

# Design av värmeugn

Botnia Marins produktionslinje Targa 46

Anton Jansson

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för produktionsekonomi

Vasa, 2019



## EXAMENSARBETE

Författare: Anton Jansson

Utbildning och ort: Produktionsekonomi, Vasa

Handledare: Kaj-Erik Loo & Anders Majors, Botnia Marin

Kaj Rintanen, Yrkeshögskolan Novia

Titel: Design av värmeugn

---

Datum 15.4.2019 Sidantal 48

---

### Abstrakt

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av Botnia Marin Oy Ab i Malax. Företaget tillverkar Targabåtar som säljs över hela världen. Examensarbetet har gått ut på att planera, designa och bestämma material för en varmluftsugn.

Syftet med detta examensarbete var att tillföra Botnia Marin med tillräckligt med data för att kunna tillverka en ugn av denna typ. Det sattes mest fokus på dimensioner, materialval och komponentval. Även användarvänligheten samt säkerheten spelade stor roll. Ugnen blev väldigt effektiv och lätt att förflytta. Arbetet innebar 3D-modellering av ugnen, isoleringsberäkningar och ritningar.

Resultatet blev en konstruktion av varmluftsugn med tillhörande komponenter där funktionen uppfyller kraven.

---

Språk: svenska

Nyckelord: produktutveckling, optimering, värmeugn

---

# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Anton Jansson

Koulutus ja paikkakunta: Tuotantotaloutta, Vaasa

Ohjaaja(t): Kaj-Erik Loo & Anders Majors, Botnia Marin

Kaj Rintanen, Novia Ammattikorkeakoulu

Nimike: Lämmitys uunin suunnittelu

---

Päivämäärä 15.4.2019 Sivumäärä 48

---

## Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö on suoritettu Botnia Marin Oy Ab:n toimesta . Yhtiö valmistaa Targaveneitä, joita myydään maailmanlaajuisesti. Opinnäytetyön tavoite on suunnitella, kehittää ja tuottaa lopputulos jonka päätuote on ilmalämpöuunin

Opinnäytetyön aikomus on tuottaa erikoisuunin jonka tehtävä on tarpeeksi hyvin tuottaa tietojen mukaan toimiva kokonaisuus. Eniten keskityttiin mittoihin, materiaalin valintaan ja komponenttien valintaan. Jopa käyttäjäystävällisyys ja turvallisuus vaikuttivat suuresti. Uuni oli erittäin tehokas ja helppo siirtää. Tuotteen lopputulos on 3D-mallinnusta, eristyslaskelma ja piirustus.

Tuloksena oli kuumen ilman uunin rakentaminen ja siihen liittyvät komponentit, joissa toiminto täyttää vaatimukset.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: tuotekehitys, optimointi , lämpöuuni

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Anton Jansson

Degree Programme: Industrial Management, Vaasa

Supervisor(s): Kaj-Erik Loo & Anders Majors, Botnia Marin

Kaj Rintanen, Novia UAS

Title: Heating oven design

---

Date 15.4.2019 Number of pages 48

---

### **Abstract**

This thesis has been commissioned by Botnia Marin Oy Ab in Malax. The company manufactures Targa boats that are sold worldwide. The goal of this thesis was to plan, design and determine materials for a hot air oven.

The purpose of this thesis was to supply Botnia Marin with enough data to be able to produce an oven of this type. Focus was put on dimensions, material selection and component selection. The user-friendliness and security played a big role. The oven was very efficient and easy to move. The work involved 3D modeling of the oven, insulation calculations and drawings.

The outcome of the thesis was a construction of hot-air oven with associated components where the function meets the requirements.

---

Language: Swedish

Key words: product development , optimization, oven

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsning.....	2
1.4	Disposition.....	2
2	Företaget.....	2
2.1	Historia .....	2
2.2	Botnia Marin idag .....	4
3	Teori .....	5
3.1	Produktutveckling.....	5
3.2	Produktutvecklingsprocessens faser .....	6
3.2.1	Förstudie.....	7
3.2.2	Produktspecificering.....	8
3.2.3	Konceptutveckling - Konceptgenerering .....	8
3.2.4	Konceptutvärdering och konceptval .....	10
3.2.5	Konfigurering och detaljkonstruktion .....	10
3.2.6	Prototyper .....	11
3.3	Risakanalys - FMEA .....	12
3.4	Återvinning av varmluft - LEISTER.....	14
3.5	Materialval.....	15
3.5.1	Rostfri Stålplåt.....	17
3.5.2	Glasfiber .....	17
3.6	Värmeisoleringsmaterial .....	18
3.6.1	Mineralull .....	18
3.6.2	Polyuretan.....	19
3.7	Värmeledning, strålning och konvektion - Värmeförlust.....	20
3.8	Ytrelaterad värmeförlustkoefficient $F_s$ -värde .....	22
3.9	Energibehov - effektbehov .....	23
4	Metod .....	23
4.1	Möten.....	24
4.2	Förstudie och planering .....	24
4.2.1	Problem.....	24
4.3	Produktspecificering .....	25
4.4	Konceptgenerering.....	26
4.5	Konceptval.....	27
4.6	FMEA- Riskanalys.....	28

4.7	Dimensionering.....	28
4.8	Materialval.....	29
4.9	Design av 3D-modell i Siemens NX.....	29
5	Resultat .....	30
5.1	Konceptet.....	30
5.2	Beräkningar .....	32
5.2.1	Värmeförlust.....	32
5.2.2	Effektbehov.....	33
5.2.3	Effektbehov 30 mm uretanolering.....	33
5.2.4	Effektbehov 50 mm uretanolering.....	34
5.2.5	Effektbehov 80 mm uretan isolering.....	34
5.2.6	Effektbehov värma ugn utan list .....	34
5.2.7	Uppvärmningstid för ugn.....	35
5.2.8	Uppvärmningstid för relingslist .....	35
5.3	Komponenter.....	36
5.3.1	Luftvärmare.....	36
5.3.2	Blåsare.....	37
5.3.3	Övrigt .....	38
6	Diskussion.....	41
6.1	Framtid och utveckling.....	41
6.2	Sammanfattning.....	41
7	Källförteckning.....	43

# 1 Inledning

December 2018 tog jag kontakt med Robert Carpelan angående möjligheten att utföra ett examensarbete för Botnia Marin Oy Ab. Ett par veckor senare hörde deras produktionschef Kaj-Erik Loo av sig till mig angående ett möjligt projekt. Ett möte ordnades och vi bestämde oss för att jag skulle ta mig an det. Projektet hade länge väntat på att göras men tid fanns helt enkelt inte. Under mötet diskuterade vi problemet samt klargjorde avgränsningar. De gav mig även riktlinjer och önskemål kring projektet.

## 1.1 Bakgrund

2017 introducerades Targa 46, deras flaggskepp och hittills största motorbåt. I och med detta krävdes en ny produktionslinje i Malax.

Relingslisten, tillverkad av PVC fästs på båten för hand. För att kunna formas och fästas på båten krävs det att den värms upp till en tillräckligt hög temperatur för att den skall kunna anpassas till båtens form. Detta har tidigare gjorts med hjälp av en sprutmålningsugn som befinner sig i en annan hall än var produktionen sker. Detta leder till att listen måste transporteras över gården till de nya båtarna, vilket leder till att den hinner svalna under vintermånaderna samt att det tar onödig tid.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete var att ta fram ett designkoncept för en värmeugn som ska kunna ersätta den tidigare uppvärmningsmetoden för relingslisten. Värmeugnen ska flyttas och användas i olika miljöer. Ritningarna görs som 3D-modell i Siemens NX.

Förväntat resultat:

- Tillförse Botnia Marin med tillräckligt data för att själva kunna konstruera värmeugnen.
- Göra detta på ett så kostnadseffektivt och enkelt sätt som möjligt.

### 1.3 Avgränsning

Detta arbete kommer fokusera på att optimera processen för uppvärmning av relingslisten. Arbetet har avgränsats till planeringen, valet av komponenter och detaljritning på nödvändiga konstruktioner för värmeugnen.

Ett designkoncept av konstruktionen hos en värmeugn. Materialval, isolering, dimensioner och komponentval hör till de huvudsakliga uppgifterna.

### 1.4 Disposition

Första kapitlet introducerar bakgrunden för detta arbete och varför det finns ett behov av detta projekt. I kapitel två presenteras företaget kort. I kapitel tre beskrivs den teori som arbetet grundar sig på. I kapitel fyra beskrivs metoder som använts för att kunna utföra detta arbete. I kapitel fem presenteras resultaten och slutligen i kapitel sex diskuteras arbetets framtid och några slutord.

## 2 Företaget

Botnia Marin och Targa är ett världskänt båtmärke som ständigt utvecklas i en hög grad. Targabåtar kan ses i flera olika länder i olika applikationer. Targa används som polisbåtar både i Norge och Storbritannien. Targa har alltid handlat om att säkert kunna handskas i väder och vind ”*We can never tame or conquer the sea, but if we reward it with patience and humility, the sea can be our friend*” (Targa, 2019). Från allra första början har Targa båtar byggts enligt detta tankesätt. Den originella Targaidén och designen har lett till en helt ny nisch för motorbåtsindustrin och inspirerat dem att bygga bättre och mer sjösäkra båtar. Botnia Marin är även unikt på grund av att nästan allting produceras internt. Kunderna har även möjligheten att anpassa deras båtar efter eget önskemål.

### 2.1 Historia

Botnia Marin grundades 1976 av Johan och Britt-Marie Carpelan. Första varvet öppnades i Malax, Österbotten, Finland.

Under 1970- och 1980-talet tillverkade de H-båtar. Botnia Marins rykte steg och båtarna vann flera internationella och nationella mästerskap i segling. Totalt 1005 stycken H-båtar tillverkades under åren 1976-2004. År 1977 lanserades Botnia 23, en trevlig och sjösäker



utflyktsbåt. Totalt tillverkades 650 stycken av dessa båtar fram till år 1991 och år 1979 lanserades den legendariska Targa 25. Det var en start för en helt ny nisch inom offshore-motorbåtsbranschen, ”The fast planning walk-around off-shore motorboat”. 1984 köpte Botnia Marin upp produktionsrättigheterna av Targa Yacht och efter det startade utvecklandet av båtmodellen. Targa 29 lanserade år 1989 och två år senare Targa 27, troligvis den allra kändaste Targan. Åren därpå släpptes flera olika modeller av Targa och 1996 köpte den norska polisen sina första Targan. 1997 köpte Botnia Marin upp Sunwind Yachts båtvarv och år 1999 vann Targa 30 sitt första pris på Båtmässan i Helsingfors ”Motorboat of the show”. (Targa, 2019)



**Figur 1.H-båt 1977, Botnia Marins första produktionsbåt. (Targa, 2019)**

## 2.2 Botnia Marin idag

Idag har över 2600 Targabåtar blivit tillverkade i Malax och Nykarleby. Malax står för produktion av modellerna 30–46 och Nykarleby för de mindre 23–27 modellerna. År 2004 gick man över till att använda vakuumpjuttprocess vid tillverkningar av skroven. Detta var första gången detta gjorts i full skala i Finland. Botnia Marin har ständigt utvecklats och expanderat. Idag har de ca 200 anställda och en omsättning på ca 37 miljoner (år 2017). Botnia Marin tillverkar totalt 9 olika modeller som kan anpassas efter kundernas behov. Botnia Marin har även tilldelats ett antal olika ISO-certifieringar.



