kehittelyssä tulee tähdätä kolmeen asiaan; selkeyteen, yksinkertaisuuteen ja turvallisuuteen. Selkeys tekee lopputuloksesta helpommin ennustettavan, joka tarkoittaa, että tietyn toiminnon suorittaminen tuottaa tietyn lopputuloksen. Yksinkertaisuus lisää varmuutta taloudellisesti kannattavasta ratkaisusta vähentämällä osia loppukokoonpanosta sekä tekemällä osista nopeasti ja helposti valmistettavia. Turvallisuus koostuu laitteen komponenttien kestosta, luotettavuudesta, onnettomuuksien ennaltaehkäisystä sekä tuotteen ympäristöstävällisyydestä. Näiden seikkojen toteutumisella varmistetaan teknisen funktion toteutuminen, taloudellinen kannattavuus sekä turvallisuus henkilöiden ja ympäristön kannalta. Näiden lisäksi ratkaisusta tulee arvioida hyvän ergonomian toteutuminen, kokoonpano ja kuljetus, kierrätettävyyden sekä käyttö ja huolto. (Pahl ym. 2007, s. 234-247)

Laitteen henkilöturvallisuus on tuotteen tärkein ominaisuus, joka vaikuttaa myös tuotteen yksinkertaisuuteen ja selkeyteen vahvasti. Turvallisuusvaatimukset voivat estää monien toteutustapojen käytön sekä monimutkaistaa rakennetta jopa niin paljon, että tuotteesta tulee kannattamaton johtaen sen kehittelyn hylkäämiseen. (Pahl ym. 2007, s. 247)

### 3.2.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa saatetaan loppuun kehitysvaiheessa aloitettu osasuunnittelu, jossa osat on suunniteltu pitkälle, mutta vielä voidaan rakennetta ja yksityiskohtia optimoida esimerkiksi lujouden ja valmistettavuuden suhteen. Toinen tärkeä asia on viimeistellä valmistusasiakirjat, kuten työ- ja kokoonpanopiirustukset sekä osaluettelot. Myös

tuotedokumentaatio, kuten käyttö ja huolto-ohjeet, tehdään viimeistelyvaiheessa. Monesti kehittely ja viimeistelyvaiheet menevät osittain päällekkäin varsinkin tuotettaessa yksittäis- tai piensarjoja raskaaseen teollisuuteen. (Pahl ym. 2007, s. 438)

### 3.3 Prototyypit tuotekehityksessä

Prototyyppejä käytetään tuotekehitysprosessissa pääasiallisesti neljään eri tarkoitukseen; oppimiseen, kommunikointiin, integraation tarkasteluun sekä merkkipaaluina tuotekehityksessä.

- Prototyyppi pyrkii vastaamaan kysymykseen: Toimiiko laite odotetulla tavalla ja tyydyttääkö se asiakkaan tarpeen
- Prototyyppi helpottaa kommunikointia eri sidosryhmien välillä muuttaen abstraktin sanallisen kuvauksen visuaaliseksi, jolloin siitä tulee huomattavasti ymmärrettävämpi kuin sanallisesta selityksestä
- Integraation avulla pystytään prototyypistä toteamaan ongelmia toisiinsa liittyvien alijärjestelmien tai osien rajapinnoilla
- Merkkipaalusta puhutaan, kun tuotesuunnittelun lähestyessä loppua prototyyppiä käytetään ilmaisemaan tuotteen valmiusaste johdolle tai asiakkaalle. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 294-297)

Prototyypit voidaan jakaa kahteen luokkaan, joista ensimmäistä edustaa aineettomat prototyypit kuten 3D-mallit sekä simuloinnit. Toinen luokka on mitä yleensä prototyypeillä ymmärretään eli fyysinen ilmentymä tulevasta tuotteesta. Lähes kaikissa tuotesuunnitteluprojekteissa on tarpeen luoda ainakin yksi prototyyppi, jolla toiminta todetaan ja samalla tarkastetaan toiminta odottamattomien ilmiöiden varalta. Analyttisillä malleilla pystytään toteamaan ainoastaan mallinnettu fysiikka, joten ennakoimattomat ominaisuudet eivät tule esille laskentamallissa. (Ulrich & Eppinger 2012, s. 297-298)

Systemaattisen konesuunnittelun kulkukaavioon ei sisälly erillisiä prototyyppejä, koska prototyyppejä voidaan rakentaa tarvepohjaisesti missä vaiheessa tahansa eikä niitä ole tarvetta sijoittaa erilliseen lokeroon. Varsinkin luonnosteluvaiheessa voi olla pakollista varmentaa joitakin asioita prototyypeillä. (Pahl ym. 2007, s. 151)

## 4 TULOKSET

Tässä pääluvussa esitellään tutkimuksen tulokset. Luku sisältää kuvauksen padan lisäominaisuuden kehittämistä systemaattisen koneensuunnittelun mukaisesti alkaen tehtävänmäärittelystä ja päättyen kehittelyvaiheessa rakennettuun prototyyppiin.

### 4.1 Tehtävänmäärittely

Tehtävänmäärittelyssä luotiin vaatimuslista tuotteen ominaisuuksille. Vaatimukset johdettiin listaan tutkimukselle annetuista tavoitteista, tyhjiökypsennysmenetelmää käsittelevästä kirjallisuudesta, kilpailijoiden laitteista verkkolähteistä yleisesti saatavilla olevaan tietoon tutustumalla sekä keittiöasiantuntijoita haastatteleamalla. Vaatimukset tarkastettiin ja tarkennettiin palavereissa, joissa osallistujina oli tutkimuksen teettäjän edustajia tuotekehityksestä, tuotannonkehityksestä sekä asiakasrajapinnassa toimivia keittiökokemusta omaavia henkilöitä.

Tuotteen ominaisuuksia koskevat painotukset, jotka korostuivat useassa lähteessä, olivat tarve toiminnan mahdollisimman suureen automaattisuuteen, lämpötilan säädön tarkkuuteen, ergonomisuuteen sekä helppokäyttöisyyteen.

Jotta kehitettävän vaihtoehdon kilpailukykyisyys verrattuna markkinoilla oleviin erillislaitteisiin varmistuisi ja toteutuisi lopputuotteessa ominaisuuksien osalta, suoritettiin kahdesta markkinoilta löytyvästä tyhjiökypsennysaltaasta vertailu verkosta löytyviin teknisiin tietoihin sekä ominaisuuksiin perustuen. Tuotteiden tiedot ja ominaisuudet ovat taulukoitu taulukkoon 1.

*Taulukko 1. Markkinoilla olevien tyhjiökypsennyslaitteiden ominaisuuksia (JOM 2020b; JOM 2020c; DC norris 2020b; DC Norris 2020c).*

	<b>JOM 55126</b>	<b>DC Norris CT5</b>
Eräkkoko (kg)	126	250
Vesimäärä (l)	600	?
Leveys (mm)	2164	2000
Syvyys (mm)	1304	1143
Korkeus (mm)	1094	1143
Lämmitysteho (kW)	37,5	?
Sisälämpötilan mittaus	X	X
Korinostin	X	X
Ohjelmoitavissa	X	X
Automatisoitu lämmitys/jäähdytysyyskli	X	X
Kosketusnäyttö	X	X
Aika-lämpötila tietojen tallennus	X	X

Taulukosta voitiin havaita laitteiden olevan melko yhteneviä ominaisuuksien suhteen. Eräkoossa oli valmistajien välillä selkeä ero, eikä sille löytynyt laskennallisia perusteita tai standardeja, jonka mukaan se pitäisi laskea. Laitteiden kokoa sekä kuvia tarkastelemalla voitiin olettaa molempien pystyvän kuitenkin käsittelemään suunnilleen saman verran ruokaa kerrallaan, koska altaan tilavuudet ovat melkein samat, vaikka eräköön lukemissa on kaksinkertainen ero.

Vaatimukset ergonomialle tulivat keittiöissä työskennelleiltä asiantuntijoilta ja ne tarkastettiin standardin SFS-EN 1005-2 (2009) suhteen, jotta minimivaatimukset ylittyvät. Lisäominaisuutta kehitettäessä pyrittiin korostamaan ergonomisuutta, mikä on yksi suurtauluskeittöilaitteiden kilpailutekijöistä, joten tästä syystä ergonomiavaatimuksia ei haluttu korjata huonommiksi, vaikka standardi olisi sen sallinut.

Taulukossa 2 on esitetty tehtävnmäärittelyn tuloksena syntynyt lopullinen vaatimuslista. Vähimmäisvaatimukset on merkitty kirjaimella V ja toiveet kirjaimella T. Lista katselmoitiin kahdesti palaverissa, joista jälkimmäisessä katselmoinnissa vaatimuslista hyväksyttiin ja jonka jälkeen voitiin siirtyä täysipainoisesti luonnosteluvaiheeseen.

Taulukko 2. Vaatimuslista.

Metos		Vaatimuslista tyhjiökypsennys- ja jäähdytysallassevellukselle (sivu 1/2)	Rev. A 30.6.2020
Muutos	V/T	Vaatimukset	
		<p><b>Yleistä</b></p> <p>V Optio Proveno 4G 400L:ään</p> <p>V Idea sovellettavissa myös 150-300L 4G:hen</p> <p>T Optio jälkiasennettavissa Proveno 4G:hen</p> <p>V Modulaarinen rakenne</p> <p>T Padan kaikki muu toiminnallisuus pysyttävä ennallaan</p> <p><b>Lämpötila</b></p> <p>V Lämpötila-alue jääpankin kanssa: 2°C-99°C</p> <p>V Lämpötila-alue ilman jääpankkia 10°C-99°C (verkostovesi 9°C)</p> <p>V Veden lämpötilaohjauksen tarkkuus: &lt;±1°C</p> <p>T Veden lämpötilaohjauksen tarkkuus: &lt;±0,5°C</p> <p>V Ruoan sisälämpötilan mittaustarkkuus &lt;±0,3°C</p> <p>V Ruoan jäähtymisnopeus 55°C--&gt;3°C &lt;90min, pussin paksuus 30mm</p> <p>V Veden lämmitysnopeus 10°C--&gt;99°C &lt;60min</p> <p>V Veden liikuttava pussien ympärillä</p> <p><b>Geometria</b></p> <p>V Sopii Proveno 4G 400L pataan</p> <p>T Korien tilavuus &gt;0,25m<sup>3</sup></p> <p>T Lokeron minimi koko 330*230*80</p> <p>T Vie varastoituna &lt;50% tilaa</p> <p>V Pussien limittäin ja päällekkäin meneminen estettävä</p> <p>V Pussien kelluminen estettävä</p> <p><b>Käyttöliittymä</b></p> <p>V Veden lämpötilan esitys 0,1°C</p> <p>V Tuotteen lämpötilan esitys 0,1°C</p> <p>V Veden lämpötilan asetus 0,1°C</p> <p>V Tuotteen lämpötilan asetus 0,1°C</p> <p>V Pitoajan asetus</p> <p>V Pitoajan esitys</p> <p><b>Automaatio</b></p> <p>V Ohjelmoitava lämmitys/jäähdetyssykli</p> <p>V Vesimäärä pidettävä vakiona lämmittäessä/jäähdyttäessä</p> <p>V Automaattinen vedentäyttö</p> <p>V Automaattinen vedentyhjennys optiona</p> <p>T Toimii myös vajaalla määrällä koreja ja vettä</p>	

Taulukko 2 jatkuu. Vaatimuslista.

Metos		Vaatimuslista tyhjiökypsennys- ja jäähdytysallassovellukselle (sivu2/2)	Rev. A 30.6.2020
Muutos	V/T	Vaatimukset	
	T	<b>Ergonomia</b> Yksittäiset nostot / sykli, <10kg	
	T	Toistuvat nostot <5kg	
	T	Työskentelykorkeus 700mm-1300mm	
	T	Ei kurkottelua	
	V	<b>Aikataulu</b> Prototyypin testattuna 31.10.2020 mennessä	

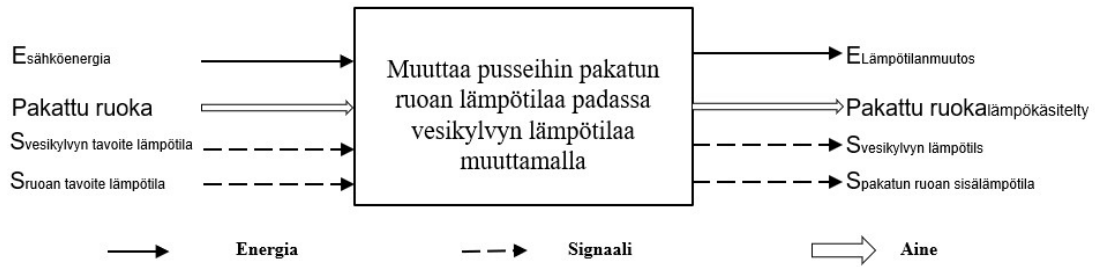
#### 4.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa valittiin toteutettava konsepti pohjautuen vaatimuslistaan. Prosessi aloitettiin ongelman abstrahoinnilla ja päätettiin soveltuvimman konseptin valintaan. Tehtävän luonne olemassa olevaan padan lisäominaisuuden lisääminen sekä lyhyehkö kehitysaika asettivat rajoituksen vaikutusperiaatteiden monimutkaisuudelle sekä abstraktion tasolle. Tämän takia muunnelmien valitsemisessa ja arvioinnissa keskityttiin enemmän aikataulun puitteissa toteutettavissa oleviin alalla tunnettuihin vaihtoehtoihin kuin mahdollisimman uusien vaihtoehtoyhdistelmien etsintään. Luonnostelu toteutettiin seuraavin askelin.