**Figur 2. Targa 46, Targas flaggskepp som lanserades 2017. (Targa, 2019)**

## 3 Teori

I detta kapitel presenteras de teoretiska utgångspunkterna för detta arbete. Produktutvecklingsprocessen, materialval samt den teori som krävts för beräkningar i arbetet.

### 3.1 Produktutveckling

Produktutveckling är en process som i grund och botten grundar sig på att utveckla en ide till en ny produkt eller att vidare utveckla en tidigare lösning. I produktutveckling finns det olika metoder och tekniker för hur en produkt skall kunna tillverkas på ett så effektivt sätt som möjligt.

Att utveckla nya produkter anses som en komplex problemlösningsprocess som innefattar många samverkande aktörer. Samverkan sker även med andra processer i företaget samt med utomstående aktörer. För att nå ett framgångsrikt produktutvecklingsarbete krävs en förståelse för denna process, dess sammanhang, karaktär, metod och verktyg. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., s. 60)

Produktutvecklingsprocessen kan se ut på många olika sätt från företag till företag och dessutom kan ett och samma företag använda sig av ett flertal olika utvecklingsprocesser beroende på vilken typ av produkt de skall utveckla. Det är upp till varje företag att själva skapa sin egen metod eftersom det inte finns några specifika regler på hur en produkt skall framställas.

Fördelar med en väldefinierad utvecklingsprocess är:

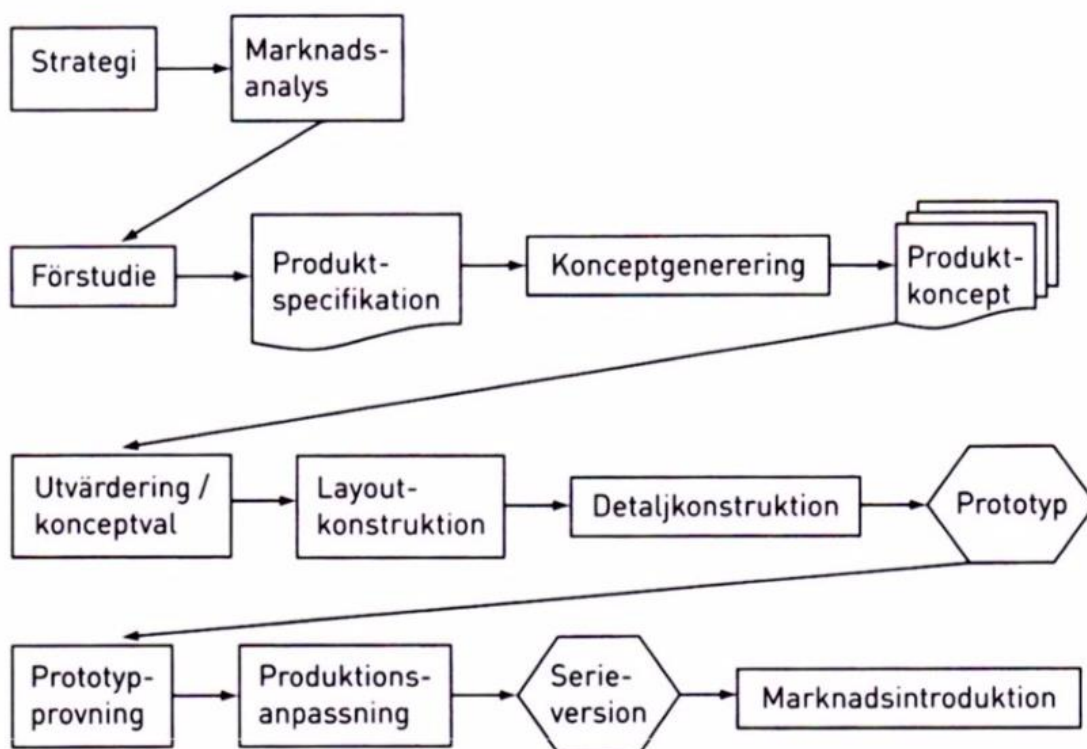
- Att man kan uppnå en kvalitetssäkring vid alla faser av produktutvecklingen.
- Att man får en tydlig plan på hur processen framskrider samt en beskrivning av var och en av teammedlemmarnas insatser i processen.
- Att man får en noggrann tidsplanering med milstolpar som för sammanbinder schemat i utvecklingsprojektet.
- Att man lättare kan hitta och identifiera eventuella problemområde i och med att processen dokumenteras.

- Att man i och med noggrann granskning av utvecklingsprocessen kan identifiera möjligheter som leder till förbättringar.

(Ulrich & Eppinger, 2014., ss. 42-43)

### 3.2 Produktutvecklingsprocessens faser

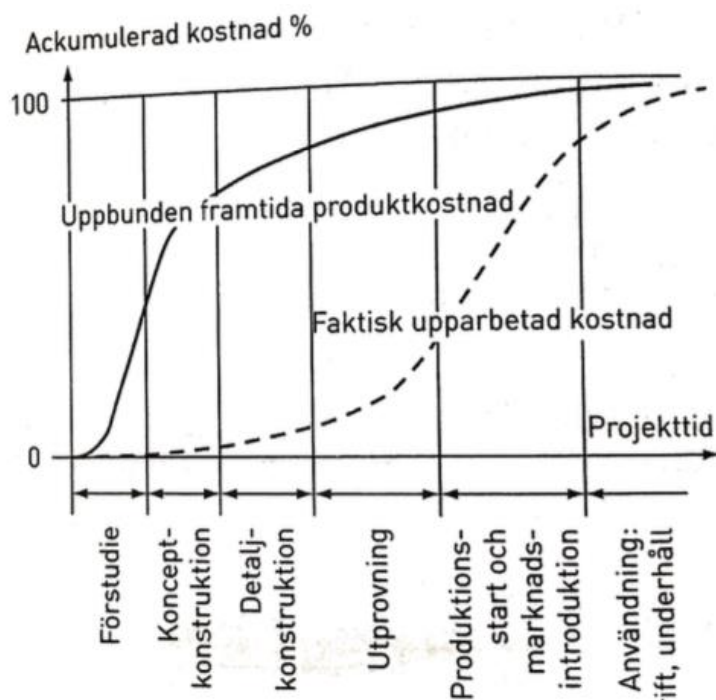
Produktutvecklingsprocessens faser kan se olika ut från projekt till projekt. Nedan i figur 2.1 är ett exempel på hur detta kan gå till. Faserna kan genomgå flera gånger och mellan faserna ligger beslutpunkter. De olika faserna inkluderar både syntes och analys. Syntes kan inom produktutveckling handla om att skapa nya lösningar och analys om att undersöka och utreda en produkts egenskaper. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., s. 115)



Figur 3 Produktutvecklingens faser. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013.)

### 3.2.1 Förstudie

Förstudie är den första fasen i produktutveckling i vilken man gör en förstudie för att kunna lokalisera problemen samt kunna göra en uppdragsbeskrivning. Man samlar in data och gör upp en produktspecificering för att få en bild om vad man vill åstadkomma med produkten och dess funktioner. I detta skede gör man även göra upp en tidsplan. I förstudien är det även viktigt att ta med olika kompetensområden så att problemet blir klarlagt. Det är även viktigt i förstudien att man okritiskt undersöker olika lösningar så att man inte gör onödiga konstruktionsarbeten på felaktiga premisser. I förstudien bestäms även produktens framtida kostnader. Förstudien skall leda till den första kravspecifikationen var man fastlägger vad produkten skall uträtta. Specifikationen vidareutvecklas sen under projektets gång till tekniska lösningar och ett produktkoncept, alltså hur kraven skall uppfyllas. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., s. 115)



Figur 4 Produktens kostnad påverkas starkt under förstudie och konceptfas. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., s. 115)

### 3.2.2 Produktspecificering

Produktspecificering går ut på att man skall upprätta en specifikation av vad som skall åstadkommas som ett resultat av produktframtagningsprocessen. Detta görs så att man vid senare sökande av konstruktionslösningar kan använda den ingående informationen som utgångspunkt. Den skall även innehålla tillräckligt men information så att den kan användas som referens vid utvärderingen av lösningarna och den slutliga produktlösningen.

Under utveckling av en produkt är det viktigt att sätta upp målspecifikationen det handlar om för att kunna behandla alla kriterier som är relevanta för produkten som utvecklas. Kriterierna kan delas upp i två huvudkategorier:

- De som är relaterade till den förväntade funktionen hos produkten
- De som sätter gränser för vilka produktlösningar som är tillåtna.

Det vanligaste hjälpmedlet som förekommer i konstruktionslitteraturen för produktspecifikationer är checklistor. Checklistorna hjälper med att få stöd för att systematiskt tänka igenom och ta ställning till alla de kriterier och aspekter som måste beaktas för produkten. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., ss. 117-118)

### 3.2.3 Konceptutveckling - Konceptgenerering

Produktkoncept är det första försöket till en lösning av ett konstruktionsproblem. Lösningen innehåller vanligtvis:

- En preliminär kostnadsuppskattning.
- En produktlayout och dimensionsuppskattning.
- Kopplingsscheman och andra beskrivningar kring den tekniska lösningen.
- Lösningens egenskaper.
- Sammanställning av erhållet resultat.

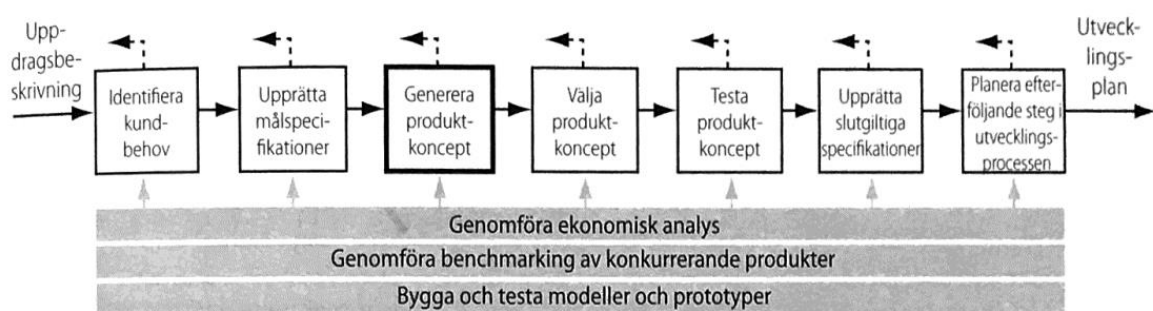
Detta ger dock inte tillräckligt med underlag för att man skall kunna tillverka en funktionsduglig produkt utan det krävs att man måste vidareutveckla konceptlösningen och konkretisera den för att kunna få tillräckligt med underlag till en prototyp tillverkning var alla ingående delar är beskrivna i detalj för att kunna tillverka en fysisk produkt.

Begreppet koncept i industriella sammanhang betecknas oftast för den första fungerande och tillverkade prototyplösningen. Konzeptutveckling är dock det man kallar i industriella sammanhang för förstudie.