1. Abstrahointi
2. Toimintorakenteen luonti
3. Vaikutusperiaatteiden etsintä
4. Vaihtoehtojen karsinta
5. Vaihtoehtojen konkretisointi
6. Varianttien arviointi
7. Parhaan luonnoksen vahvistaminen

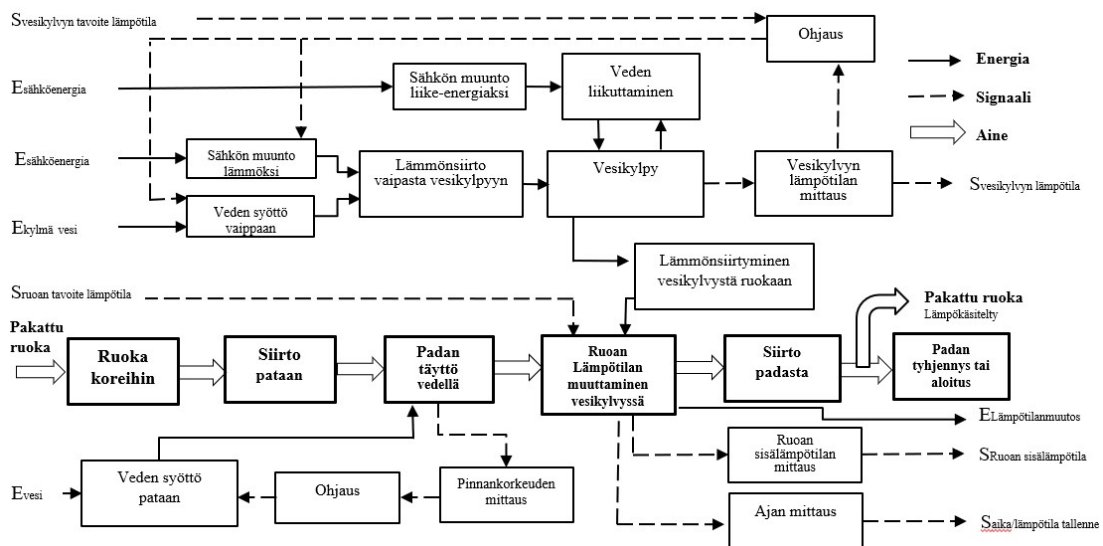
#### 4.3 Abstrahointi ja toimintorakenteen luonti

Abstrahoinnin avulla muodostettiin vaatimuslistaan perustuen päätoimintoa kuvaava ongelmanmuotoilu, joka on esitetty kuvassa 14.



**Kuva 13.** Päätoiminto.

Päätoiminnon lisäksi tarvittiin aputoimintoja, jotta päätoiminto saatiin toteutettua. Kuva 14 esittää toimintorakennetta osa- ja aputoimintoineen.



**Kuva 14.** Toimintorakenne aputoimintoineen.

Koska suunnittelun kohteena oli padan lisäominaisuus, tärkeänä lähtökohtana voitiin pitää periaatetta toteuttaa mahdollisimman suuri osa toiminnoista hyväksikäyttäen jo padasta löytyvää toiminnallisuutta ja saada siten synergiaetua.

#### 4.4 Osatoiminnot

Toimintorakenteesta oli tunnistettu padoissa tarvittavat osatoiminnot päätoiminnon toteuttamiseksi. Matriisiin lisättiin kaikki ne toiminnot, joilla uskottiin olevan vaikutusta

tehoon, käytettävyyteen, toteutuksen monimutkaisuuteen tai kustannuksiin. Näiden pohjalta luotiin toiminnot, joille tarvittiin ratkaisut.

1. Korityyppi
2. Nostinratkaisu
3. Padan täyttö kuumalla vedellä
4. Padan täyttönopeuden kasvattaminen
5. Vesimäärän valinta
6. Vedenpinnan mittauksen toteutus
7. Lämpötilan hallinta
8. Vesikylvyn lämpötilan mittaus
9. Veden liikuttaminen
10. Sisälämpötilan mittaus
11. Jäähdytyksen toteutus
12. Veden poisto
13. Ohjaus
14. Käyttöliittymä
15. Anturoinnin toteutus

Jokainen kohta analysoitiin erikseen ja muunnelmat toiminnon toteuttamiselle kirjattiin toimintomatriisiin. Seuraavaksi on avattu toimintomatriisin päätyneiden vaihtoehtojen valintojen perusteluja vastaavassa järjestyksessä kuin edellä ollut listaus.

#### 4.4.1 Korit ja nostin

Korien päätehtävä on pitää vakuumpussit veden alla ja erillä toisistaan. Vaihtoehtoja erilaisille korikonstruktioille etsittiin olemassa olevista tunnetuista ratkaisuista.

Kuten aikaisemmin mainittu, patoihin oli ennestään saatavilla lisävarustuksena korit (kuva 3, s.10), jotka asetetaan padan sekoitin akselin varaan. Toinen patoihin suoraan soveltuva malli oli vielä toistaiseksi tuotteistomattomassa Metoksen omistamassa hyödyllisyysmallissa (Pat. FI 11989 2018), jossa pyöreät korit on asetettu päällekkäin pohjan varaan ja pystysuuntainen sekoitin sekoittaa vettä. Markkinoilla olevista

tyhjiökypsennysaltaista löytyi kahta periaatteeltaan erilaista korimallia; suorakulmaisia pinottavaa tai kehikosta ulosvedettävää korimallia.

Näiden edellä mainittujen esimerkkien pohjalta luotiin pataan sopivia vaatimukset täyttäviä malleja kolme; hyödyllisyysmalliin pohjautuvat pyöreät pinottavat korit, suorakulmaiset vetokorit sekä sektorinmalliset pinottavat korit. Korimuunnelmien 3D luonnokset on esitelty kuvassa 15.



**Kuva 15.** Korimuunnelmat vasemmalta oikealle; pyöreä pinottava kori, suorakulmaiset ulosvedettävät korit sekä sektorimalliset korit.

Ergonomia ja käytettävyys olivat vaatimuslistaa tehtäessä tunnistettu vahvasti painotetuksi tekijöiksi. Vaatimuslista ei salli yli kymmenen kilon yksittäisiä nostoja eikä kurottavia liikkeitä. Yksittäisiä koreja voisi kyllä periaatteessa pinota pataan ja täyttää yksitellen vaatimusmäärittelyn puitteissa, mutta asennosta tulisi epäergonominen eikä työn tehokkuus vastaisi ammattikeittiön vaatimuksia. Erillislaitteina myytäviin tyhjiökypsennysaltaisiin nostolaite sisältyi poikkeuksetta, joten sen poisjättäminen olisi todennäköisesti suuri riski, joka voisi muodostua kaupanteon esteeksi. Korirakennelmia luonnosteltaessa oli myös huomattu, että korirakennelmien paino ylittää helposti nostorajan 10kg, jos rakenteen pitää kestää ammattikeittiön käyttöolosuhteita. Edellä mainitut seikat johtivat jonkinlaisen nostinratkaisun välttämättömyyteen.

Vaihtoehtoja nostimille etsittiin markkinoilta löytyvistä keittiöihin soveltuvista ratkaisuista. Erillisten tyhjiökypsennysaltaiden yhteydessä käytetään yleisimmin kiskonostinta, joka on sijoitettu altaan päälle ja jolla voidaan nostaa koko kehikko pusseineen padan ulkopuolelle (kuva 16).



**Kuva 16.** Seinään tai kattoon asennettava nostin (Metos 2017, s. 11).

Metoksen valikoimassa padan lisävarusteena on aikaisemmin ollut jäädyttävälle sekoitintyökalulle saatavana ollut nostin, joka on ollut integroituna tukijalkaan. Nostin oli tarkoitettu vain pienille kuormille, mutta vastaavanlaista nostinta voitaisiin kuitenkin myös käyttää korikehikon nostamiseen, jos nostinta ja tukijalkaa vahvistettaisiin (kuva 17).



**Kuva 17.** Padan tukijalkaan integroitu nostin (Metos 2014, s.21).

Vastaavasta ideasta tehtiin myös muunnelma (kuva 18), jossa nostin olisi kiinnitettynä lattiarakenteeseen tai itseseisovan padan kehikkoon. Kuorman nostamiseksi padan eteen tarvitsisi nostin nivelpuomin tai muun vastaavan rakenteen.



**Kuva 18.** Jalkakehikkoon integroitu nostinratkaisu.

Yksi idea oli käyttää erillistä nostinkärryä, jolla korikehikko voitaisiin nostaa pataan (kuva 19). Hyvä puoli tällaisessa ratkaisussa olisi se, että keittiöön tarvittaisiin vain yksi nostovaunu, jolla voitaisiin palvella useampaa pataa.



**Kuva 19.** Nostinkärry (Dieta 2020).

Nostolaitetta valitessa tulee erityisesti ottaa huomioon turvallisuus, koska kehikko koreineen painaa täytettynä noin 170 kg. Tarkastelu on tehtävä myös koko laitteelle, jos nostin vaikuttaa padan painopisteeseen. Tällaisessa tapauksessa tulee pata tai nostin olla kiinnitettyä lattiaan tai käyttää lisätukea, joka estää padan kaatumisen.

#### 4.4.2 Padan täyttö

Tyhjiökypsennystoimintoa varten tarvittiin vaatimuslistan mukaan automaattinen keino täyttää pata vedellä. Kylmän veden syöttö, jonka syöttömäärää voidaan säätää

litramääräisesti padan ohjauspaneelista, kuuluu padan mukana tuleviin perustoimintoihin, joten sen käyttäminen osana ratkaisua olisi mahdollista. Erilaisia muunnelmia täytön optimoimiseksi etsittiin veden virtausnopeudelle, kuumen veden syötölle sekä padan osatäytön mahdollistamiseksi.

Vaatuslistan mukaan padan täyttäminen vedellä tuli olla automaattinen, joten tarvittiin keino indikoida, kun pinta on saavuttanut halutun tason. Pinnanmittaukseen soveltuvia antureita on padan muissa toiminnoissa ja näitä katsottiin voitavan hyödyntää myös padan pinnanmittaukseen, joten ei ollut tarpeen etsiä syvemmin vaihtoehtoja pinnanmittauksen toteutukselle.

Markkinoilla olevissa tyhjiökypsennysaltaissa on mahdollisuus käyttää altaan täyttämiseen kuumaa vettä syöttämällä sitä kiinteistön lämpimästä käyttövesiputkistosta altaaseen. Ominaisuuden eduksi voi nähdä veden lämmitysajan lyhentymisen ja sitä kautta lyhyemmän kokonaisajan prosessille. Toimintomatriisiin avulla arvioitiin, onko tämä kannattava ominaisuus padan tyhjiökypsennystoiminnolle vai ei, koska ominaisuuden lisääminen kasvattaa järjestelmän monimutkaisuutta sekä valmistuskustannuksia.

Ruokamäärä, joka yhdellä kertaa halutaan käsitellä, saattaa vaihdella oleellisesti eri käyttökertojen välillä, joten asiakkaalle on edullista pystyä säätämään vesimäärää ruokamäärän mukaan säästääkseen vettä sekä lämmitysaikaa.

#### 4.4.3 Lämpötilan hallinta

Lämpötilan hallinta tyhjiökypsennysmenetelmässä koostuu lämpötilan mittaustarkkuudesta, veden sekoittumisesta ja lämmityksen ohjauksen tarkkuudesta. Vaatuslistan mukaan lämpötilan poikkeama saa olla korkeintaan  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  asetusarvosta, joskin toiveena oli alle  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  tarkkuus. Prosessin vaatimat lämpötilanmittaukset tulee suorittaa vedestä sekä pussin sisältä, jotta voidaan varmistua oikeasta kypsyyssasteesta sekä ruokaturvallisuuden toteutumisesta. Lämpötilan nostaminen toteutetaan padassa olevilla vastuksilla ja lämpötilan laskeminen syöttämällä kylmää vettä vaippaan kuten normaalissa keittotoiminnossa jäädyttäessä. Toimintomatriisiin kerättiin vaihtoehdot höyryvaipan toimintaperiaatteen muunnelmista, kylvyn lämpötilan mittauksen toteuttamisesta, veden liikuttamisesta, ruoka-anturin toteutusvaihtoehdoista sekä jäädytyksen toteutustavoista.