Konzeptgenereringsarbetet bygger på en bra produktspecifikation. Har man gjort ett bra specifikationsarbete, så har man även säkerställt att alla funktionella kriterier och funktionella krav kommer beaktas. Arbetet karakteriseras av den blivande produktens funktionella kriterier samt skapandet av många alternativa lösningar för att uppfylla dessa.

I det första steget i konzeptgenereringsarbetet skall problemet ges en djupare formulering. Detta gör att det blir lättare att hitta mer generellt giltiga lösningar. Detta går sedan vidare till en funktionsanalys. Syftet med denna är att skapa en funktionsstruktur som visar alla funktioner produkten skall åstadkomma. Av funktionsanalysen får man en funktionsstruktur som visar hur produktens komplexa totala funktion förverkligas av när ingående delfunktioner samverkar. Detta leder till att man kan dela in konstruktionsproblemet i ett antal mindre delproblem så att man lättare kan hitta en totallösning som löser det hela komplexa problemet. Nästa steg blir att söka lösningar till de identifierade delfunktionerna i funktionsstrukturen. Detta görs allmänt på två olika sätt. Med kreativa metoder och systematiska metoder. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., ss. 119-120)

Förhållandet mellan konzeptgenerering och de övriga aktiviteterna i konzeptutvecklingen kan ses i figur 5.



**Figur 5** Konzeptgenerering är en integrerad del av konzeptutvecklingsfasen. (Ulrich & Eppinger, 2014., s. 169)

I de flesta fall kommer en utvecklingsgrupp att generera flera hundra olika koncept, varav ett visst antal som anses vara tillräckligt bra för att kunna övervägas, väljs ut till konceptvalsaktiviteten. (Ulrich & Eppinger, 2014., s. 169)

### **3.2.4 Konceptutvärdering och konceptval**

”Utvärdering av lösningsalternativ som genererats i konceptfasen innebär att varje alternativ ska analyseras med avsikten att bestämma dess värde/kvalitet i förhållande till de krav och önskemål som formulerats i produktspecifikationen”. Sedan skall de olika lösningsalternativens analysresultat jämföras med varandra så att man kan välja det alternativ som har högst värde och kvalitet. Konceptet skall alltså utvärderas så att man kan förutse produktkonceptets egenskaper och prestanda.

Före man kan göra beslut måste utvärderingen mellan alternativens totala värde/kvalité och analysen av lösningsalternativens egenskaper göras. Egenskapsanalysen görs med hjälp av olika modellerings-, analys- och simuleringsmetoder.

Det första steget man gör i utvärderingsprocessen är att man gör en så kallad ”eliminering av dåliga lösningar” sedan går man vidare till att göra olika beslutsmatriser för att kunna reducera antalet alternativ genom att sortera bort de sämsta alternativen. Avslutningsvis i utvärderingen görs exempelvis en kriterieviktsmetod, var man jämför konceptlösningsalternativen med utgångspunkt från det resultat varje lösning uppfyller för varje utvärderingskriterium. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., ss. 119-121)

Konceptval är en integrerad del av produktutvecklingsprocessen. Genom olika metoder genererar utvecklingsteamet flera olika alternativa lösningskoncept, bland ett eller ett fler tal skall väljas ut för vidare undersökning och utveckling. Konceptval är i grund och botten den process där konceptet utvärderas i förhållande till kundbehovet och andra kriterier. (Ulrich & Eppinger, 2014., s. 198)

### **3.2.5 Konfigurering och detaljkonstruktion**

I detta skede skall den valda konceptlösningen vidareutvecklas till en fungerande produkt som uppfyller kriterierna i produktspecifikationen. Målet för detta skede i utvecklingsprocessen är att få ett underlag som beskriver en funktions- och



användningsriktigt produkt. Produkten skall gå att tillverka i alla fall i enstaka exemplar för vidare kunna analyseras och testas.

Till konfigureringen och detaljkonstruktion av produkten behöver man:

- Dimensioner och välja ut standardkomponenter.
- Konstruera nya, unika detaljer och välja material till dessa.
- Definiera produktens arkitektur.
- Beskriva produktens ”layout”.

Produktens arkitektur beskriver hur produkten är uppbyggd av funktionsrealiserade dellösningar, hur dessa är arrangerade i förhållande till varandra samt hur de samverkar och med vilka gränssnitt de kopplas ihop. Vid val av komponenter och när nya detaljer konstrueras måste produktens arkitektur beaktas så att de passar in i produktstrukturen. Produktens layout avser hur produktens olika delar arrangeras i rummet och i förhållande till varandra. Dessa två har alltså att göra med konfigurering av produkten. (Johannesson s.122)

Vid själva detaljkonstruktionen finns det ett antal konstruktionsproblem av olika karaktärer man bör ta hänsyn till. Dessa beskrivs av Ullman (2009) på följande sätt:

- Urvalskonstruktion, var man undviker att nykonstruera komponenter och delsystem som redan finns ute på marknaden.
- Konfigurering, var man sätter valda komponenter och delsystem samman så att produkten blir logiskt uppbyggd och servicevänlig.
- Parametrisk konstruktion, var man varierar konstruktionsparametrarnas och dimensionernas värden för att skapa varianter.
- Omkonstruktion, var man gör marginalförbättringar, tillämpar årsmodellstänkande samt åtgärdar problem som produkten haft hos användare

### **3.2.6 Prototyper**

Prototyper framställs för många olika syften. Man vill i huvudsak kunna eliminera och identifiera problem hos produkten redan i ett tidigt stadie. Idag görs ofta prototyper som modellering och simulering med datorer, detta kallas ”virtual prototyping”. Detta underlättar

förståelsen hos produktens funktioner och dimensioner redan före den blivit tillverkad. Med animering kan man även se hur de olika komponenterna samverkan med varandra. Det finns även en rad olika beräkningsmodeller, i vilka man kan förutse produktens prestanda och olika egenskaper.

Dock krävs också alltid en fysisk modell och dessa kan vara av olika slag. Det vanligaste sättet är att göra en så kallad ”mock-up”, som visar form och yt-egenskaper hos produkten. Det är även vanligt att göra en funktionsprototyp som kan provas i laboratorier. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., ss. 124-125)

### 3.3 Riskanalys – FMEA

”FMEA” står för ”Failure Mode Effects Analysis” vilket direkt översatt betyder en felmod- och effektanalys. En riskanalysmetod för att kunna identifiera möjliga risker och orsaker samt bedöma riskerna för identifierade fel och ange prioriteringsordnings för förebyggande åtgärder. Även för att implementera och följa upp förebyggande åtgärder vid olika skeden i samband med produktutveckling.

#### FMEA Felmods- och effektanalys

Detaljnamn

Deltagare

Projektledare

Datum

Uppföljningsdatum

Nummer	Komponent/ operation/ huvudfunktion	Funktion	Felkaraktär			Nuvarande tillstånd				
			Felmöjlighet	Feleffekt	Felorsak	Kontroll	Fel- sannolikhet	Allvarighet	Upptäcks- sannolikhet	Risktal
		Vad skall hända	Vad kan gå fel	Vad kunde hända om det inträffar	Vad kan orsaken vara	Vilka förebyggande kontrollåtgärder utförs idag?	Vad är sannolikheten att det inträffar och har denna orsak (1-10)	Hur allvarlig är skadan (1-10)	Vad är sannolikheten att inte upptäcka felet innan det inträffar (1-10)	

Figur 6 Exempel på FMEA Felmods- och effektanalys.

Rekommenderade åtgärder	Ansvarig	Utfört	Efter åtgärd			
			Fel-sannolikhet	Allvarlighet	Upptäckts-sannolikhet	Risktal

Figur 7 Fortsättning på Figur 6.

Vid ifyllandet av analysen börjar man med att fylla i en huvudfunktion samt en funktion. Man går sedan vidare till att fylla i felmöjlighet, feleffekt samt felorsak innan man gör en bedömning av nuvarande tillstånd. I nuvarande tillstånd betygsätter man fel-sannolikhet, allvarlighet samt upptäckts-sannolikhet ur en 10-gradig skala från liten sannolikhet till stor. Risktalet blir multiplikationen av dessa tre tal.

Tabell 1 Riskbedömning och Sannolikhet.

Skala	Allvarlighet	Felsannolikhet	Upptäckts-sannolikhet
9-10	Katastrofal	Ofta förekommande	Svårupptäckt och uppmärksammas inte
6-8	Betydande	Vanligt	Upptäcks efter att det inträffat
3-5	Måttlig	Ovanligt	Upptäcks kanske
1-2	Försumbar	Sällsynt	Felet upptäcks nästan säkert
Risktal	Risknivå	Åtgärd	
720-1000	Extrem	Måste åtgärdas	
480-720	Markant	Bör åtgärdas för minskning	
320-480	Allvarlig	Bör åtgärdas genom kontroll, överväg minskning	
140-320	Måttlig	Bör åtgärdas genom kontroll om kostnadseffektivt, överväg minskning	
1-140	Låg	Överväg	

När riskerna har analyserats bestäms ansvariga som skall se till att åtgärder utförs. Efter att de blivit utförda ges ett nytt risktal till huvudfunktionen.

För att en FMEA-riskanalys skall lyckas krävs det att man gör utförliga förberedelser. De som har hand om riskanalysen skall till exempel förstå procedurerna och definitionerna, sammankalla en grupp av experter och samla in information som alla i gruppen har tillgång till. Den som fungerar som ledare skall även vara bra på att leda brainstorming, uppmuntra deltagande och vara en aktiv lyssnare.

### 3.4 Återvinning av varmluft - LEISTER

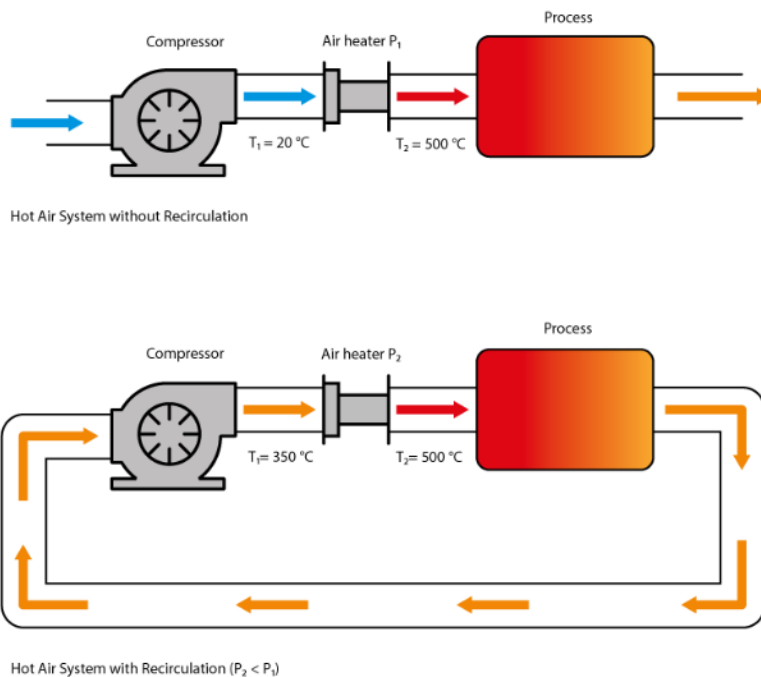
Leister är ett företag med över 65 års erfarenhet inom plastsvetsning och varmlufts applikationer. Alla produkter är utvecklade och tillverkade i Schweiz.

Vid uppvärmning av ett utrymme, till exempel i detta arbete en värmeugn, kan man återvinna luften som strömmar in i utrymmet. Detta system sparar mycket energi vilket leder till att det också sparar pengar. Ett sådant system har Leister utvecklat, var man med skräddarsydda lösningar kan återvinna luft. Lösningen bygger på en kombination av en luftvärmare och blåsare som har en konstruktion som gör att de klarar höga insugs- och utblåsttemperaturer.

För att kunna värma upp en bestämd volym av luft krävs en viss mängd energi. Desto större skillnaden i temperaturen ( $\Delta T$ ) är mellan inlopps- och utloppsluften är desto mer energi krävs.

För att klara av att återvinna den heta luften måste både luftvärmaren och blåsaren klara av de höga inloppstemperaturerna. Leister har därför utvecklat luftvärmare, Leister LE 5000 DF R och Leister LE 10000 DF-R dubbelflänsvärmare som klarar av en inloppstemperatur upp till 350 ° C samt en blåsare RBR som klarar av samma temperatur. Dessa går att konfigurera tillsammans med olika tillbehör för att passa till ett flertal applikationer.

Ett exempel på vad en industri kan spara med detta system samt en bild som ger en beskrivning på hur detta system fungerar kan ses nedan i figur 8. (Leister, 2019)



## The Comparison

Sample calculation showing the potential of energy savings due to hot air recirculation.

Based on:

- 24-hour operation
- 250 days per year
- T1=inlet= 20°C
- •or T1= 160°C
- •or T1= 350°C
- T2=target = 500°C

Example 4000 l/min

Annual energy consumption @

T1 = 20°C à 232'300 kWh

Required Power 38.7 kW

T1 = 160°C à 164'600 kWh

Required Power 27.4 kW

T1 = 350°C à 72'600 kWh

Required Power 12.1 kW

Saving per year T1 =

350°C vs. T1 = 20 °C

= 159.723 kWh

@ 0.12€/kWh à savings =

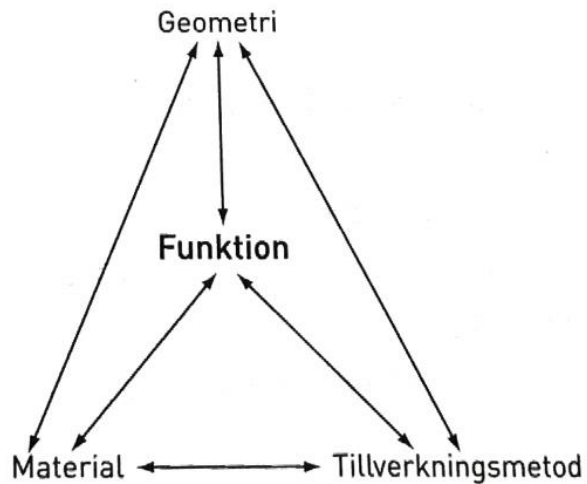
19'152.- €

Figur 8 Återvinning av värmeluft. (Leister, 2019)

### 3.5 Materialval

Valet av material är en viktig del i produktutvecklingsprocessen. Konstruktörer och designer behöver ha översiktliga kunskaper och förståelser av olika konstruktionsmaterials egenskaper, tillverkning och dess användningsområden. Valet av material har en stor inverkan på konstruktionens utformning och bör därför tas i beaktande redan i ett tidigt skede av planeringen. Hurudana belastningar en konstruktion utsätts för och vilka egenskaper den

har beror på vilket material och geometri som använts samt på vilken metod som används vid tillverkning. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., ss. 364-365)



**Figur 9** Starkt beroende mellan material, tillverkningsmetod och komponentgeometri. Funktionen skall vara en lyckad kombination av dessa. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., s. 365)

Vid valet av material till en konstruktion finns det många aspekter som bör vägas in. Nedan listat några av dessa aspekter:

- Produktens funktion
- Materialegenskaper
  - Passiva, bevarande:
    - Påverkan från yttre miljö: värme/kyla, fukt, korrosion, åldring etc.
    - Återvinningsbarhet.
  - Aktiva, funktionella:
    - Mekaniska egenskaper: E-modul, sträckgräns, utmattningsgräns och hårdhet.
    - Fysikaliska egenskaper: Densitet, värmeledning, värmekapacitet.
  - Tillverkningspåverkande:

- Geometri.
  - Bearbetbarhet.
  - Material- och produktionskostnad.
- Kvalitetspåverkande:
- Kostnad av material
  - Livslängd

Ibland kan det finnas skäl att övergå till en ny typ av konstruktionsmaterial. Det nya materialet kan till exempel vara lättare och ge en smidigare konstruktion. Materialet kan ha bättre isoleringsförmåga och tåla påverkan från yttre miljö bättre. Produktionskostnader kan även skalas ner ifall materialet tillåter mindre bearbetning och integrerade funktioner kan tillämpas i samma komponent. (Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., ss. 366 -377)

### 3.5.1 Rostfri Stålblåt

Rostfri stålblåt är ett samlingsbegrepp för ett antal olika stålsorter som genom olika legeringstillsatser har god korrosionshårdighet. Den rostfria stålen har en hög kromhalt på minst 11%. Rostfri stålblåt har god formbarhet som medger falsning eller svetsning. Den rostfria stålblåtens höga hållfasthet möjliggör att plåtar med tjocklek enda ner till 0,4mm kan användas utan att dess korrosionshårdighet försämras. Kromtillsatsen medför att stålen passiveras i oxiderande miljö. Vilket innebär att ett tunt, tätt och kromrikt oxidskikt bildas på ytan. Oxidskiktet skyddar stålen från korrosionsangrepp och självläker om plåten skadas.

Längdutvidgningskoefficienten för rostfria stål är  $10 - 16 * 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ . Vilket betyder att stålet rör sig 1–1,6mm/m vid ett temperatur intervall om 100 grader Celsius.  
Densiteten hos rostfritt stål är ungefär  $7,9 \text{ kg/dm}^3$ .

Den deklarerade värmekonduktiveten ( $\lambda_D$ ) hos rostfritt stål är kring  $17 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .  
(Burström, 2007, s. 302)

### 3.5.2 Glasfiber

Glasfiber tillverkas genom att smält glas dras ut till långa fibrer. Priset på glasfiber är lågt och användningsområdena många. Glasfiber säljs vanligtvis i mattor med ett innehåll från  $30 \text{ g/m}^2$  och uppåt. Glasfibern har väldigt goda egenskaper. Exempelvis är den dragstark,

låg töjning, vattentåli, värmetålig och möglar ej. Dragstyrkan hos glasfiber (olaminerad) är kring 3400MPa, vilket är relativt högt. Hög töjbarhet på ungefär 4,5 % töjgräns vid brott leder dock till att E-modulen är relativt låg på cirka 75Gpa. (Carbonstrikes, 2009)

Densitet hos glasfibern ligger kring  $2,6 \text{ kg/dm}^3$ .

Den deklarerade värmekonduktiveten ( $\lambda_D$ ) hos glasfiber är kring  $0,20 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ .

### 3.6 Värmeisoleringsmaterial

Valet av isoleringsmaterial är väldigt viktigt. Desto bättre värmeisolering man använder desto lägre blir energiåtgången samt uppvärmningstiden. Värmetransporten genom ett poröst material sker genom ledning, strålning och konvektion. Den totala effekten av dessa kallas för ett materials värmekonduktivitet eller värmeledningsförmåga. Med värmekonduktivitet beskrivs ett materials förmåga att leda värme. Detta skall för isoleringsmaterial vara så lågt som möjligt. Beteckningen för denna är internationellt ” $\lambda$ ”. Värdet anges med tre decimaler i enheten  $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$  eller som heltal  $\text{mW/(m}\cdot\text{K)}$ .

Porösa material innehåller i praktiken en viss mängd fukt. Detta medför att vid beräkning med värdet av värmekonduktivitet krävs ett beräkningsmässigt värde  $\lambda_{ber}$  som erhålls genom att till  $\lambda_D$  (deklarerad värmekonduktivitet) addera en korrektions term  $\lambda\Delta_w$ .

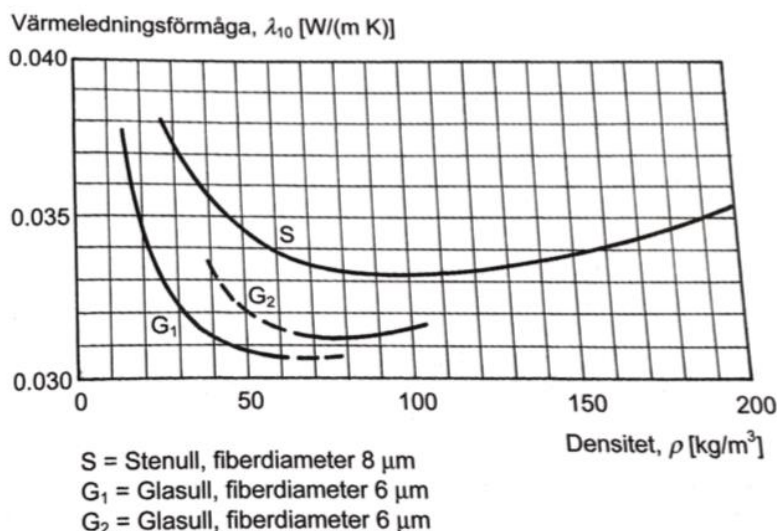
$$\lambda_{ber} = \lambda_D + \lambda\Delta_w \quad (1)$$

(Burström, 2007, s. 466)

#### 3.6.1 Mineralull

Mineralull finns både som glasull och stenuull. Stenuull tillverkas i huvudsak av diabas som råvara, medan glasull tillverkas av framför allt sand och glaskross. Skrymdensiteten är hos stenuull något högre än hos glasull vid samma värmekonduktivitet eftersom glasfibrernas diameter är högre. För att göra mineralullen hanterbar tillsätts 0,8-2 % fenolharts. Detta gör även att användningstemperaturen för mineralullen begränsas till  $+200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Nedan i figur 10 kan man se att värmeledningsförmågan är som lägst hos mineralullen vid en densitet på ca  $70 \text{ kg/m}^3$ . Fiber materialet i mineralullen är helt obrännbart och mängden bindemedel är så liten att de ej påverkar brandbelastningen. Stenuulls fibern klarar dock av temperaturer upp till  $+800 \text{ }^\circ\text{C}$ , medan glasullsfibern sintrar vid  $+600 \text{ }^\circ\text{C}$ .





Figur 10 Värmeledningsförmåga som funktion av densitet för sten och glasull. Vid medeltemperatur på +10 grader. (Burström, 2007, s. 469)

Den deklarerade värmekonduktiviteten ( $\lambda_D$ ) hos mineralull ligger normalt kring 0,030-0,039 W/(m\*K). Mineralullens låga värmekonduktivitet har att göra med produktens förmåga att hålla luften i isoleringen stilla och att minska värmestrålning. Korrektionstermen för mineralullen är  $\lambda_{\Delta_w}$  värdet är 0.000 W/(m\*K).