Normaalitoiminnassa höyryvaippaan muodostetaan höyryä kuumentamalla vettä vastuksilla höyryvaipassa. Höyrystynyt vesi tiivistyy padan ulkopintaan ja luovuttaa lämpönsä. Muita vaihtoehtoja on täyttää vaippa vedellä, jolloin lämmönsiirto on hitaampaa, mutta helpommin ohjattavissa. Tarkkuutta ja lämmönsiirtoa voidaan parantaa pumpulla vesivaippaa käytettäessä patentissa (Pat. FI 126676, 2017) esitetyllä tavalla.

Pata on normaalisti varustettu lämpötila-anturilla, joka mittaa lämpötilaa padan pohjapinnan läpi. Tyhjiökypsennysmenetelmän tarkkuusvaatimus lämpötilan säädön suhteen on korkeampi kuin tavallisessa keittotoiminnassa, johon pata alun perin on suunniteltu. On siis arvioitava, onko nykyinen mittaus riittävän tarkka vai tuleeko pata varustaa anturilla, joka mittaa lämpötilan suoraan vesikylvystä.

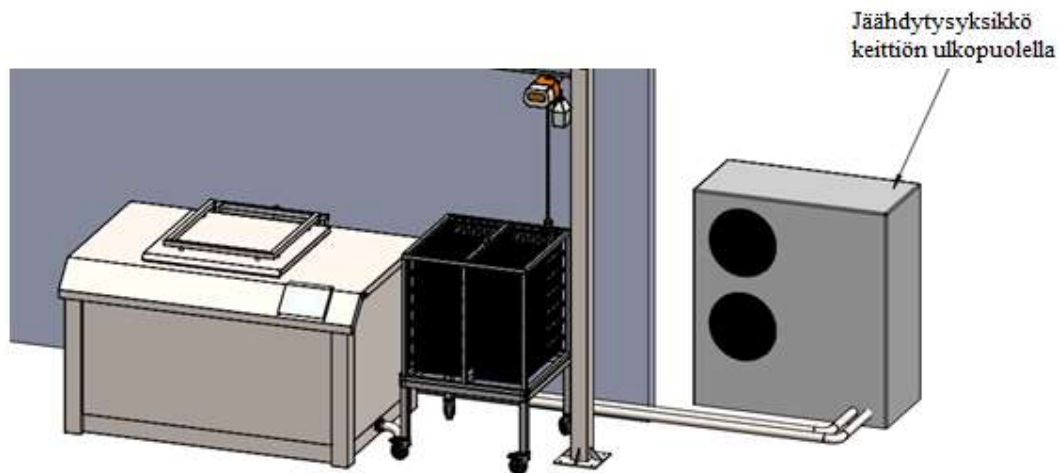
Veden liikuttamista tarvittiin nopeuttamaan lämmönsiirtoa pussien pinnalla sekä padan sisäpinnalla. Veden sekoittaminen oli myös tarpeen, jottei pataan muodostuisi lämpötilaeroja, joka johtaisi epätasaiseen kypsymiseen eri puolilla pataa. Kokemuksesta tunnettuja keinoja sekoittamiseen olivat pumppu, ilmakuplat sekä erilaiset sekoittimet ja siipipyörät. Proveno-padoissa, joihin lisäominaisuutta suunnitellaan, oli vakiona sekoitinakseli ja siihen ohjelmoitavissa oleva nopeudensäätö, joten sekoitinakselia hyödyntävillä vaihtoehdoilla oli etu muihin vaihtoehtoihin nähden.

Ruoan lämpötilamittaukseen on alalla lähes poikkeuksetta käytössä ohuen piikin muotoinen ruostumattomasta teräksestä valmistettu tikku, jonka sisällä on lämpötilaelementti. Tunnettuja ruoka-anturin toteutustapoja olivat uuneissa käytettävät johdolliset tai johdottomat anturit (kuva 20).



**Kuva 20.** Erilaisia anturiratkaisuja ruoan lämmön mittaukseen, vasemmalla johdollinen (Commercial ovens direct 2018) ja oikealla langaton anturi (Italcoppie 2020).

Teollisuuden käyttämät tyhjiökypsennysaltaat ovat lähes poikkeuksetta varustettu jäähdytysmahdollisuudella, jolla ruoan lämpö saadaan laskemaan alle 3°C lämpötilaan. Tyhjiökypsennysaltaissa on käytössä ulos sijoitettu kylmäkoneikko (kuva 21) ja laitteen sisällä on todennäköisesti glykoli/vesi lämmönvaihdin. Padan höyryvaippaan ei voi glykolia suoraan syöttää, mutta vastaavaa järjestelyä voitaisiin käyttää lisäämällä pataan höyryvaipan ja kylmäyksikön väliin lisäksi pumppu sekä lämmönvaihdin.



**Kuva 21.** Tyhjiökypsennysallas jäähdyttimellä (mukaiillen JOM 2020c).

Padoissa tavallisesti käytetty jäähdytystapa on jääpankkijäähdytys (kuva 22). Vesi jäähdytetään jääpankiksi kutsutussa erillisessä vesisäiliössä, jossa on veden lisäksi kylmäaineputket ja niiden ympärille muodostunutta jäätä. Jääpankissa jää luovuttaa lämpöenergiaa jäätyessään ja sitoo sitä sulassa padan jäähdytyksen aikana veden

kiertäessä jääpankin ja padan vaipan välillä. Toinen padoissa vielä yleisemmin käytetty jäähdystystapa on verkostovesijäähditys, jossa vesi otetaan kiinteistön kylmävesilinjoista, jolloin ei ole mahdollista saavuttaa lämpötiloja alle verkostoveden lämpötilan.



**Kuva 22.** Jääpankki ja pata (mukaiillen Packo 2020).

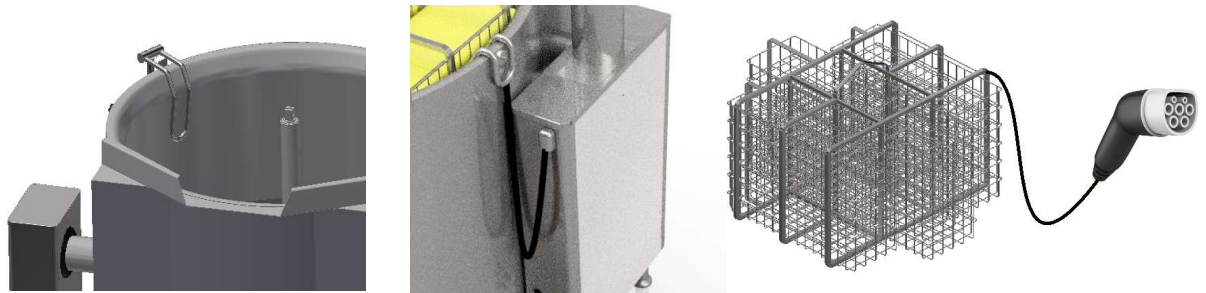
#### 4.4.4 Padan tyhjennys

Vesi täytyy poistaa padasta, kun siirrytään tyhjiökypsennystoiminnosta takaisin normaalitilaan. Veden poistoon padasta on nykyisellään käytössä kaksi eri vaihtoehtoa. Yleisin on padan perusominaisuuksiin kuuluva sähköinen kallistustoiminto, jota voidaan käyttää kosketusnäytöstä. Toinen olemassa oleva vaihtoehto on padan pohjaan asennettava poistoputki, jossa on käsikäyttöinen venttiili. Tämä voitaisiin varustaa sähkötoimisella venttiilillä tarvittaessa, jolloin pata voitaisiin tyhjentää automaattisesti käytön lopussa tai siirryttäessä lämmityksestä jäädytykseen. Kolmanneksi tyhjennysvaihtoehdoksi valittiin automaattinen tyhjennys pumppua käyttäen.

#### 4.4.5 Käyttöliittymä, ohjausjärjestelmä ja anturoinnin toteutus

Padan perusominaisuuksiin kuuluu graafinen käyttöliittymä, jota voi ohjata kosketusnäytöllä sekä ohjausjärjestelmä, johon on mahdollista kytkeä uusia ominaisuuksia mahdollistavia komponentteja kuten antureita. Tyhjiökypsennyslisäominaisuuden vaatima ohjaus ja käyttöliittymä voidaan toteuttaa lisäämällä ominaisuuksia olemassa olevaan elektroniikkaan. Ohjausjärjestelmässä oli käyttämättä vapaita sisääntuloja mahdollisesti tarvittaville vedenpinta- ja lämpötila-antureille, joten lisäelektronikalle ei sen vuoksi olisi tarvetta. Olemassa olevan järjestelmän käyttäminen muokattuna tyhjiökypsennysominaisuudelle oli itsestään selvää, joten se voitiin valita toteutettavaksi vaihtoehdoksi suoraan.

Antureiden erilaisia sijoituspaikkoja ja toteutusvaihtoehtoja luonnosteltiin useita. Anturien sijoittelussa suurin vaikuttava tekijä on käytettävyys sekä sijoittaminen sellaisella tavalla, että anturit tai niiden johdot eivät vahingoitu. Erilaisia vaihtoehtoja (kuva 23) antureiden toteutukseen ideoitiin kolme: mekaanisesti liitetty malli joko padan reunaan tai toimijalkaan, siirrettävät anturit, jotka ovat kiinteästi johdolla liitetty padan rakenteisiin sekä korikehikkoon integroidut anturit, jotka voidaan kytkeä pataan johdollisen liittimen avulla.



**Kuva 23.** Erilaisia anturointiratkaisuja vasemmalta oikealle: saranoitu anturiratkaisu, reunaan ripustettava ratkaisu sekä korikehikkoon integroidut anturit.

#### 4.5 Vaihtoehtojen karsinta ja konkretisointi

Muunnelmataulukoon (taulukko 3) löytyi loppujen lopuksi 15 kohtaa. Ohjaukselle, käyttöliittymälle ja pinnankorkeuden mittaukselle ei vaihtoehtoja ollut tarvetta etsiä vaan ne voitaisiin toteuttaa olemassa olevia ratkaisuja muokkaamalla; ne jätettiin kuitenkin valintamatriisiin.

Taulukko 3. Toimintomatriisi.

Muunnelmat	1	2	3	4
<b>Osatoiminnot</b>				
<b>Korit</b>	Pyöreä	Suorakulmio	Sektorit	
<b>Nostin</b>	Integroitu nostin tukijalassa	Lattiarakenteeseen tai jalkakehikon takakulmaan kiinnitetty nostin	Seinään/kattoon kiinnitetty nosin	Nostovaunu
<b>Kuumavesisyöttö</b>	Ei	Kyllä		
<b>Padan täyttönopeus</b>	Nykyinen virtausmäärä	Kasvatettu virtausmäärä		
<b>Vesimäärän mittaus</b>	Erillinen anturi pataan			
<b>Vesimäärän valinta</b>	Aina täyteen	Osatäyttö korien määrän mukaan		
<b>Lämpötilan hallinta</b>	Höyryvaippa	Vesivaippa	Vesivaippa liikkuvalla vedellä	
<b>Vesikyllyn lämpötilan mittaus</b>	Pohjan läpi mittaus (nykyinen ratkaisu)	Erillinen anturi pataan		
<b>Veden liikuttaminen</b>	Pumppu	Ilmakuplat	Sekoitin	
<b>Sisälämpötilan mittauksen toteutus</b>	Mittatikku johdolla	Mittatikku, langaton		
<b>Jäähdytyksen toteutus</b>	Jäähdytysvesi suoraan höyryvaippaan	Lämmönvaihdin ja pumppu		
<b>Veden poisto</b>	Automaattinen tyhjennys pumpulla	Automaattinen tyhjennys venttiilillä	Kallistus	
<b>Ohjaus</b>	Integroidaan nykyiseen ohjaukseen			
<b>Käyttöliittymä</b>	Lisätään nykyiseen käyttöliittymään omalle sivulle			
<b>Anturoinnin toteutus</b>	Kiinteä ratkaisu	Liikuteltava, kytketty padan rakenteisiin johdolla	Anturit korikehikossa, kytketään liitinjohdolla pataan	

Koska muunnelmia oli paljon, suoritettiin aluksi karsintakierros, jolla pyrittiin vähentämään listalla olevien vaihtoehtojen määrää poistamalla huonoimmat muunnelmat. Alla suoritettujen esikarsinnan perustelut eri muunnelmille.