### 3.6.2 Polyuretan

Polyuretanisolering delas in i PUR och PIR. PUR är förkortningen för fast polyuretanskum och PIR för fast polyisocyanuratskum. Allmänt kallas både PIR och PUR för fast polyuretanskum. Fast polyuretanskum tillverkas av två komponenter MDI (Metylendiifenyldiisocyanat) och polyol (poly funktionell alkohol). Tillverkningen sker genom en kemisk reaktion mellan de två baskomponenterna i vätskeform och ett blåsmedel, till exempel pentan eller CO<sub>2</sub>. (Petersson, 2004, s. 139)

Vid tillverkning av PIR används en större mängd MDI vilket gör att materialet blir starkt, lätt och syntetiskt och får goda brandsäkerhetsegenskaper. Användningstemperaturen för PIR-isoleringen är från -50 till +120 °C men materialet tål även under kortare perioder temperaturer på över + 200 °C.

Finnfoam PIR isoleringsskivor är klädda med ett diffusionstätt aluminiumlaminat på bägge sidor vilket bidrar till den låga värmekonduktiviteten.

Den deklarerade värmekonduktiveten ( $\lambda_D$ ) hos Finnfoam polyuretanisolering är 0,023 W/(m\*K). Vilket innebär att isoleringens tjocklek kan vara tunn. Densiteten för PIR-isoleringen är kring 30-40 kg/m<sup>3</sup>. (Finnfoam, 2019)

### 3.7 Värmeledning, strålning och konvektion - Värmeförlust

I fasta homogena material utan porer, exempelvis metaller, sker värmetransporten uteslutande genom ledning. I andra material som innehåller både fast material och porer med gaser eller vätskor tillkommer värmetransporterna strålning och konvektion.

Värmeledningen genom ett material beror på materialets värmekonduktivitet, temperaturskillnaden över materialet och materialets tjocklek i värmeströmmens riktning. Värmeledningen kan för endimensionell värmeströmning och stationära förhållanden beskrivas per kvadratmeteryta som en värmeväxlingsintensitet  $q$  (W/m<sup>2</sup>) med formeln:

$$q = \lambda * \frac{T_1 - T_2}{d} \quad (2)$$

$$\lambda = \text{värmeförledningsförmåga (W/mK)}$$

$$d = \text{tjocklek (m)}$$

$$T_1 \text{ och } T_2 = \text{den högre och lägre temperaturen (}^\circ\text{C)}$$

Värmeväxlingsintensiteten kan vägen uttryckas som en kvot mellan temperaturdifferensen och materialets värmemotstånd R (m<sup>2</sup>K/W) enligt sambanden:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R} \quad (3)$$

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (4)$$

(Johannesson, Persson, & Pettersson, 2013., s. 232)

I konstruktioner med flera homogena materialskikt kan värmeväxlingsintensiteten genom hela konstruktionen beräknas utifrån varje enskilt skikt. De enskilda skiktens värmemotstånd betecknas med  $R_i$  (m<sup>2</sup>K/W) och definieras genom:

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (6)$$

$$d_i = \text{det enskilda materialsskiktets tjocklek (m)}$$

$\lambda_i =$  det enskilda materialets värmekonduktivitet ( $W/mK$ )

Konstruktionens värmemotstånd  $R$  ( $m^2K/W$ ) av alla delskikt representeras av summan av alla delskikts värmemotstånd på följande sätt:

$$R = \sum R_i = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

$$R_i = \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (7)$$

Det totala värmemotståndet  $R_t$  ( $m^2K/W$ ) måste inkludera övergångsmotstånd från inneluft till uteluft. Det totala värmemotståndet för konstruktioner med flera homogena materialskikt definieras genom:

$$R_T = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_3} + R_{se} \quad (8)$$

$R_{se} =$  övergångsmotstånd för konstruktionens ytterytor ( $0,13 m^2K/W$ )

$R_{si} =$  övergångsmotstånd för konstruktionens innerytor ( $0,04 m^2K/W$ )

$d_i =$  skiktjocklek för materialskikten 1,2,3, osv (m)

$\lambda_i =$  beräkningsvärdet för värmeledningsförmågan för materialen

1,2,3 osv. ( $W/mK$ )

Värmeledningstätheten  $q$  ( $\frac{W}{m^2}$ ) genom flerskiktsskonstruktioner definieras på följande sätt:

$$q = \frac{T_i - T_e}{R_T} \quad (9)$$

(Petersson, 2004, s. 234)

Normalt uttrycks värmeisoleringsgraden som en värmegenomgångskoefficient som beskriver den värmeförlust en konstruktion medger. Värmegenomgångskoefficienten  $U$  ( $W/m^2K$ ) definieras som inversen av konstruktionens totala värmemotstånd:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (10)$$

Värmeledningen  $Q$  ( $W$ ) genom en byggnadsdel fås därmed genom att värmegenomgångskoefficienten  $U$  multipliceras med temperaturdifferensen mellan inne och ute luften på en aktuell yta. Detta definieras på följande sätt:

$$Q = U * (T_i - T_e) * A \quad (11)$$

(Petersson, 2004, s. 235)

Värmeförluster uttryckt som värmeflödet  $Q(W)$  genom byggnadsdelar och byggnader kan definieras med konduktanser och temperaturdifferenser enligt följande sätt:

$$Q = K * (T_1 - T_2) \quad (12)$$

$$K = \frac{A}{R} \text{ för ledning}$$

$$K = a_r A \text{ för strålning}$$

$$K = R_a A \text{ för konvektion}$$

$$A = \text{area på byggnadsdel (m}^2\text{)}$$

$$a_r = \text{värmeöverföringskoefficient för strålning (m}^2\text{K/W)}$$

$$R_a = \text{luftflöde (m}^3\text{/s)}$$

$$R = \text{värmemotstånd (m}^2\text{K/W)}$$

(Petersson, 2004, s. 353)

### 3.8 Ytrelaterad värmeförlustkoefficient $F_s$ -värde

Värmeförlustkoefficienten  $F_s (W/m^2K)$  beskriver värmeförlusterna per ytenhet och temperaturgrad som sker genom exempelvis väggar och tak som avgränsar inomhusmiljö mot utomhusmiljö samt uppvärmt eller icke uppvärmt utrymme. Värmeförlustkoefficienten definieras på följande sätt:

$$F_s = \frac{\sum U_{just,i} * A_i}{A_{om}} \quad (13)$$

$U_{just,i}$  = justerad värmegenomgångskoefficient för konstruktionsdel ( $W/m^2K$ )

$$A_i = \text{area av konstruktionsdel (m}^2\text{)}$$

$$A_{om} = \text{totalt omslutande area som gräns mot uppvärmd innerluft (m}^2\text{)}$$

(Pettersson, 2004, s. 251)

### 3.9 Energibehov – effektbehov

För att få en uppskattning på uppvärmningstid för ett objekt kan man räkna ut det med hjälp av värme kapaciteten  $Q(J)$ . Detta definieras på följande sätt:

$$Q = c * m * \Delta T \quad (14)$$

$c = \text{specifika värmekapacitet för materialet (kJ/kg*k)}$

$m = \text{massan för objektet (kg)}$

$\Delta T = \text{skillnad i temperatur (K/° C)}$

Effekten är avlämnad energi per tidsenhet. För att få ut tiden från detta används formeln:

$$P = Q/t \quad (15)$$

$P = \text{effekt (Watt)}$

$Q = \text{värmemängd, värmekapacitet (Joule)}$

$t = \text{tid (sekunder)}$

## 4 Metod

I detta kapitel beskrivs de metoder som använts för att komma fram till resultatet. Arbetet inleddes med ett möte hos Botnia Marin Oy Ab, där vi diskuterade vad jag skulle göra.

Under arbetets gång har jag använt mig av olika faser i produktutvecklingsprocessen. Jag har även använt mig av nödvändiga beräkningar för att få fram ett så bra resultat som möjligt. 3D-modellen gjordes i Siemens NX.

## 4.1 Möten

Möten har hållits en gång i månaden angående hur arbetet fortskridits. Även övriga frågor kring arbetet har diskuterats och klargjorts. Under dessa möten har handledarna från Botnia Marin, Kaj-Erik Loo samt Anders Majors närvarit. Intervjuer med byggare och andra sakkunniga har även gjorts för att få en bättre förståelse på vad som krävs av konstruktionen.

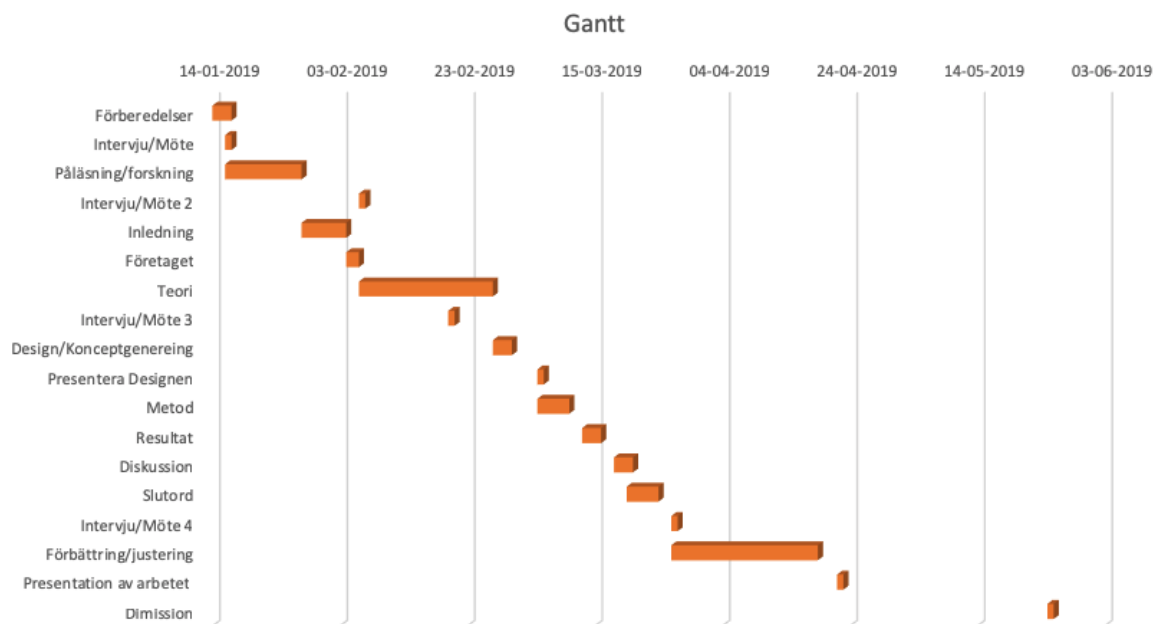
## 4.2 Förstudie och planering

Under första mötet listades önskemålen och kraven. Utifrån dessa gick vi vidare med att diskutera problemen kring tidigare använd uppvärmningsteknik samt hur man skall kunna förbättra uppvärmningsprocessen av relingslisten.

### 4.2.1 Problem

- Den nuvarande uppvärmningsugnen kan inte förflyttas, och är inte belägen i den hall där produktionen sker. Därav måste listen transporteras, vilket leder till att den hinner svalna innan montering.
- Listen skall värmas upp till  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , detta skall tidsoptimeras så att den är rätt grad vid rätt tillfälle.
- Ugnen bör kunna flyttas med t.ex. pumpkärra eller truck.
- Användningsområde för ugnen skall vara från  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  till  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Då ugnen inte används kommer den att placeras utomhus, vilket betyder att den bör vara vädertålig.
- Dimensioneringen skall vara praktisk och optimerad, så att det är lätt att placera listrullen i ugnen.
- Värmetillförseln i ugnen skall vara jämnfördelad. Hela listen skall värmas jämnt.

Under förstudiefasen gjordes även ett tidschema för arbetet. Detta gjordes enligt ”Gantt-schema-metoden”. Se Figur 9 för tidsplan.



**Figur 11** Tidsplan för examensarbete.

### 4.3 Produktspecificering

En kravlista gjordes på basis av problemen. Under projektets gång fylldes listan på, samt justerades under tidens gång. I tabell 2 listas de krav som ställts för konstruktionen. Kraven sätter gränser på vilka olika lösningar som kan tillämpas.

Tabell 2 Kravlista.

Botnia Marin Ugn	Kravlista	Utfärdad 20.3.2019
------------------	-----------	--------------------

K=Krav Ö=Önskemål

Ändring	K Ö	Kravlist på konstruktion av ugn för uppvärmning av relingslist	Ansvar
	K	1. <u>Geometri:Dimensioner</u> Ugn innermått: Höjd: 2000-2200mm	A.J
	K	Bredd: 1200-2000mm	
	K	Djup: 2000-2200mm	
	Ö	2. <u>Kraft</u> Vikt på konstruktionen: $\leq 100\text{Kg}$	A.J
	K	Skall klara av en minimivikt på: $\geq 232\text{Kg}$	
	K	3. <u>Material</u> Väderbeständigt	A.J
	Ö	Kostnadseffektivt	
	Ö	Hög hållfasthet	
	Ö	Hög värmekonduktivitet	
	K	4. <u>Säkerhet</u> Skall vara brandsäker	A.J
	K	Ergonomisk för operatören	
	Ö	5. <u>Livslängd på produkten</u> Livslängd på cirka 20 år	A.J
	Ö	6. <u>Underhåll</u> Underhållsfri	A.J
	Ö	7. <u>Tidsplan</u> Klar för konstruktion 1.6.2019	A.J

#### 4.4 Konceptgenerering

Vid det första mötet på Botnia Marin Oy Ab diskuterades de eventuella problem som man kunde stöta på vid tillverkningen av en ugn av denna typ. Genom diskussion och brainstorming fick vi idéer till hur dessa problem kunde mötas. Fyra totallösningalternativ finns tillämpade nedan i tabell 3.



Tabell 3 Morfologisk matris för produkt med totalfunktion "Värma upp relingslist".

Delfunktioner		Dellösningalternativ			
1	Rymma relingslist	Rektangulär konstruktion	Kubisk konstruktion		
2	Lätt användning	Dörr fungerar som ramp	Vanlig typ av dörr		
3	Uppvärmningstid	Tjock isolering	Tjock yttervägg	Hög effekt på värmare	Liten dimension
4	Jämn fördelning av varmluft	Luftflödet mot vägg	Rör kanaler	Ventilationgaller	Spjäll
		1	2	3	4

Totallösningalternativ

Variant 1 (röd)

Variant 2 (grön)

Variant 3 (blå)

Variant 4 (svart)

## 4.5 Konceptval

Från konceptgenereringen skall det väljas ett koncept som följer med vidare i produktutvecklingsarbetet. Detta kan göras enligt flera olika metoder, och i detta fall valdes det att göras med hjälp av en elimineringsmatris.

Tabell 4 Elimineringmatris.

Elimineringsmatris för Botnia Marin Ugn								Elimineringskriterier:	Beslut:
Lösning	Löser huvudproblemet	Uppfyller alla krav	Realiserbar	Inom kostnadsramen	Säker och ergonomisk	Passar för företaget	Tillräcklig info	(+) JA (-) Nej (?) Mer info krävs (!) Kontroll produktspec	(+) Fullfölj lösning (-) Eliminera lösning (?) Sök mer info (!) Kontroll produktspec
								Kommentar	Beslut
1	+	+	+	+	+	+	+	Bra helt	+
2	+	+	+	+	+	-	-	Inte optimal	-
3	+	+	+	+	+	-	+	Inte optimal	-
4	+	-	+	+	+	-	-	Inte optimal	-

Enligt tabell 4 kan man se att med hjälp av matrisen eliminerades alla lösningar förutom lösning ett. Lösningen beskrivs mera i detalj i resultat delen.

Tabell 5 Lista över koncept.

Koncept	Rymma relingslist	Lätt användning	Uppvärmningstid	Jämn fördelning av varmluft
1	Rektangulär konstruktion	Vanlig typ av dörr	Tjock isolering	Luftflödet mot vägg
2	Rektangulär konstruktion	Dörr fungerar som ramp	Tjock yttervägg	Rör kanaler
3	Kubisk konstruktion	Vanlig typ av dörr	Hög effekt på värmare	Ventilationsgaller
4	Kubisk konstruktion	Vanlig typ av dörr	Liten dimension	Spjäll

I tabell fem beskrivs hur de olika lösningarna är uppbyggda.

## 4.6 FMEA- Riskanalys

En riskanalys gjordes för att bättre kunna förutspå och lokalisera risker i arbetet. De rekommenderade åtgärderna kan elimineras redan i ett tidigt skede av ugnens produktutvecklingsprocess.

Tabell 6 Riskanalys för Botnia Marin värmeugn.

FMEA Felmod- och effektanalys			Botnia Marin Ugn							
Nummer	Komponent/operation/huvudfunktion	Funktion	Felkaraktäristik			Nuvarande tillstånd				
			Felmöjlighet	Feleffekt	Felorsak	Kontroll	Felsannolikhet	Allvarlighet	Upptäckssannolikhet	Risktal
		Vad skall hända	Vad kan gå fel	Vad kunde hända om det inträffar	Var kan orsaken vara	Vilka förebyggande kontrollåtgärder utförs idag?	Vad är sannolikheten att det inträffar och har denna orsak?(1-10)	Hur allvarlig är skadan (1-10)	Vad är sannolikheten att inte upptäcka felet innan det inträffar(1-10)	
1	Konstruktionen	Konstruktionen skall tåla påfrestning	Fogarna	Ugnen rasar	Fel tillverknings teknik	Tester i hållbarhet	3	10	5	150
2	Lås	Hålla fast dörren till ugnen	Går sönder	Värmen minskar, eventuellt kan rullen rulla ut	Dålig kvalitet på låsen	Testa låsen innan användning	1	6	2	12
3	Männsliga faktorn	Dörren lämnas olåst, listen ligger mot en vägg	Personen ser inte till att allt är ok	Listen värms inte korrekt	Männsliga faktorn	Visa hur produkten fungerar	4	6	8	192
4	Material	Vara tillräckligt hållbart	Icke tillräckligt hållbart	Kan skada listen/omgivningen	Fel dimensionering/materialval	Test av material	8	9	8	576
5	Grunden	Hålla upp ugnen	Inte rätt dimensioner/material	Skada listen	Fel dimensionering	Räkna ut hur stora plattor som behövs	2	3	2	12

## 4.7 Dimensionering

Dimensioneringen av ugnens innermått gjordes på basis av önskemål av Botnia Marin Oy Ab. Energibehov, effektbehov och uppvärmningstid regleras genom val av isoleringstjocklek samt av effekten hos värmaren. Måtten för ugnen presenteras i resultat delen senare i arbetet.

## **4.8 Materialval**

Vid valet av material för ugnen fanns det många alternativ och bygget av en ugn kan ske på flera olika sätt. Vi kom fram till att vi ville prova med två stycken koncept, som använde två olika material på väggarna samt två olika material till isoleringen. Valet för väggarna blev rostfri stålplåt samt glasfiber. Isoleringsmaterialen består av mineralull och uretanskiva. Ramen till konstruktionen kan göras i stål eller trä.

## **4.9 Design av 3D-modell i Siemens NX**

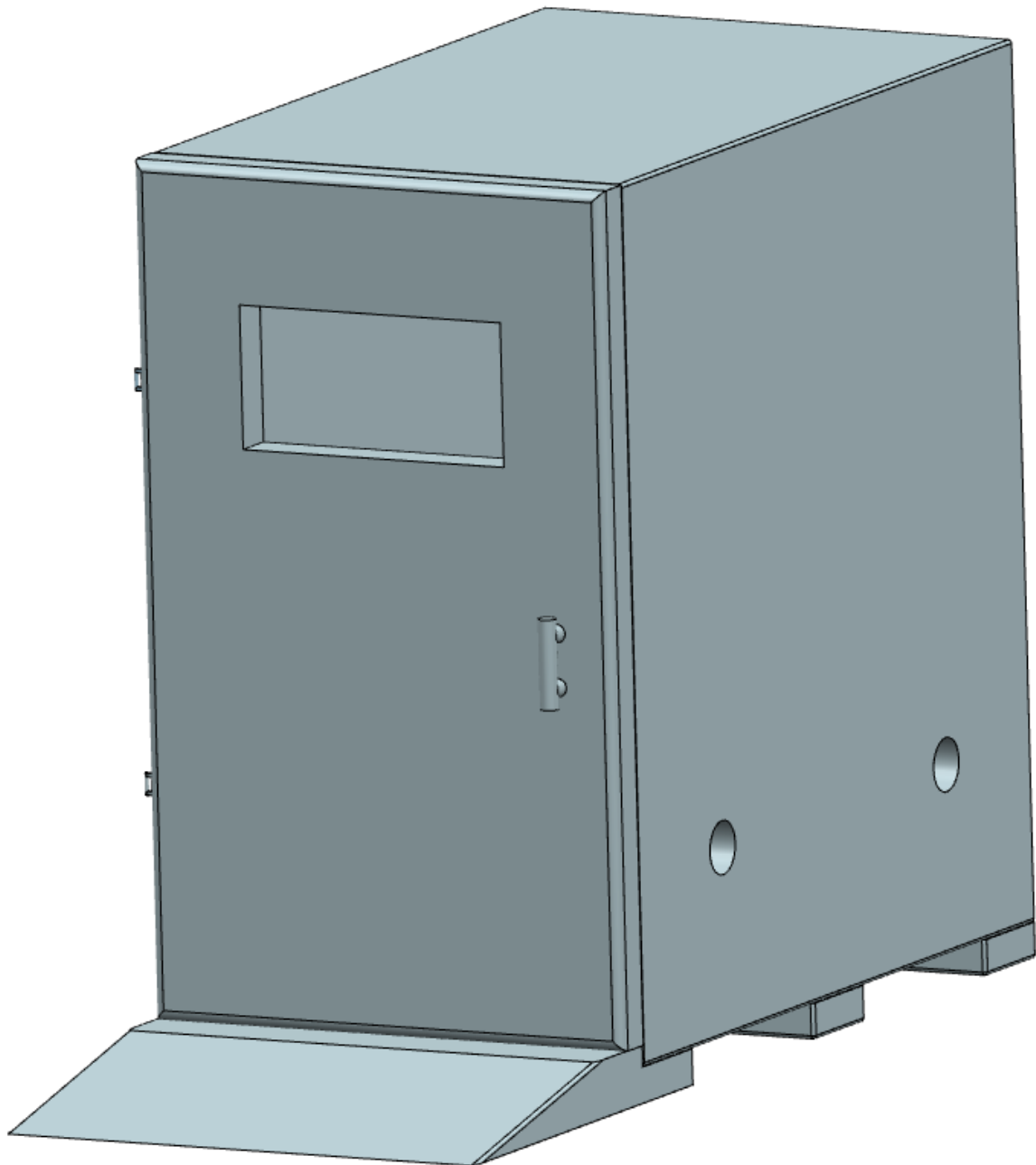
Design av ugnen gjordes som 3D-modell i Siemens NX. Den slutgiltiga designen och uppbyggnaden av ugnen skall Botnia Marin välja senare skede men denna design fungerar som grund för detta koncept. Designen presenteras senare i resultat delen.