1. **Korien malli.** Kaikki vaihtoehdot olivat soveltuvia.
2. **Nostinratkaisu.** Seinä- tai kattorakenteisiin kiinnitettävät ratkaisut hylätään, koska asennuspaikat vaihtelevat ja patojen päällä on yleensä huuvat. Vaikka nostovaunun idea vaikutti hyvältä, se täytyi hylätä, koska toteutus muodostuisi vaikeaksi, eikä myöskään turvallisuus tai käytettävyys puolla nostovaunun valintaa.
3. **Padan täyttö kuumalla vedellä.** Mahdollisesti hyödyllinen ominaisuus.
4. **Padan täyttönopeuden kasvattaminen.** Veden virtauksen kasvattamisesta olisi jonkinasteista hyötyä, koska se nopeuttaa prosessia noin kymmenen minuuttia. Kypsennysprosessit ovat yleensä kuitenkin useampia tunteja, joten täyttönopeudella ei todennäköisesti ole suurta merkitystä kokonaisuuteen.
5. **Pinnankorkeuden mittaus.** Toteutetaan käyttämällä vastaavaa anturityyppiä kuin padassa muussa käytössä oleva pinnankorkeusanturi.
6. **Vesimäärä.** Vesimäärän osittainen täyttömahdollisuus toteutetaan, koska energiankäyttöä voidaan ominaisuudella vähentää huomattavasti tilanteessa, jossa käsiteltävä ruokaerä on pieni. Toteutus arvioitiin myös kohtalaisen helpoksi.
7. **Lämpötilan hallinta.** Lämpötilan hallintaa varten suoritettiin sarja lämmityskokeita eri vaihtoehdoista. Näiden perusteella vaihtoehto 2 voitiin sulkea pois, koska se ei täyttänyt vaatimusmäärittelyä nopeuden suhteen.
8. **Vesikylvyn lämpötilan mittaus.** Kokeilla todettiin vesikylvyn lämpötilan mittauksen tarvitsevan anturin, jotta vesikylvyn lämpötilan mittausvaatimus  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  toteutuu kaikissa lämmitys- ja jäähdytystilanteissa.
9. **Veden liikuttaminen.** Vaihtoehdoista hylättiin erillinen pumppu sekä kompressorilla tuotetut ilmakuplat liian monimutkaisina sekä kalliina ratkaisuina verrattuna olemassa olevan sekoittimen hyödyntämiseen.
10. **Sisälämpötilan mittaus.** Langaton anturi hylättiin, koska markkinoilla ei ollut lämpötilakestoltaan eikä tiiveysominaisuuksiltaan sopivaa anturia tarjolla. Ratkaisun kehittäminen ja tuotteistaminen olisi myös vienyt liikaa aikaa hyötyyn nähden.
11. **Jäähdytyksen toteutus.** Kaikki vaihtoehdot ovat mahdollisia.

- 12. Veden poisto.** Oletus oli, että kuuma vesi on kannattavaa poistaa kypsennyksen jälkeen. Asia tutkittiin laskennalla, jossa vertailtiin vaihtoehtoja. Laskennan tuloksena oli, että vaihtoehdot 1 ja 2 voitiin hylätä kannattamattomina.
- 13. Käyttöliittymä.** Toteutetaan lisäämällä nykyiseen käyttöliittymään tarvittava toiminnallisuus
- 14. Ohjausjärjestelmä.** Lisätään nykyiseen tarvittavat anturit.
- 15. Anturoinnin toteutus.** Kaikki vaihtoehdot ovat mahdollisia.

Esikarsinnan jälkeen siirryttiin vaihtoehtojen konkretisointiin ja sen jälkeen lopulliseen valintaan. Jokaisesta ratkaisemattoman muunnelman toiminnosta valmisteltiin visualisointi sekä listattiin oleelliset tiedot ominaisuuksista, hyödyistä ja kustannuksista. Nämä koottiin yhteen esitykseen, joka esitettiin projektin tehtävämäärittelyyn osallistuneelle ryhmälle. Alla on esitetty esiin tulleita perusteluja valinnoille.

1. **Korit.** Parhaaksi valikoitui vetokorit muita vaihtoehtoja paremman käytettävyyden ansiosta. Ulosvedettävät korit voivat olla kehikossa täytön aikana, kun taas pinottavissa koreissa tarvitaan erillinen tila täytön aikana. Pienillä koreilla myös ergonomia toteutuu pienemmän painon sekä lyhyempien etäisyyksien ansiosta. Vetokorit arvioitiin valmistuskustannuksiltaan muita vaihtoehtoja kalliimmiksi, mutta muiden etujen katsottiin olevan suhteellisesti suuremmat kuin valmistuskustannus.
2. **Nostin.** Nostimeksi valikoitui padan tukijalkaan integroitu nostin. Valintaa puolsi modulaarisempi toteutus sekä pienempi valmistuskustannus toiseen vaihtoehtoon nähden.
7. **Täyttö kuumalla vedellä.** Ominaisuus säästäisi aikaa noin 30 minuuttia tavanomaisessa kypsennysprosessissa. Kypsennysajan kokonaispituudesta sekä padan käyttöasteesta riippuu, onko tämä aika merkitsevä. Joillekin asiakkaista ominaisuus voi olla tärkeä.
8. **Lämpötilan hallinta.** Lämmitys höyryvaipalla, jota voidaan tarvittaessa jäähdyttää verkostovedellä, on riittävä ratkaisu tarkkuuden sekä nopeuden puolesta. Lämmönvaihtimella ja pumpulla toteutettu ratkaisu olisi todennäköisesti tarkempi ja ohjauksen toteuttaminen helpompi, mutta toisaalta vaihtoehto sisältää suuremman

kustannuksen, teknisiä riskejä, huonomman energiatehokkuuden sekä pidemmän tuotteistusajan.

**9. Jäähdytys.** Jatkoon valittiin tavallinen ratkaisu eli veden syöttäminen vaippaan jääpankista, sekä vaihtoehto kaksi, jossa käytettäisiin lämmönvaihdinta, pumppua ja kylmäkonetta. Vaihtoehto kaksi on monimutkaisempi ja uusi ratkaisu patoihin, mutta se olisi edukas asiakkaille, jolla ei ole jääpankkia ennestään.

**15. Antureiden toteutus.** Anturoinnin toteutus päätetään prototyypin avulla, kun muut komponentit on kasattu. Tällöin pystytään fyysisesti kokeilemaan eri vaihtoehtoja pikamallien avulla ja saamaan paras lopputulos.

Taulukko 4 esittää lopullista valintamatriisia, johon on piirretty kaksi varianttia. Oranssilla on merkitty variantti, joka täyttää kaikki vaatimusmäärittelyn vaatimukset. Vihreällä on variantti, johon on valittu tuotteen ominaisuuksia parantavia lisäyksiä, mutta samalla ne nostaisivat valmistuskustannuksia, laitteen monimutkaisuutta sekä kehityskustannuksia.

Taulukko 4. Toimintomatriisi ja variantit, oranssilla variantti 1 ja vihreällä variantti 2.

Muunnelmat	1	2	3	4
<b>Osatoiminnot</b>				
<b>Korit</b>	Pyöreä	Suorakulmio	Sektori	
<b>Nostin</b>	Integroitu nostin tukijalassa	Lattiarakenteeseen tai jalkakohkon takakulmaan kiinnitetty nostin	Seinään/latoon kiinnitetty nostin	Nostevaunu
<b>Kuumavesisyyttö</b>	Ei	Kyllä		
<b>Padan täyttönopeus</b>	Nykyinen virtausmäärä	Kasvatettu virtausmäärä		
<b>Vesimäärän mittaus</b>	Erillinen anturi pataan			
<b>Vesimäärän valinta</b>	Aina käyteen	Osatäyttö korien määrän mukaan		
<b>Lämpötilan hallinta</b>	Höyryvaippa	Vesivaippa	Vesivaippa, pumppu ja lämmönvaihdin	
<b>Vesikyllyn lämpötilan mittaus</b>	Pohjan läpi mittaus (nykyinen ratkaisu)	Erillinen anturi pataan		
<b>Veden liikuttaminen</b>	Pumppu	Ilmasuplat	Sekoitin	
<b>Sisälämpötilan mittauksen toteutus</b>	Mittatikku johdolla	Mittatikku langaton		
<b>Jäähdytyksen toteutus</b>	Jäähdytysvesi suoraan höyryvaippaan	Lämmönvaihdin ja pumppu		
<b>Veden poisto</b>	Automaattinen tyhjennys pumppulla	Automaattinen tyhjennys venttiilillä	Kallistus	
<b>Ohjaus</b>	Integroidaan nykyiseen ohjaukseen			
<b>Käyttöliittymä</b>	Lisätään nykyiseen käyttöliittymään omalle sivulle			
<b>Anturoinnin toteutus</b>	Kiinteä ratkaisu	Liikuteltava; kytketty padan rakenteisiin johdolla	Anturit korikehikossa, kytketään liitinjohdolla pataan	

Variantteja arvioitiin niiden ominaisuuksien kannalta samalla huomioon ottaen projektin aikataulu- ja kustannusreunaehdot. Kehitettäväksi valikoitui kahdesta variantista variantti 1, joka täytti vaatimusluettelon vähimmäisvaatimukset. Variantti 2 olisi tarjonnut hieman paremmat ominaisuudet kehitettävälle toiminnolle, mutta jatkokehityksen vaatima aika olisi huomattavasti pidempi, tekniset riskit suurempia sekä valmistuskustannukset laitetta kohti korkeampia.

Taulukko 5 esittää varianttien vertailun numeroarvoilla. Painokertoimet kuvaavat suhteellista kriteerin arvoa. Painokertoimen lukuarvo perustuu vaatimusluettelon sekä toimintomatriisin perusteella tehtyyn arvioon arvosta. Kriteerien pisteytys on yhdestä viiteen, jossa luvulla yksi on epäedullinen ja luvulla viisi edullinen vaikutus lopputulokseen. Jäähdytystapa nostettiin vertailuun omaksi rivikseen, koska sillä on suuri vaikutus järjestelmän kokonaishankintakustannukseen tapauksissa, joissa asiakkaalla ei ole ennestään jääpankkia.

*Taulukko 5. Varianttien vertailu.*

Kriteerit	Painokerroin	Variantti 1		Variantti 2	
		Pisteet	Painotettu	Pisteet	Painotettu
Valmistuskustannus	0.1	4	0.4	3	0.3
Monimutkaisuus	0.15	4	0.6	3	0.45
Jatkokehitysaika	0.15	4	0.6	3	0.45
Suorituskyky	0.2	3	0.6	4	0.8
Toimintavarmuus	0.3	5	1.5	4	1.2
Jäähdytystapa*	0.1	2	0.2	4	0.4
<b>Yhteensä</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>3,9</b>	<b>21</b>	<b>3,6</b>

\*Vaikutus koko järjestelmän kustannukseen (pata + tarvittavat kylmälaitteet)

Vaikka variantti 1 valikoitui jatkokehitettäväksi, variantin 2 vaihtoehtoja ei kuitenkaan lopullisesti hylätä vaan niitä voidaan käyttää tulevaisuudessa parantamaan laitteen tehoa tarvittaessa. Variantissa 2 nähtiin olevan ominaisuuksia, jotka voivat olla tarpeellisia tietyille asiakkaille, joten ne voisivat olla myöhemmin kehitettäviä optioita tai vakio-ominaisuuksia.

#### 4.6 Kehittely

Kehittely aloitettiin arvioimalla konseptoinnissa syntyneet rakenteet, jotka tulisi suunnitella valmiiksi. Luonnosteluvaiheessa oli jo useat rakenteet konkretisoitu niin pitkälle 3D-suunnittelun avulla, että voitiin siirtyä suoraan tarkempaan mitoitukseen sekä valmistustekniikan vaatimien yksityiskohtien suunnitteluun.

Aikataulu arvioitiin kehittelyvaiheen osalta erittäin tiukaksi suuren osamäärän takia, joten suunnittelussa jouduttiin etenemään riskejä ottaen. Riskit voitiin kuitenkin hyväksyä, koska prototyypin avulla pystyttäisiin toteamaan edelleen kehitystä vaativat osiot ja korjaamaan ne viimeistelyvaiheessa.

Prototyypiksi valmistettava konsepti sisälsi neljä erillistä elementtiä, jotka yhdistämällä lisäominaisuus tulisi mekaanisesti koostumaan; kehikon koreineen, tukijalkaan integroidun nostimen, sekoittimen veden liikuttamiseen sekä anturoinnin toteutuksen. Anturoinnin toteutusta ei ollut konseptoinnissa viety loppuun asti, mutta modulaarisuuden vuoksi kytkentäpaikka, josta johdot menevät padan rakenteen sisäpuolelle, voitiin alustavasti sijoittaa tukijalan yhteyteen. Modulaarisuuden lisäämiseksi tukijalkaan sijoitettiin kaikki muutkin tyhjiökypsennysominaisuuden tarvitsemat komponentit, jotka yhdistettäisiin yhdellä johtosarjalla padan ohjausyksikköön. Tällä tavalla lisäominaisuuteen liittyvät osat pystyttäisiin kasaamaan omana alikokoonpanona ja saataisiin toiminnosta myös helpommin jälkiasennettava.