## 5 Resultat

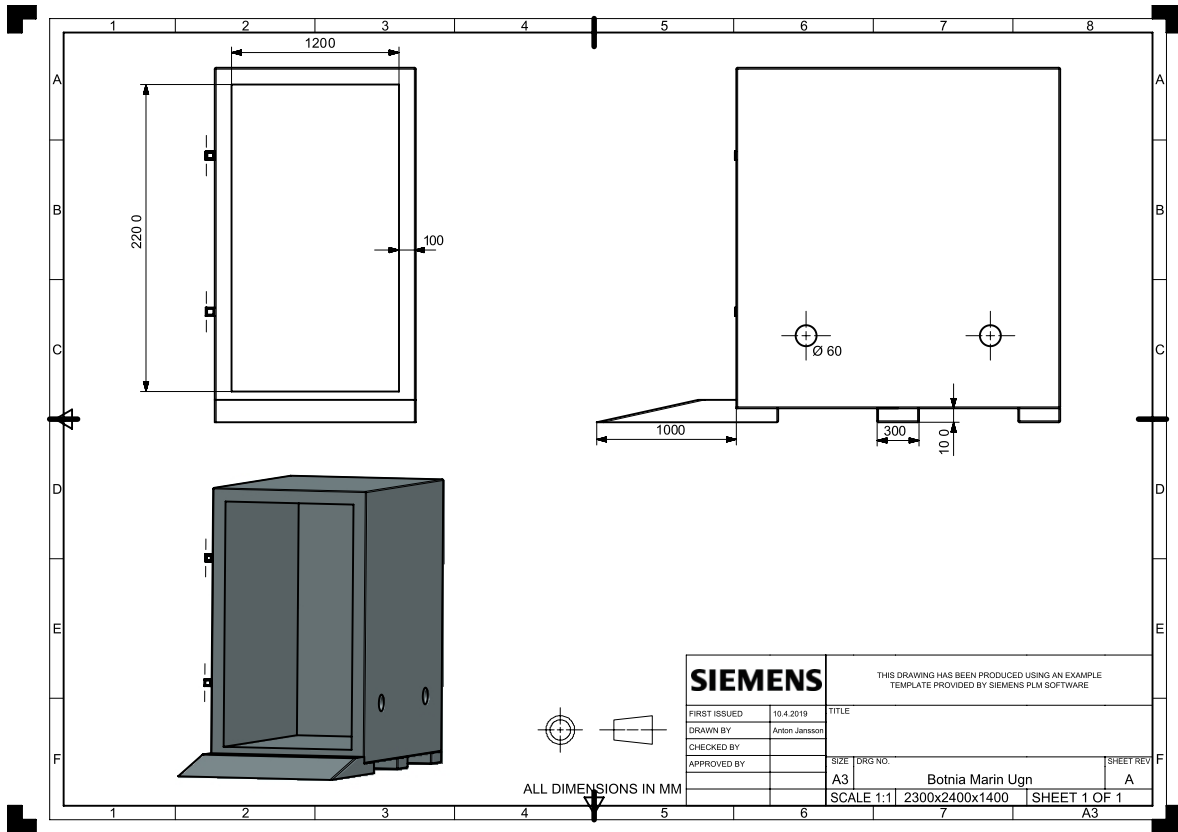
I detta kapitel presenteras resultatet av detta examensarbete. En NX-modellering, komponentval samt beräkningar.

### 5.1 Konceptet

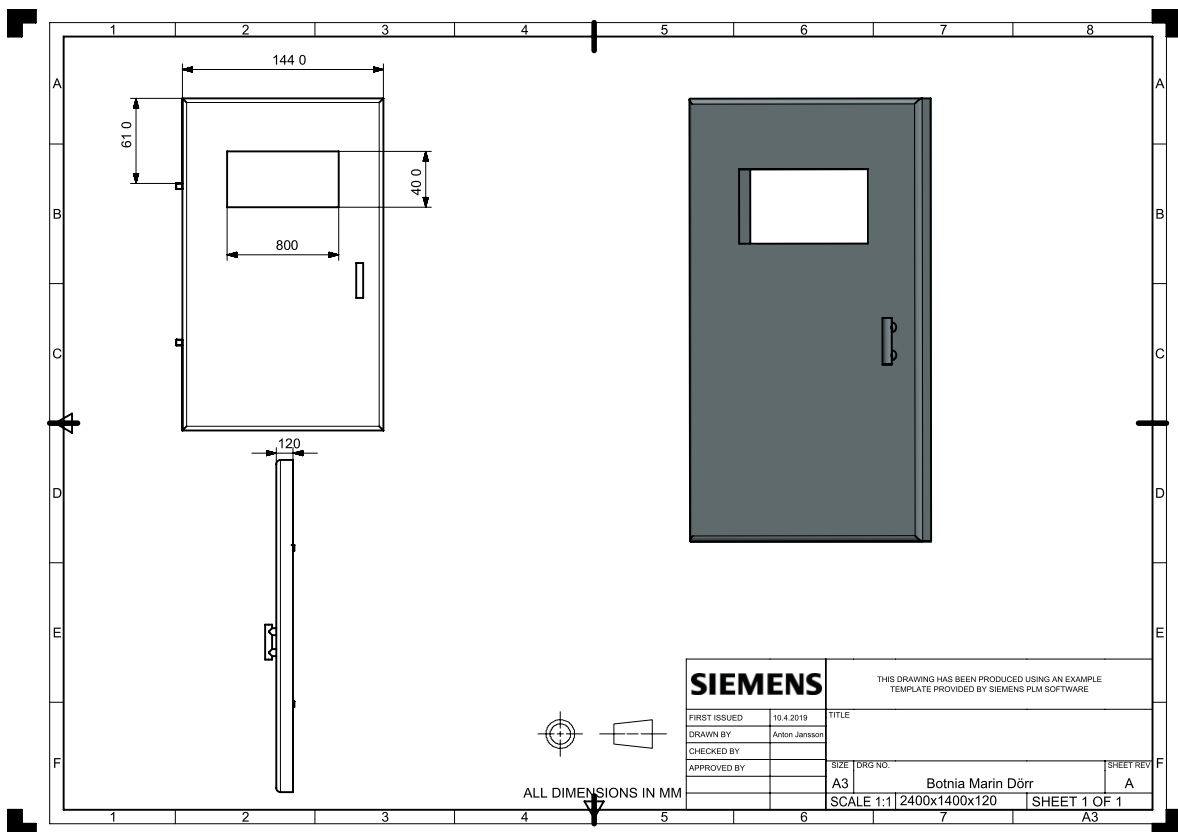
En ugn vars innermått är 1200\*2200\*2200 mm. Dörr med fönster samt ramp för enkel användning.



Figur 12 Designkoncept av värmeugn.



Figur 13 Ritning av värmeugn.



Figur 14 Ritning av dörr.

## 5.2 Beräkningar

I detta kapitel presenteras de beräkningar som gjorts för arbetet.

### 5.2.1 Värmeförlust

För att beräkna värmeförlusten beräknades först värmemotståndet ut för väggarna med formel (7) som består av rostfri plåt, uretan och glasfiber, sedan användes formel (12) för att räkna ut värmeförlusterna.

$$R = \frac{0,0007m}{17W/mk} + \frac{0,05m}{0,023W/mk} + \frac{0,02m}{0,25W/mk}$$

$$R = 2,24 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$K = \frac{4,84\text{m}^2}{2,24 \text{ m}^2\text{K/W}} \text{ (Stor vägg)}$$

$$K = 2,14 \text{ W/K}$$

$$Q_{stor \text{ vägg}} = 2,14 \frac{W}{K} * (100^\circ C - 80^\circ C)$$

$$Q_{stor \text{ vägg}} = 172 \text{ W}$$

$$K = \frac{2,64\text{m}^2}{2,24 \text{ m}^2\text{K/W}} \text{ (liten vägg)}$$

$$K = 1,17 \text{ W/K}$$

$$Q_{liten \text{ vägg}} = 1,17 \frac{W}{K} * (100^\circ C - 80^\circ C)$$

$$Q_{liten \text{ vägg}} = 93,70 \text{ W}$$

$$Q_{totalt} = Q_{stor \text{ vägg}} + Q_{liten \text{ vägg}}$$

$$Q_{totalt} = 718 \text{ W}$$

### 5.2.2 Effektbehov

För att räkna ut effektbehov för värmeblåsaren har formel (14) samt formel (15) använts. Temperaturen utanför ugnen  $20^{\circ} C$  och i ugnen  $100^{\circ} C$ .

Värmemängd för PVC:

$$Q(PVC) = 1,17 \left( \frac{kJ}{kgK} \right) * 190kg * 80^{\circ} C$$

$$Q(PVC) = 17784 kJ$$

Värmemängd för luft:

$$Q(Luft) = 1,0054 \left( \frac{kJ}{kgK} \right) * \left( \frac{1,204kg}{m^3} * 5,8m^3 \right) kg * 80^{\circ} C$$

$$Q(Luft) = 562 kJ$$

Värmemängd totalt inuti ugnen:

$$Q(Luft) + Q(PVC) = 18346 kJ$$

### 5.2.3 Effektbehov 30 mm uretanisolering

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 30 minuter, 30 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 kJ/1800s = 10,2kW + Q(\text{värmeförlust}) = 1169,9W = \underline{11 kW}$$

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 45 minuter, 30 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 kJ/2700s = 6,8 kW + Q(\text{värmeförlust}) = 1169,9W = \underline{8kW}$$

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 60 minuter, 30 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 kJ/3600s = 5,1 kW + Q(\text{värmeförlust}) = 1169,9W = \underline{6kW}$$

#### 5.2.4 Effektbehov 50 mm uretanisolering

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 30 minuter, 50 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 \text{ kJ}/1800\text{s} = 10,2\text{kW} + Q(\text{värmeförlust}) = 718,4\text{W} = 11 \underline{\text{kW}}$$

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 45 minuter, 50 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 \text{ kJ}/2700\text{s} = 6,8 \text{ kW} + Q(\text{värmeförlust}) = 718,4\text{W} = 7,5 \underline{\text{kW}}$$

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 60 minuter, 50 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 \text{ kJ}/3600\text{s} = 5,1 \text{ kW} + Q(\text{värmeförlust}) = 718,4\text{W} = 6 \underline{\text{kW}}$$

#### 5.2.5 Effektbehov 80 mm uretan isolering

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 30 minuter, 80 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 \text{ kJ}/1800\text{s} = 10,2\text{kW} + Q(\text{värmeförlust}) = 455 \text{ W} = 10,5 \underline{\text{kW}}$$

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 45 minuter, 80 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 \text{ kJ}/2700\text{s} = 6,8 \text{ kW} + Q(\text{värmeförlust}) = 455 \text{ W} = 7 \underline{\text{kW}}$$

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 60 minuter, 80 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 18346 \text{ kJ}/3600\text{s} = 5,1 \text{ kW} + Q(\text{värmeförlust}) = 455 \text{ W} = 5,5 \underline{\text{kW}}$$

#### 5.2.6 Effektbehov värma ugn utan list

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 30 minuter, 50 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 562 \text{ kJ}/1800\text{s} = 312 \text{ W} + Q(\text{värmeförlust}) = 718,4 \text{ W} = 1 \underline{\text{kW}}$$



Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 45 minuter, 50 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 562 \text{ kJ}/2700\text{s} = 208 \text{ kW} + Q(\text{värmeförlust}) = 718,4 \text{ W} = \underline{1 \text{ kW}}$$

Effektbehov för värmeblåsare med uppvärmningstid på 60 minuter, 50 mm uretan isolering och listen placerad i ugnen:

$$P = 562 \text{ kJ}/3600\text{s} = 156 \text{ kW} + Q(\text{värmeförlust}) = 718,4 \text{ W} = \underline{1 \text{ kW}}$$

### 5.2.7 Uppvärmningstid för ugn

Uppskattad uppvärmningstid för ugn med 5500W värmeblåsare med hjälp av BTU-Calculator.