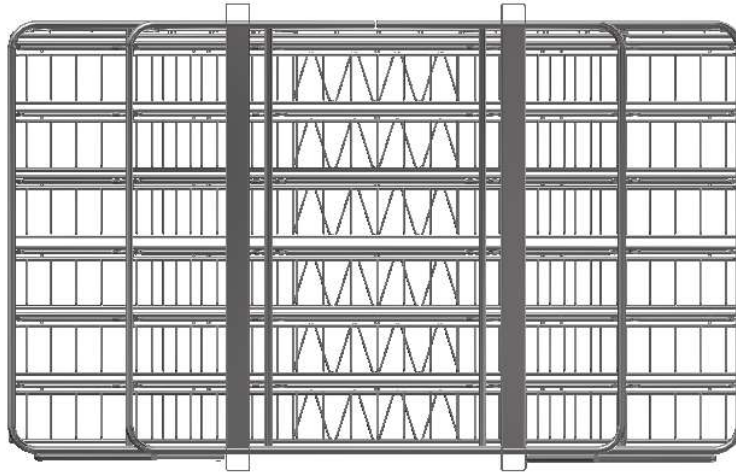
Aluksi tarkasteltiin osia, joita rakenteeseen kuuluu projektin aikataulun näkökulmasta. Koska aikataulu oli tiukka ja rakenneosien väliset suhteet olivat konseptoinnin yhteydessä riittävän pitkälle suunniteltu, oli järkevää aloittaa oletetusti pitkillä toimitusajoilla olevien osien suunnittelu ensin ja laittaa ne mahdollisimman nopeasti tilaukseen. Tällä tavalla aikataulun arvioitiin prototyypin rakennuksen suhteen olevan pidettävissä. Kyseiseen toimintatapaan sisältyi tosin riski, että myöhemmin viimeisteltävistä osista tulee muutoksia, jotka vaikuttavat jo tilattuihin osiin.

Pisimmän toimitusajan osa arvioitiin olevan nostimeen tarvittava karamoottori. Valittavat ominaisuudet karamoottorille olivat nostovoima, iskunpituus, mekaaniset kiinnityspisteiden tyypit sekä käyttöjännite. Maksimikuorma, jonka nostimen tulisi nostaa, oli 200 kg ja iskunpituus minimissään 700 mm, joka määräytyi matkasta, joka korikehikon on noustava yltääkseen ulos padasta. Iskunpituuteen lisättiin vielä 50 mm, jotta kehikko ei törmää pataan, vaikka se olisi hieman vinossa epätasaisen kuormauksen tai heilumisen seurauksena. Iskunpituuden ja maksimivoiman mukaan valikoitui malli, jonka nostonopeus olisi 35mm/s mikä katsottiin riittäväksi, koska kokonaisnostoaika olisi alle 30 sekuntia. Karamoottoriin

määriteltiin vielä liittymät muuhun mekaniikkaan, jonka jälkeen karamoottori tilattiin toimittajalta.

Seuraavaksi kehiteltäväksi otettiin korirakennelma, jonka toimitusaikaa oli ennakkoon vaikea arvioida. Korirakennelmaksi oli valikoitunut konseptoinnissa kehikko, jossa on ulosvedettävät suorakulmaiset korit. Valmistusmateriaaliksi ja -menetelmäksi koreille valikoitui ruostumaton teräslanka, joka hitsattaisiin vastushitsauksella. Valintaa valmistusmenetelmäksi puolsi se, että teräslankatuotteiden tuotanto on automatisoitavissa, koreista saadaan jäykkiä ja keveitä sekä pyöreäpoikkipintaisesta langasta valmistetuissa tuotteissa on pienempi riski teräviin reunoihin, jotka voivat puhkaista vakuumpussin koreja ulos vedettäessä tai paikoilleen työntäessä. Suunnittelussa pyrittiin maksimoimaan korien sisätilavuus, joka oli määritelty vaatimuslistassa. Tavoitteena oli myös saada korit mahdollisimman keveiksi käsiteltävyyden kannalta. Koreja oli padan pyöreästä muodosta ja keskellä olevasta sekoitinakselista johtuen kahdenlaisia. Reunoilla olevat korit olivat samanlaisia, kun taas keskellä oleviin koreihin tuli jättää aukko sekoittimelle

Kehikko, johon korit asetettaisiin, koostui halkaisijaltaan 10 mm ruostumattomasta teräslangasta taivutetuista johteikkoseinämistä sekä ohutlevystä valmistetuista tukikappaleista, jotka myös paikoittivat seinämät oikeille etäisyyksille toisistaan. Vaatimuslistalla oli toive korirakennelman kasaan taittuvuudesta silloin, kun pata on normaalissa ruonvalmistuskäytössä. Aikataulun takia toivetta ei pystytty kuitenkaan toteuttamaan. Korit olisi ollut mahdollista suunnitella sisäkkäin pinottaviksi, mutta tilansäästö olisi aiheuttanut kapasiteetin alenemisen vinojen seinien takia. Kapasiteettia pidettiin arvokkaampana kuin pinottavuutta, joten pinottavuutta ei toteutettu. Kuvassa 24 on esitelty kehikon 3D-malli.



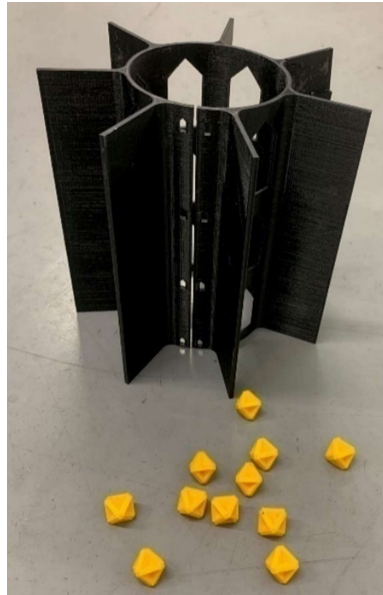
**Kuva 24.** Kehikon 3D-malli sivusta.

Teknisestä näkökulmasta haastavin osarakennelma oli nostin. Konseptoinnissa nostimen toteutukseksi oli valikoitunut tukijalkaan integroitava muunnelma. Nostimen ylös/alas liike toteutettiin jo aiemmin mainitulla karamoottorilla. Tärkein mitoituskriteeri nostimen mekaniikalle oli kuorman aiheuttama siirtymä nostimen päässä. Nostimen lujuuden mitoituksessa otettiin huomioon varmuuskerroin 1,25 jonka koneasetus nostinlaitteilta edellyttää. (Koneasetus 400/2008). Laskennassa otettiin huomioon myös dynaaminen rasitus, joka on suurimmillaan kuorman pysähtyessä. Nostimen kuormitusten alaisten osien mitoituksessa käytettiin yksinkertaistettua 3D-mallia ja Autodesk Inventor suunnitteluohjelmiston Finite Element Method (FEM) laskentaominaisuutta.

Nostimen liikeradat tarvitsivat laakeroinnin pystysuuntaiselle ja pyörimisliikkeelle. Pystysuuntainen liike toteutettiin liukulaakerilla. Nostoputken sisälle mitoitettiin urarullalaakeri, joka kantaa pystysuuntaisen kuorman ja estää väännön välittymisen karamoottorille. Ulkoisesti tukijalka muotoiltiin muuten samannäköiseksi kuin normaali padan tukijalka, mutta syvyyttä kasvatettiin, jotta karamoottori, tukirakenteet ja ohjaukseen liittyvät komponentit saatiin sijoitettua jalan sisään.

Sekoittimen toteutusvaihtoehtoja oli tutkittu konseptointivaiheessa ja sen pohjalta kehitettäväksi oli valittu siipipyörätyyppinen sekoitin. Ennen osien suunnittelua tehtiin koe, jossa 3D-tulostamalla siipipyörä kiinnitettiin sekoitinputkeen. 3D-tulostamalla valmistettiin myös keskeltä onttoja kappaleita, joiden paino suhteessa tilavuuteen oli  $1 \text{ kg/dm}^3$ , joka

vastaa veden tiheyttä. Täten kappaleet joko kelluvat tai uppoavat virtauksen mukana. Siipipyörän ja kappaleiden (kuva 25) avulla pystyttiin näkemään veden virtaus padassa, joka vahvasti luottamusta siihen, että pystymallinen pitkäsiipinen siipipyörätyyppinen sekoitin voisi toimia korien kanssa. Tarkempi toiminta pystyttäisiin kuitenkin lopulta toteamaan vasta, kun täytettyjä koreja ja sekoitinta voitaisiin testata yhdessä.



**Kuva 25.** 3D-tulostetut siipipyörä sekä virtausindikaattorit.

Sekoittimen lopullinen toteutus muodostui koneistetusta alalaakerituesta, putkimaisesta runko-osuudesta sekä siipilevyistä (kuva 26). Prototyypissä käytettäisiin samaa laakerointia kuin normaalissa sekoittimessa. Runko-osuus leikattiin putkilaserilla, jotta paikoitusaukot siiville sekä kevennykset saatiin aikaan. Siivet valmistettiin laserleikkaamalla levystä. Koko rakenne laakeria lukuun ottamatta oli ruostumatonta terästä, joka kasattiin TIG-hitsaamalla.



**Kuva 26.** Sekoittimen 3D-malli.

Anturoinnin toteutuksen osalta päätettiin rakentaa ensin prototyyppi, jossa on helpompi kokeilla eri anturointivaihtoehtoja nostimen ja korien kanssa. Tukijalkaan lisättiin valmiiksi reiät johtojen kytkemistä varten. Kuva 27 esittää lopullista prototyypin 3D-mallia



**Kuva 27.** Padan ja uuden tyhjiökypsennysvarustuksen 3D-malli.

#### 4.7 Prototyypin valmistus

Prototyyppiin liittyvät tehtävät alkoivat osien tarjouspyynnöillä. Jotta projektin budjetissa pysyttiin, täytyi joitain muutoksia tehdä kappaleisiin tarjouspyyntöjen jälkeen.

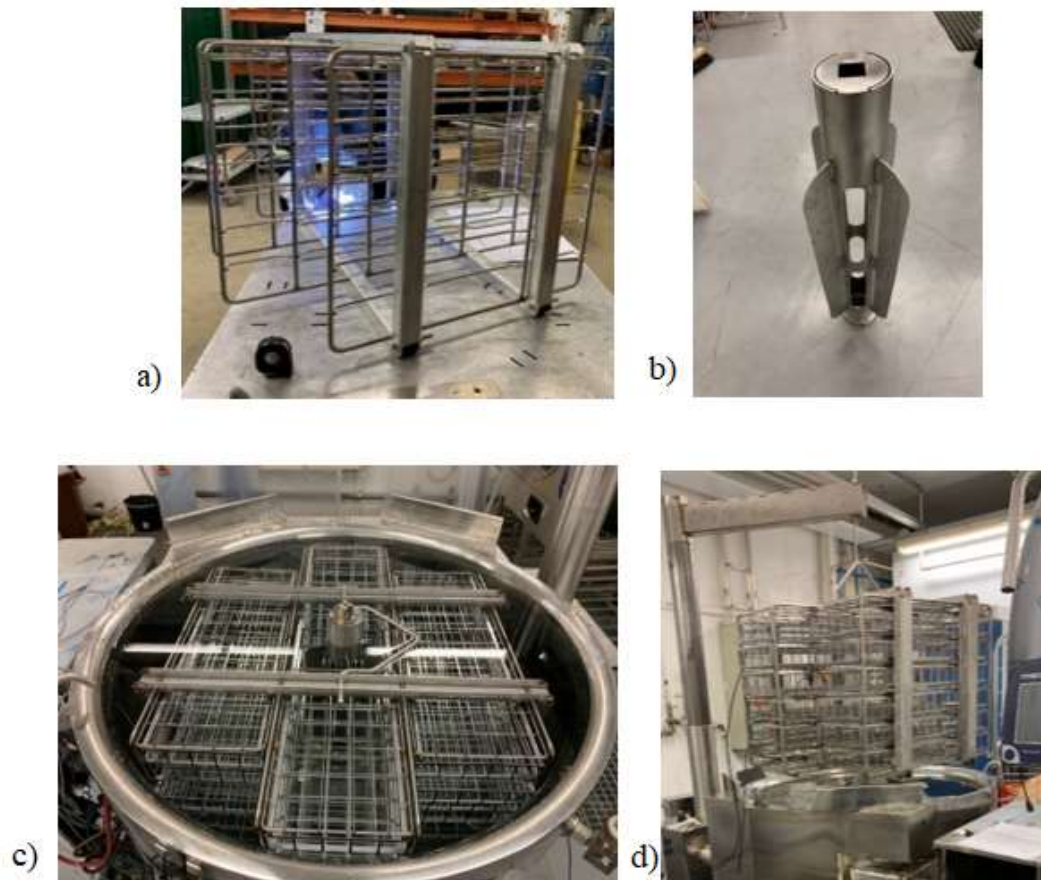
Kalleimmiksi prototyypeiksi osoittautuivat korit, jotka olisivat vaatineet jigien valmistuksen lankojen vastushitsauksen ajaksi. Valmistajan mukaan olisi myös riski, että mittoja jouduttaisiin säätämään prosessin aikana, joka voisi näkyä aikataulun venymisenä. Tästä syystä päätettiin valmistaa ensimmäiset korit ohutlevystä laserleikkaamalla sekä särmäämällä (kuva 28). Korien rei'itys mitoitettiin mahdollisimman lähelle metallilangasta tehdyn korin kanssa. Valitulla toimintatavalla haluttiin olla sitoutumatta tiettyihin mittoihin ennen kuin konseptin toimimisesta on mittaustuloksia.