#### BTU Calculator

##### Result

You will need **10,912 BTU/hour** or **3,197 watt**.


Room/House Width	<input type="text" value="1.2"/>	meters
Room/House Length	<input type="text" value="2.2"/>	meters
Ceiling Height	<input type="text" value="2.2"/>	meters
Insulation Condition	normal	
Desired Temperature Increase or Decrease	<input type="text" value="80"/>	Celsius
<small>e.g. 75°F for Boston winter, 45°F for Atlanta winter.</small>		
<b>Calculate</b> 		

Figure 15 Btu Calculator. (Calculator, u.d.)

$$t = \left( \frac{3197 \text{ Wh}}{5500 \text{ W}} \right) * 60$$

$$t = 35 \text{ minuter}$$

### 5.2.8 Uppvärmningstid för relingslist

Uppskattad uppvärmningstid för relingslist med 5500W värmeblåsare.

$$t = 17784000 \text{ J}/5500 \text{ Js}$$

$$t = 3233,5\text{s} = 53,9 \text{ minuter}$$

## 5.3 Komponenter

För att värma ugnen kommer Leisters återvinning av varmluftssystem användas. Detta är ett väldigt kostnadseffektivt system som sparar mycket elektricitet. Valet av komponenter har gjorts på basis av de beräkningar som gjorts.

### 5.3.1 Luftvärmare

Leister LE 10000 DF-R kommer användas som luftvärmare för ugnen. Denna luftvärmare klarar av värmen den kommer utsättas för i denna applikation. Effekten hos dessa luftvärmare kan väljas mellan 5500 W till 17000 W. Till denna applikation kommer enligt beräkningar en med effekten 5500 W räcka till,



Figur 16 Leister Leister LE 10000 DF-R. (Leister, 2019)

**LE 10000 DF-R - 3 x 400 V / 5.5 kW**

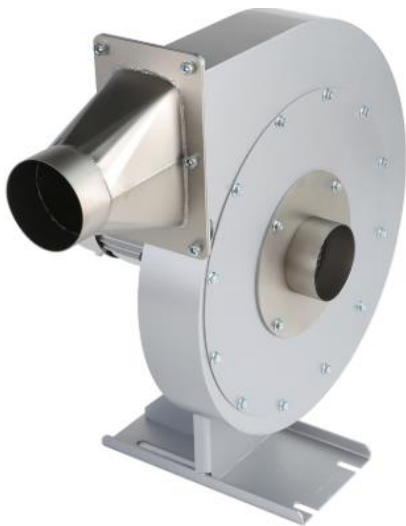
Article No. \*146.796\*

Attribute	Unit	Value
Voltage	V~	3 x 400
Power	W	5500
Min. air volume (20°C)	NI/min - 5.5 kW	400
Max. air outlet temperature	°C	650
Max. air inlet temperature	°C	350
Max. ambient temperature	°C	200
Size (L x Ø)	mm	165 × 146
Weight	kg	2.7
Conformity mark		CE
Protection class I		⊕

1/1

**Figur 17 Teknisk data Leister LE 10000 DF-R. (Leister, 2019)****5.3.2 Blåsare**

Leister RBR kommer användas som blåsare på grund av att detta är den enda blåsaren som klarar av tillräckligt hög inloppstemperatur och kan därför användas till denna applikation.

**Figur 18 Leister RBR blåsare. (Leister, 2019)**

## RBR - 3 x 230/400 + 3 x 277/480 V / 50/60 Hz

Article No. \*156.049\*

Attribute	Unit	Value
Frequency	Hz	50 / 60
Power	W	550 / 660
Voltage	V~	3 x 230/400 / 3 x 277/480
Air volume (20°C)	l/min	18000 / 20000
Pressure static	kPa	2.2 / 2.5
Ambient temperature	°C	-20 ... 60
Air inlet temperature	°C	-20 ... 350
Noise emission level	dB(A)	61
Environmental protection	IEC 60529	IP 54
Outside diameter air inlet	mm	90
Air outlet (external)	mm	90
Weight	lbs	41.9
Conformity mark		

Figur 19 Teknisk data Leister RBR. (Leister, 2019)

### 5.3.3 Övrigt

Leister KSR kommer användas för att reglera temperaturen i ugnen. Enheten innehåller en skärm som ger värden för både mål- och aktuelltemperatur. Enheten kan även programmeras för larmutgångar. Enheten kopplas upp till en termoelementgivare som placeras i ugnen.



**Figur 20 Leister KSR digital temperaturkontroll. (Leister, 2019)**

För att mäta temperature i ugnen kommer det placeras en termoelementgivare som kopplas upp till KSR enheten.



**Figur 21 Leister Termoelementgivare. (Leister, 2019)**

För att reglera strömmen till luftvärmaren kommer det användas en Leister DSE trefasjusteringsenhet.



Figur 22 DSE trefasjusteringsenhet. (Leister, 2019)

För att leda den varma luften till ugnen kommer det att användas en isolerad luftslang av typen HT DN90.



Figur 23 Luftslang HT DN90 isolerad. (Leister, 2019)

## 6 Diskussion

I detta kapitel redogörs problem och utmaningar som stötts på under arbetets gång. Framtid för arbetet och en sammanfattning av det hela.

### 6.1 Framtid och utveckling

Förhoppningsvis från min sida kommer denna ugn att se verkligheten. Botnia Marin Oy Ab har ett väldigt stort behov av en ugn till deras produktionslinje och detta är ett väldigt ekonomiskt alternativ jämfört med att köpa något. Jag kommer att hjälpa dem vid behov vid tillverkningen av denna ugn även klargöra eventuella frågor. Från min sida hoppas jag på en produkt som är effektiv och lättanvänd.

Vid vidare utveckling av ugnen kunde dörren fungera som ramp med hjälp av någon slags dämpare, så att öppning och stängning kunde ske utan problem. Designen kunde vidare utvecklas så att komponenterna för värmningen kunde fästas på ugnen, så att allting vore ett paket. Konstruktionen av väggarna kunde göras med hjälp av enkla stålprofiler eller trä plankor. Luftkanalerna in i ugnen kunde även optimeras för ännu bättre fördelning av värme i ugnen under uppvärmning. Detta kunde göras med hjälp av små kanaler på insidan av väggen som var och en leder till egna inloppskanaler eller med hjälp av ventilationsluftsfordelare. 3D-modellen kunde även göras mer detaljrik men eftersom den gjordes bara för att få en uppfattning av dimensionerna och hur den kan se ut valde det att inte göra det.

### 6.2 Sammanfattning

Till sist sammanfattar jag mitt arbetes genomförande och reflekterar över vad jag lärt mig, vad jag kunde gjort annorlunda och vilka problem som uppstått under arbetets gång.

Arbetet har varit intressant och lärorikt. Denna typ av arbete var utmanande för mig p.g.a. av jag inte har någon tidigare erfarenhet eller skolning inom hur man optimerar och beräknar väsentliga värden till en ugn. Jag gick in med inställningen att detta är väldigt enkelt men så var det verkligen inte. Arbetet gav mig mycket lärdom eftersom det krävdes att jag läste mig in på ämnet.

Personligen är jag nöjd med arbetet, mina visioner för ugnen förverkligades och hela arbetet fick en bra helhet. Nu i efterhand inser jag att jag kunde gjort vissa saker annorlunda för att uppnå bättre resultat. Jag borde redan vid konceptgenereringen satt fokus på två till tre koncept som jag kunde ha arbetat efter. Jag hade en vision men jag arbetade bara enligt ett koncept som sedan spred sig till flera och tillbaka till ett. Även borde jag tagit hjälp redan vid ett tidigt skede av arbetet. De utmanade beräkningarna och uppbyggnaden av konstruktion tog jag an först i ett sent skede av arbetet. Detta kunde eventuellt orsakat ett bättre resultat.

Slutligen vill jag tacka Botnia marin Ab för möjligheten att utföra detta examensarbete. Från företagets sida vill jag tacka Robert Carpelan som erbjöd mig arbetet. Jag vill även tacka Kaj-Erik Loo och Anders Majors som fungerat som handledare från företagets sida. De har alltid haft en positiv attityd vid möten och alltid kunna hjälpa med mina frågor kring projektet.



## 7 Källförteckning

- Burström, P.-G. (2007). *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.
- Carbonstrikes. (den 4 Maj 2009). *Carbonstrikes*. Hämtat från Komposit fibrer: [http://www.carbonstrikes.com/komposit/fibrer.htm#\\_Toc46487822](http://www.carbonstrikes.com/komposit/fibrer.htm#_Toc46487822)
- Calculator. (u.d.). *calculator*. Hämtat från calculator: <https://www.calculator.net/btu-calculator.html?roomwidth=1.2&roomwidthunit=meters&roomlength=2.2&roomlengthunit=meters&ceilingheight=2.2&ceilingheightunit=meters&insulation=normal&temperature=80&temperatureunit=c&calctype=heat&x=0&y=0>
- Finnfoam. (den 4 Mars 2019). *Finnfoam*. Hämtat från Finnfoam: <https://www.finnfoam.se/anvandningsomraden/vagg/vagg/>
- Leister. (den 15 Februari 2019). *Hot Air Recycling*. Hämtat från Leister: [https://www.leister.com/en/microsite/ph\\_rbr\\_hot-air-recycling](https://www.leister.com/en/microsite/ph_rbr_hot-air-recycling)
- Petersson, B.-Å. (2004). *Tillämpad Byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.
- Targa. (den 1 Februari 2019). *Targa*. Hämtat från Targa: [www.targa.fi](http://www.targa.fi) Johannesson, H., Persson, J.-G., & Pettersson, D. (2013.). *Produktutveckling: Effektiva metoder för konstruktion och design*. Stockholm: Liber.
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2014.). *Produktutveckling: Konstruktion och design*. Lund: Studentlitteratur.