**Kuva 28.** Ohutlevystä valmistettu korin prototyyppi.

Toinen osa, jota jouduttiin muuttamaan, oli nostimen putki. Liukulaakerointi vaati tarkan toleranssin pitkälle matkaa putkea, joka osoittautui vaikeaksi valmistaa. Putken seinämän paksuus oli mitoitettu lujuuden ja taipumien suhteen, mutta valmistaminen näihin mittoihin osoittautui liian vaativaksi. Tämän takia piirustuksiin tehtiin helpotus, joka sallii toimittajan valitsevan omille koneilleen soveltuvan seinämänpaksuuden alittamatta kuvaan määriteltyä minimisisähalkaisijaa, joka vaadittiin karamoottorin mahtumiseksi putken sisälle, sekä alittamasta seinämänpaksuutta, joka oli lujuuden mukaan määritetty. Myös putken toleranssivaatimusta jouduttiin laskemaan  $e9$ :stä  $e11$ :sta, jotta koneistaja pystyi ottamaan työn tehtäväksi. Näin toimien saatiin osat valmistumaan prototyyppiä varten aikataulussa, mutta valmistettavuuteen joudutaan palaamaan ennen sarjavalmistuksen aloittamista. Todennäköistä on löytää alihankkija, jonka konekanta ja kokemus sopii paremmin kyseisen osan valmistamiseen tai löytää puolivalmiste, jossa ulkohalkaisija täyttää vaaditun toleranssin.

Muiden osien kohdalla ei ollut suuria haasteita valmistuksen osalta, joten prototyypin rakentaminen päästiin aloittamaan osien saavuttua. Prototyypin rakentaminen sujui yleisesti ottaen hyvin. Kuvassa 29 on esitetty prototyypin osia.



**Kuva 29.** Prototyypin a) kehikko, b) sekoitin, c) sekoitin ja kehikko koreineen padassa, d) nostin ja kehikko koreineen.

#### 4.8 Verifiointi

Prototyypin valmistuttua siirryttiin verifiointiin. Tyhjiökypsennyslisäominaisuuden verifiointi toteutettiin tekemällä lämmitys- ja jäädytyskokeet sekä katselmointi prototyypistä projektin aikana päätöksentekoon osallistuneiden henkilöiden kesken. Verifiointi suoritettiin, jotta voitaisiin varmistua konseptin toimivuudesta ennen siirtymistä kehittäelyvaiheessa eteenpäin.

#### 4.8.1 Koejärjestelyt

Mittaukset suoritettiin Metoksen tuotekehitystiloissa Keravalla. Testattavana laitteena oli Proveno 4G 400E, johon oli asennettu edellisessä luvussa esitetty tyhjiökypsennyslisävarustus. Mittauksia tehtiin kaksi kappaletta, joista ensimmäisessä tutkittiin lämmitystä sekä lämpötilan ylläpidon tarkkuutta ja toisessa jäähtymisen nopeutta.

Aluksi suoritettiin kalibrointimittaus kokeissa käytettävien antureiden virheiden toteamiseksi ja huomioimiseksi tuloksissa. Mittaus tehtiin upottamalla anturit kalibroidun referenssimittarin kanssa 9°C ja 50°C lämpöiseen veteen, jonka jälkeen lämpötilojen tasaannuttua antureiden näyttämää arvoja verrattiin referenssimittarin näyttämään arvoon. Virheet kirjattiin molemmissa mittauspisteissä ja jokaiselle anturille muodostettiin lineaarinen virhe koko mittausalueella, joka otettiin huomioon mittaustuloksia käsiteltäessä.

Testimateriaalina lämmitys- ja jäähtymiskokeissa käytettiin perunaa (kuva 30), jonka ominaisuudet ominaislämpökapasiteetiltaan ja lämmönjohtavuudeltaan ovat lähellä vakuumpakattua lihaa, jota yleisesti tyhjiökypsennyslaitteilla kypsennetään ja jäähdytetään, mutta joka on halvempaa ja kestää useamman lämmityskerran matalassa lämpötilassa.



**Kuva 30.** Testattava laite ja 80 kg perunoita.

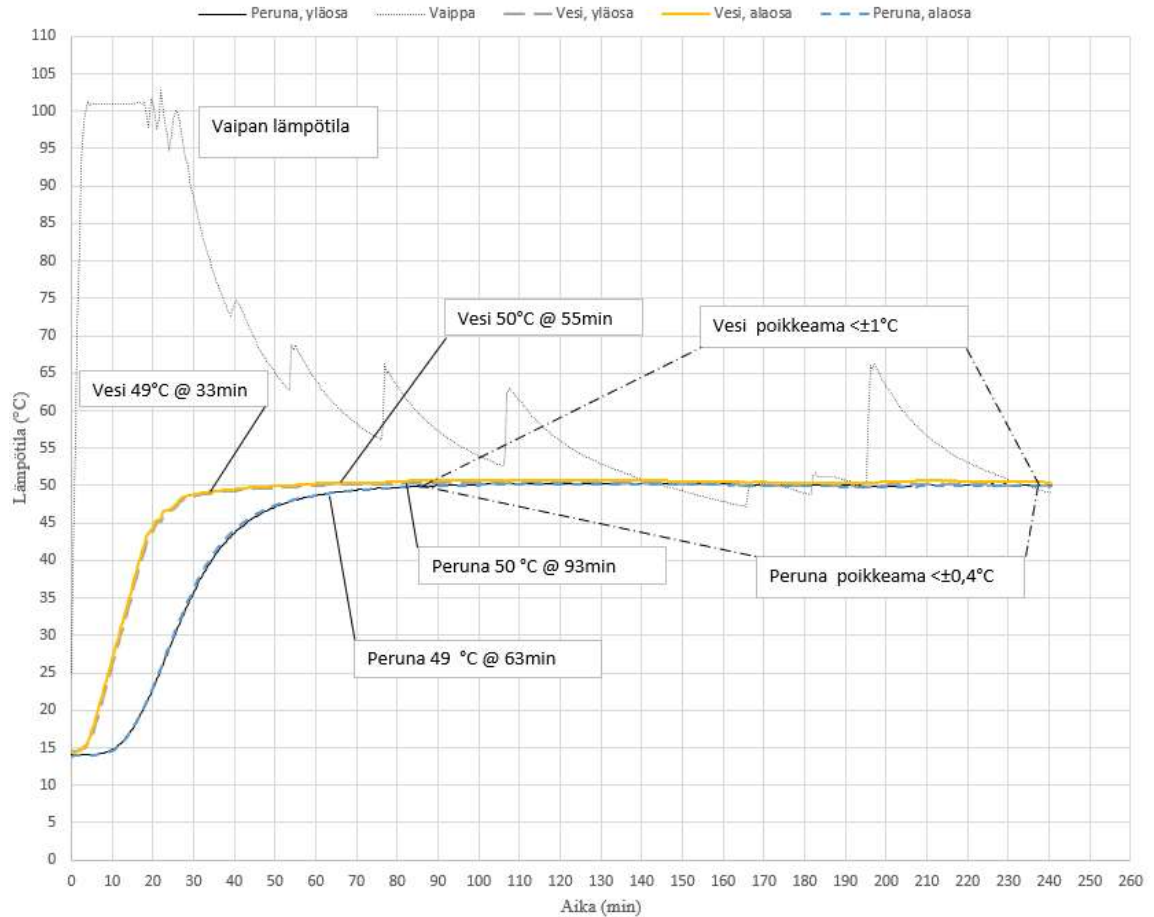
Perunat aseteltiin koreihin antureiden kanssa ja nostettiin pataan (kuva 31). Pata täytettiin vedellä ja padan käyttöliittymästä asetettiin lämmitys 50 asteelle sekä sekoittimen nopeudeksi 130 kierrosta minuutissa. Lämpötiloja tallennettiin 30 sekunnin välein. Koejärjestelyssä kaksi anturiparia mittasi lämpöjä eri puolelta pataa; toinen yläosasta ja toinen alaosasta. Anturipareista toinen anturi mittasi perunan lämpötilaa ja toinen anturi veden lämpötilaa anturillisen perunan vierestä. Yksi anturi näiden lisäksi mittasi höyryvaipan lämpötilaa.



**Kuva 31.** Tyhjiökypsennyskoe perunoilla.

#### 4.8.2 Lämmityskokeen tulokset

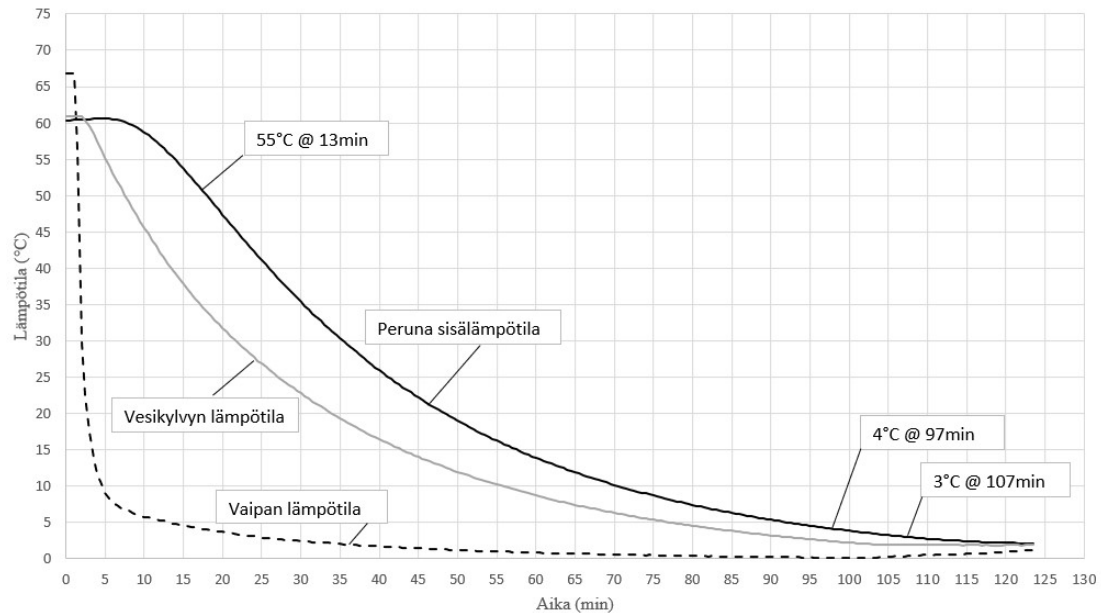
Kuvassa 32 on esitetty lämmitystestin tulokset. Kuvasta voidaan nähdä veden saavuttaneen asetusarvon 50°C 55 minuutissa. 49°C, joka oli lämpötilansäädön sallitun toleranssin sisällä, saavutettiin 33 minuutissa. Perunoiden sisälämpötila saavutti tavoitelämpötilan 93 minuutissa. Veden lämpötilaa ylläpidettiin 180 minuuttia, jonka aikana veden lämpötilan poikkeama asetusarvosta oli alle 0,8°C ja perunoiden lämpötilan poikkeama alle 0,4°C.



**Kuva 32.** Veden ja perunoiden lämpötilan muutos ajan funktiona lämmitettäessä. Tulosten kannalta oleellista on huomata lämmön ylläpitovaiheen poikkeaman suuruus, joka vedelle oli alle  $1^\circ\text{C}$  ja perunoille alle  $0,4^\circ\text{C}$ .

#### 4.8.3 Jäähdytyskokeen tulokset

Jäähdytyskoe tehtiin samoin anturijärjestelyin kuin lämmitys. Vesi ja perunat kuumennettiin ensin lämpötilaan  $60^\circ\text{C}$ , jonka jälkeen odotettiin, kunnes lämpötilannousu oli tasaantunut. Tämän jälkeen kytkettiin jäähdytys päälle. Jäähdytysveden virtaamaksi mitattiin 85 litraa minuutissa. Jäähdytystestin tulokset on esitetty kuvassa 33. Oleellisinta tuloksissa on väli  $55^\circ\text{C}$  ja  $3^\circ\text{C}$ , jonka saavuttamiseen kului 94 minuuttia.



**Kuva 33.** Veden ja perunoiden lämpötilanmuutos ajan funktiona jäädytettäessä. Oleellista on perunan sisälämpötilan muutokseen kuluva aika välillä 55° ja 4°C, joka tässä tapauksessa on 84 minuuttia.

#### 4.8.4 Palaute prototyypistä

Palautetta kerättiin katselmoimalla prototyyppi sekä testitulokset projektin tehtävämäärittelyyn ja konseptointiin osallistuneiden henkilöiden kesken. Katselmoinnin tarkoituksena oli arvioida konseptin onnistumista sekä kerätä prototyypistä käytettävyyteen liittyviä huomioita ja parannettavia kohtia, jotka tulisi korjata mahdollista tuotteistusta tehtäessä.

Konsepti todettiin katselmoinnissa kokonaisuudessaan onnistuneeksi käytettävyydeltään ja ergonomialtaan sekä suorituskykymittauksien perusteella soveltuvaksi tyhjiökypsennys- ja jäädytysallaskäyttöön.

#### 4.9 Jatkokehitys

Jatkokehittäväksi ennen tuotteistukseen siirtymistä jäi anturoinnin lopullinen mekaniikka, käyttöliittymän ja ohjauksen ohjelmointi sekä prototyypin rakennuksen yhteydessä havaittuja valmistustekniikkaan liittyviä korjauksia.

## 5 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa suunniteltiin tyhjiökypsennyslisäominaisuus suurtalouspataan ja toteutettiin suunnittelun tuloksien verifiointi prototyypillä. Tutkimuksen tavoitteet saavutettiin pääasiallisesti hyvin ja seuraavassa pohditaan saatuja tuloksia tarkemmin.

### 5.1 Vertailu aiempaan tutkimukseen

Tyhjiökypsennyslaitteista ei kirjallisuustutkimuksessa löytynyt artikkeleita muutamaa tässä tutkimuksessa tarkasteltua poikkeusta lukuun ottamatta. Tutkimuksia oli saatavilla tyhjiökypsennyksestä, mutta sitä käsittelevä tieteellinen kirjallisuus on keskittynyt enimmäkseen muutoksien tarkasteluun mikro-organismeissa erilaisten lämpötilanmuutosten seurauksena tai eri ruoka-aineiden käyttäytymiseen tyhjiökypsennyksessä. Aineistona tyhjiökypsennysaltaista käytettiin siksi eri laitevalmistajien julkisesti saatavilla olevia materiaaleja. Prototyypin vertailu tähän aineistoon, jota on käsitelty sivuilla 16 ja 29 osoittaa, että nyt kehitetty lisäominaisuus vastaa erillislaitteina myytävien laitteiden ominaisuuksia.

### 5.2 Tutkimuksen objektiivisuus, reliabiliteetti ja validiteetti

Tuotekehitystyyppisen tutkimuksen objektiivisuus voidaan kyseenalaistaa usein perustellusti. Tuote on monesti aikansa tuote, jonka vaatimukset ovat markkinoiden senhetkisiä vaatimuksia, muuttuen tarpeiden ja yleisen teknisen kehityksen myötä. Tuotekehityksessä on lisäksi vaiheita, joissa suunnittelijan aikaisempi kokemus ja mieltymykset tietynlaisiin ratkaisuihin väkisinkin vaikuttavat valittuihin vaihtoehtoihin ja sitä kautta lopputulokseen.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin mahdollisimman suureen objektiivisuuteen käyttämällä tehtävämäärittelyssä, konseptoinnissa sekä vaihtoehtojen arvioinnissa toimeksiantajan eri toimintoja edustavia henkilöitä ja heidän näkemyksiään. Kaikissa edellä mainituissa vaiheissa käytiin keskustelua vaihtoehtojen kannattavuudesta tuotteen valmistettavuuden, käytettävyyden ja markkinoiden vaatimusten näkökulmista. Tämä vähensi yksittäisen toimijan mielipiteiden vaikutusta lopputulokseen sekä mahdollisti tasapainoisen tuotteen, jossa eri osapuolten painotukset otettiin huomioon. Suunnittelussa käytettiin metodina systemaattista koneensuunnittelua, joka omalta osaltaan tarjosi keinot vähentämään

ennakkoon muodostuneita ratkaisumalleja pilkkomalla ongelman osiin ja tarjoamalla uusia ratkaisuyhdistelmiä.

Tutkimuksen tulokset ovat toistettavissa, mutta joidenkin ominaisuuksien valikoitumiseen vaikutti muuttuva markkinatilanne ja senhetkiset ratkaisut. Monissa asioissa todennäköisesti eri tutkijat päätyisivät samoihin johtopäätöksiin ja ratkaisuvaihtoehtoihin, jos toimintaympäristö, jossa tutkimus tehtäisiin, olisi sama. Teknisiin ongelmiin on kuitenkin usein löydettävissä monta eri ratkaisua, jotka voivat tuottaa samanarvoisen lopputuloksen, joten täysin samaan toteutukseen ei toinen tutkija todennäköisesti päätyisi.

Tutkimuksen validiteettia voidaan arvioida tarkastelemalla, saatiinko aikaan tuote, joka vastaa alkuperäistä tehtävänantoa. Laitteen voitiin verifioida suoritetun kokeiden ja arvioinnin perusteella todeta toimivan tehtävänannon mukaisesti, joten virhemarginaali validiteetin suhteen muodostuu määrällisistä asioista, kuten olisiko jollain toisella tavalla toteutettuna kapasiteetti voinut olla isompi, laitteen käyttö tehokkaampaa, valmistuskustannus pienempi, lämmönsäätö tarkempi tai vedentäyttö viedä vähemmän aikaa.

### 5.3 Mittausten virhe- ja herkkyystarkastelu

Laitteen päätoimintoa toteutettavaa ominaisuutta eli lämmönsäätelyn tarkkuutta mitattiin erillisissä kokeissa. Prototyypille suoritettujen mittauksien luotettavuus pyrittiin varmistamaan erityisesti kahdella tavalla. Mittauksissa käytettiin useaa erillistä akkukäyttöistä mittalaitetta yksittäisen laitteen aiheuttaman epävarmuuden minimoimiseksi sekä mittalaitteiden tarkkuus mittausalueella varmistettiin erillisellä anturien kalibrointimittauksella virheiden toteamiseksi ja huomioimiseksi tuloksissa. Käytettyjen mittalaitteiden resoluutio oli  $0,1^{\circ}\text{C}$ . Kuvattujen seikkojen ansiosta virhemarginaali mittauksille on luokkaa  $0,2^{\circ}\text{C}$ .

Mitattava ilmiö, lämpötilanmuutos veteen upotetussa kappaleessa tai veden lämpötilan muutos olivat luonteeltaan hitaita ilmiöitä, johtuen mitattavien kohteiden suuresta yhteisominaislämpökapasiteetista, joten ilmiötä ei voi pitää kovinkaan herkkänä ulkoisille muutoksille. Mittausten herkkyyteen suurin vaikutus voidaan arvioida olleen täten mittalaitteiden tarkkuus ja mittauspisteiden valinta. Tarkkuus varmennettiin edellisessä

kappaleessa kuvatulla tavalla ja anturit olivat sijoitettu eri puolille pataa. Vaikka anturimäärää lisäämällä tai kokeiden määrää kasvattamalla olisi saatu vielä varmuutta kasvatettua, mittauksia voidaan pitää luotettavina ja antaneen totuudenmukaisen kuvan laitteen lämmönsäätelyominaisuudesta edellä mainittujen toimien sekä tulosten johdonmukaisuudesta johtuen.

#### 5.4 Avaintulokset ja johtopäätökset

Tutkimuksen päätavoitteena oli suunnitella tyhjiökypsennys- ja jäähdytysallaslisäominaisuus olemassa olevaan suurtalouskeittiöpataan. Suoritettujen kokeiden ja kilpailijatutkimuksen perusteella tässä tutkimuksessa aikaansaatu padan lisäominaisuus vastaa markkinoilla olevia erillisiä tyhjiökypsennysaltaita ominaisuuksiltaan ja teholtaan, kuitenkin normaaleja patatoimintoja rajoittamatta. Päätavoitteena ollut suurtalouspadan ja tyhjiökypsennysaltan yhdistäminen voidaan täten katsoa mahdolliseksi ja kustannustehokkaaksi vaihtoehdoksi keittiöille, joilla on tarvetta tyhjiökypsennykseen sekä normaaleihin patatoimintoihin.

Suurin rajoite verrattaessa padan lisäominaisuutta erillisiin altaisiin on ruoankäsittelykapasiteetti, joka padassa rajoittuu patakokoon. Erilliset jäähdytysaltat voidaan vapaammin tehdä isommiksi, koska niiden ei tarvitse toimia normaalissa ruoanvalmistuksessa ja sitä kautta niissä voidaan käsitellä suurempi erä ruokaa kerrallaan.

Toinen tavoite oli toimivan prototyypin valmistaminen ja kokeiden suorittaminen konseptin verifiointiksi. Prototyyppi rakennettiin vastaamaan mahdollisimman lähelle lopullista tuotetta. Toiminta olisi voitu varmentaa karkeammallakin prototyyppillä, mutta kokonaisuuden kannalta oli tärkeää saada koko prosessi osien valmistuksesta kokoonpanoon ja laitteen käyttämiseen asti testattua. Prototyypin avulla saatiin näin parempi varmuus valmistus- sekä jatkokehityskustannuksille. Ilman prototyypin rakennusta olisi monet asiat jääneet epävarmoiksi.

#### 5.5 Tulosten uutuusarvo

Suunnitellun laitteen suurin uutuus on luonnollisesti ammattimaisen tyhjiökypsennysprosessin ja normaalien patatoimintojen mahdollistaminen samassa laitteessa. Vastaavan tasoista laitetta ei tämän tutkimuksen puitteissa kilpaileviin tuotteisiin

tutustuttaessa löytynyt. Aiemmat suurtalouspatoihin tarkoitetut tyhjiökypsennysratkaisut ovat keskittyneet ainoastaan korien lisäämiseen pataan, mutta näissä ratkaisuissa ei ole otettu huomioon ergonomiaa, lämpötilansäädön tarkkuusvaatimuksia tai käytettävyyttä riittäväällä tasolla, jotta aikaisempia tuotteita voitaisiin pitää erillislaitteiden veroisina tuotteina.

Kehitetyn laitteen yksi etu on integroitu nostin, jonka avulla pystyy nostamaan korit laitteen edestä, joka säästää lattiapinta-alaa keittiöstä verrattuna markkinoilla oleviin malleihin, joissa kuorma nostetaan laitteen sivulta (JOM 2020c). Nostimen integrointi laitteeseen myös helpottaa asennusta, koska nostin ei vaadi seinään eikä kattoon asennettavia nostinkiskoja kuten nyt markkinoilla olevat ratkaisut. Nostinta voidaan myös hyödyntää normaalin ruoanlaiton yhteydessä esimerkiksi nostamaan erilaisia ruokatarvikkeita pataan ja sitä voidaan myydä halutessa erillisenä lisäominaisuutena normaaleihin patoihin.

#### 5.6 Tulosten yleistettävyys ja hyödynnettävyys

Tulokset voidaan yleistää koskemaan suurinta osaa maailman suurtalouspatoja, jotka on varustettu höyryvaipalla sekä pystyakselisella sekoittimella. Tulosten hyödynnettävyys on suuri varsinkin työn toimeksiantajalle ja voi pitää hyvin todennäköisenä, että tässä tutkimuksessa kehitetty konsepti viimeistellään tuotteeksi.

#### 5.7 Jatkotutkimusaiheet

Lämpötilansäätelyssä saavutettiin vaatimuslistassa määritelty tyhjiökypsennysprosessin edellyttämä vähimmäistaso. Mittauksessa käytettiin padan normaalia lämpötilansäätöä, jota ei alun perin ole suunniteltu tyhjiökypsennyksen vaatimaan tarkkuuteen. Lisätutkimuksella ohjausjärjestelmän parantamiseksi voitaisiin saavuttaa vaatimusmäärittelyssä toiveena ollut alle  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  lämpötilansäätötarkkuus todennäköisesti melko helposti.

Toteutettavaksi jäädytystavaksi valittiin pienemmän riskin vaihtoehto. Hylättyä vaihtoehtoa, jossa jäädytys toteutetaan lämmönvaihtimella, olisi kannattavaa tutkia lisää, koska sillä vaikuttaisi olevan runsaasti kustannusetuja, jos asiakkaalla on tarve yksittäiselle padalle eikä käytössä ennestään ole jääpankkia. Tämän jatkotutkimuksen tuloksena olisi mahdollista kehittää markkinoille uusi jäädytystapa, joka on hyödynnettävissä kaikkiin patoihin.

Jäähdytyksen nopeutta voidaan todennäköisesti parantaa tehostamalla lämmönsiirtoa padan sisäpinnalla. Tämä voitaisiin toteuttaa tutkimalla sekoittimen erilaisten siipien vaikutusta jäähdytysnopeuteen. Jäähdytykseen tarvittavan ajan vähentämisellä voitaisiin tuotteille saada pidempi säilyvyysaika.

#### 5.8 Projektin arviointi

Projektin varsinainen osuus kesti tehtävämäärittelyn aloittamisesta prototyypin testaamiseen viisi ja puoli kuukautta ja valmistui kaksi viikkoa suunniteltua myöhemmin. Aikatauluun vaikutti negatiivisesti suunniteltavan konseptin suureksi kasvanut osamäärä sekä muutamien yksinkertaisten osien ennakoimattoman pitkä toimitusaika. Tutkimuksen aikana osien suunnitteluun lisättiin aikaa muista työosuuksista, kuten ohjausjärjestelmän suunnittelusta sekä lopputestauksen laajuudesta, jotta konseptin kannalta oleelliset osuudet saatiin rakennettua ja mitattua. Alussa oli ollut luonnollisesti vaikea arvioida suunnitteluun menevää aikaa, koska lisäominaisuuden toteutustapa oli täysin auki. Jos suunnitteluun ei olisi pystytty käyttämään aiottua enempää aikaa, olisi joko budjetti ylittynyt tai prototyyppi ei olisi vastannut samassa määrin lopullista tuotetta. Valinnassa kustannuksien, aikataulun ja prototyypin tason välillä, päädyttiin joustamaan aikataulussa, koska se nähtiin vallitsevassa tilanteessa kokonaisedullisimmaksi.

## 6 YHTEENVETO

Tässä tutkimuksessa suunniteltiin tyhjiökypsennys- ja jäähdytysallas lisäominaisuus suurtalouspataan tehtävänannosta toimivaksi prototyypiksi pohjautuen VDI 2221 systemaattisen koneensuunnittelun menetelmään. Tutkimuksen päätavoite oli parhaiten soveltuvimman vaihtoehdon löytäminen sekä sen suunnittelu tyhjiökypsennysmenetelmän ja ammattikeittiöiden vaatimien reunaehtojen puitteissa. Toinen tavoite oli varmistaa konseptin toimivuus rakentamalla prototyyppi suunnitellusta laitteesta ja suorittaa sille tarvittavat kokeet.

Aluksi koostettiin vaatimuslista, joka määritteli lisäominaisuuden muodostavat vaatimukset ja toiveet, joiden pohjalta luotiin toimintorakenne aputoimintoinen. Tämän jälkeen etsittiin vaihtoehtoja aputoimintojen toimintaperiaatteille tunnetuista olemassa olevista ratkaisuksista kirjallisuudesta, verkkolähteistä sekä hyödyntämällä aikaisemmin kertynyttä kokemusta keittölaitteista. Toimintaperiaatteet kirjattiin toimintomatriisiin, jonka jälkeen niistä karsittiin huonoimmat vaihtoehdot pois. Jäljelle jääneet vaihtoehdot konkretisoitiin mallintamalla ne viimeistään tässä vaiheessa 3D-ohjelmistolla ja arvioimalla toiminnon tuomat hyödyt ja kustannukset mahdollisimman tarkkaan. Koska monien ominaisuuksien valintaperusteena oli asiakastarve, käytettiin hyötyjen arvon määrittelemisessä apuna työn toimeksiantajan keittiöasiantuntijoita. Lopullisesta toimintomatriisista tehtiin kaksi varianttia, joista valittiin se, joka omasi pienemmät tekniset riskit sekä oli nopeammin ja pienemmällä kustannuksella valmistettavissa, valittiin jatkokehittäväksi. Hylätty variantti olisi tarjonnut joitakin etuja prosessin nopeuttamiseksi ja tehnyt lämpötilanohjauksen toteuttamisen helpommaksi, mutta näitä ominaisuuksia katsottiin voitavan toteuttaa myöhemminkin lisäyksinä, jos tarve vaatii.

Konseptissa pyrittiin luonnollisesti hyödyntämään mahdollisimman paljon jo padassa olevia ominaisuuksia, kuten lämmitystä, jäähdytystä, sekoitinta ja käyttöliittymää. Konseptin osalta päädyttiin ratkaisuun, jossa ulosvedettävät korit omaava kehikko nostetaan pataan padan tukijalkaan integroidulla nostimella. Pata täyttyy automaattisesti vedellä joko puoleenväliin tai täyteen riippuen käsiteltävästä ruokamäärästä. Sekoitinakseliin asennettu pystysiipinen sekoitin sekoittaa vesikylpyä, jonka lämpötilaa mitataan lisäanturoinnilla ja jonka

lämmitys/jäähdytys sykli voidaan ohjelmoida toimimaan automaattisesti alusta loppuun. Ruoan sisälämpöä mitataan omalla johdollisella anturilla. Lämpökäsittelyn lopuksi nostetaan kehikko ruokineen pois padasta ja tyhjennetään pata kallistamalla tai vaihtoehtoisesti aloitetaan uusi lämmitys/jäähdytys sykli. Kaikkia toimintoja tullaan ohjaamaan padan kosketusnäytön kautta, johon projektin seuraavassa vaiheessa lisätään tyhjiökypsennystoiminnolle oma käyttöliittymä.

Konseptin toiminnan varmistamiseksi rakennettiin mahdollisimman lähelle lopullista tuotetta vastaava prototyyppi. Prototyypillä saatiin todennettua konseptin toimivuus käytössä sekä tehtiin prosessin vaatimat lämmitys- ja jäähdytyskokeet, joilla varmistettiin laitteen päätoiminnon toteutuminen vaatimusmäärittelyn mukaisesti. Prototyypin rakennuksen perusteella saatiin myös varmistettua ominaisuuden valmistuskustannukset sekä suunnittelun viimeistelyyn ja tuotteistukseen tarvittava työn määrä.

Tutkimukselle asetetut tavoitteet saavutettiin projektissa lähes aikataulussa. Pataan suunnitellun ominaisuuden todettiin olevan lähellä erillislaitteiden suorituskykyä ja olevan varteenotettava vaihtoehto tuotteeksi. Prototyypin onnistumisella oli suuri vaikutus koko projektin tuloksiin ja niiden uskottavuuteen.

## 7 LÄHTEET

Baldwin D. 2012. Sous Vide cooking: A review. International Journal of Gastronomy and food science 1. s. 15-30

Commercial ovens direct. 2018. Sous vide, vacuum cooking. [verkkodokumentti]. 4.1.2018. [viitattu 9.1.2021.]. Saatavissa PDF-tiedostona: <https://www.commercialovensdirect.co.uk/sous-vide-vacuum-cooking/>

DC Norris. 2020a. Sous vide equipment. [verkkodokumentti]. [viitattu 21.9.2020] Saatavissa: <https://www.dcnorris.com/systems/cook-chill/sous-vide-equipment>

DC Norris. 2020b. Sous vide, the key to precision cooking. [verkkodokumentti]. [viitattu 21.9.2020] Saatavissa: <https://www.dcnorris.com/contentfiles/downloads/1.pdf>

DC Norris. 202c. [verkkodokumentti] [Viitattu 16.6.2020] saatavissa PDF-tiedostona: <https://www.dcnorrisna.com/wp-content/uploads/cook-tank.pdf>

Dieta. 2020. Nostinvaunu. [verkkodokumentti]. [viitattu 21.9.2020] Saatavissa: <https://kauppa.dieta.fi/nostovaunu-70e-50054.html>

Freddi A. & Salmon M. 2017. Design principles and methodologies. Springer International Publishing AG. 297 s.

Italcoppie 2020. Wireless temperature probe. [verkkodokumentti]. 12.10.2020. [viitattu 9.1.2021] Saatavissa PDF-tiedostona: [https://products.italcoppie.it/doc/pdf/PUB\\_20201012\\_EN\\_EVO014\\_1.pdf](https://products.italcoppie.it/doc/pdf/PUB_20201012_EN_EVO014_1.pdf)

Jarva O. 2015. Käytännönläheinen opas Sous Vide-ruoanlaittoon [verkkodokumentti]. 26.6.2015 [Viitattu 15.6.2020]. 74 s. Saatavissa PDF-tiedostona: <https://www.sousvide.fi/sousvide-fi.pdf>

Jokinen P., Laine H., & Lampi R. 2002. Ammattikeittiön laitteet ja työvälineet. Helsinki. WSOY oppimateriaalit. 230 s.

JOM. 2020a. Sous vide. [verkkodokumentti] [Viitattu 14.5.2020] saatavissa: <https://jomh.dk/en/project/sous-vide/>

JOM. 2020b. Sous vide. [verkkodokumentti] [Viitattu 14.5.2020] saatavissa PDF-tiedostona: [https://jomh.dk/wp-content/uploads/2020/02/Sous\\_Vide.pdf](https://jomh.dk/wp-content/uploads/2020/02/Sous_Vide.pdf)

JOM 2020c. JOM 55126 Technical specification [verkkodokumentti]. [viitattu 21.9.2020] Saatavissa PDF-tiedostona: <https://jomh.dk/wp-content/uploads/2018/04/55126-sous-side-connections-and-dimensions.pdf>

Jänch J. & Birkhoffer H. 2006. The development of the guideline vdi 2221 - the change of direction. International design conference 2006. Dubrovnik, Kroatia. s. 45-52.

Koneasetus 12.6.2008/400. 2008. [verkkodokumentti]. 12.6.2008. [Viitattu 6.6.2020]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2008/20080400>

Metos 2014. Cooking kettles, ovens, ranges and brattpans [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.8.2020]. Saatavilla PDF-tiedostona: <https://docplayer.net/145097093-Cookingkettles-ovens-rangesandbrattpans.html>

Metos. 2017. Metos hot-fill and sous-vide basins. [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.6.2020]. Saatavilla PDF-tiedostona: [http://www.metos.com/pdf/Manufacturing/Brochures/Metos\\_HotFill\\_SousVide.pdf](http://www.metos.com/pdf/Manufacturing/Brochures/Metos_HotFill_SousVide.pdf)

Metos. 2018b. Proveno 3G käyttöohje. [verkkodokumentti]. 27.9.2018 [Viitattu 6.6.2020]. Saatavilla PDF-tiedostona. <https://www.metos.com/pdf/prods/userguide/FI/4222902.pdf>

Metos. 2020a. Metoksen historia pähkinänkuoressa. [verkkodokumentti]. [Viitattu 6.6.2020]. Saatavilla PDF-tiedostona. <https://www.metos.fi/historia/>

Metos 2020b. Proveno 4G 400E. [verkkodokumentti]. [viitattu 19.5.2020]. Saatavissa: <https://www.metos.fi/product/kombipata-metos-proveno-4g-400e/>

Metos 2020c. Sous vide korit. [verkkodokumentti]. [viitattu 19.5.2020]. Saatavissa: <https://www.metos.fi/product/sous-vide-korit-tool-proveno-culino-viking-combi-150-l/>

Packo. 2020. [verkkodokumentti]. [viitattu 19.10.2020]. Saatavissa: <http://www.packocooling.be/en/products/packo-industrial-cooling/ice-water-systems/ice-builders-for-industrial-kitchens>

Pahl G. & Beitz W. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Springer-Verlag ja metalliteollisuuden Kustannus Oy. 608 s.

Pahl G., Beitz W., Feldhusen J. & Grote K. 2007. Engineering Design, A systematic approach. Third edition. Springer-Verlag London Limited 2007. 629 s.

Pat. FI 11989. 2018. Suurtalouspata sous vide kypsennykseen. Metos Oy Ab, Kerava, Suomi. (Kähärä T.) FI U20184031, 16.2.2018. Julk. 9.3.2018

Pat. FI 126676. 2017. Menetelmä suurtalouspadan jäähdyttämisen tehostamiseksi ja jäähdytettävä suurtalouspata. Metos Oy Ab, Kerava, Suomi. (Puupponen, A.) FI 20165278, 1.4.2016. Julk. 31.3.2017. 11 s.

Rybolt T. & Mebane R. 2018. Economical High-Temperature Water Bath Control and Monitoring with a Sous Vide Cooking Device. Journal of Chemical Education. s. 1401-1405

SFS-EN 1005-2. 2009. Koneturvallisuus. Ihmisen fyysinen suorituskyky. Osa2: Koneen ja sen osien manuaalinen käsittely.

Ulrich T. & Eppinger S. 2012. Product design and development. Fifth edition. McGraw-. New York. 431 s.