

CHALMERS



Utveckling av sandtvätt

Med fokus på förbättrad tillverkning

Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom Maskiningenjörsprogrammet

Max Wallskog

Joel Olsson

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik

Avdelningen för Avancerad oförstörande provning

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2014

Examinator: Gert Persson Examensarbete No. 109/2014

Förord

Denna rapport behandlar produktutvecklingsprojektet av en sandtvätt som utförts av Joel Olsson och Max Wallskog under våren 2014 på Nordic Water Products AB. Arbetet är ett examensarbete för högskoleingenjörsexamen omfattande 15 högskolepoäng per person. Det ingår som en avslutande del av Maskiningenjörsprogrammet på 180 högskolepoäng på Chalmers Tekniska Högskola och är utfört under institutionen för Material- och tillverkningsteknik.

Vi vill börja med att tacka Nordic Water Products AB och speciellt vår handledare, Mikael Hansson för stöd och hjälp under projektets gång. Vi vill även tacka Niklas Rössborn och Linus Jonsson, på Nordic Water Products AB, som bistått med information och kunskap samt Peter Voros på IFM electronics för engagemang vid tester.

Vidare vill vi tacka vår handledare Gert Persson, docent vid institutionen för Material- och tillverkningsteknik, för engagemang och konsultation samt Samuel Lorin, doktorand på institutionen för Produkt- och produktionsutveckling för rådgivning.

Göteborg, maj 2014

Max Wallskog & Joel Olsson

Sammanfattning

Rapporten behandlar utvecklingen utav två ingående organ hos en sandtvätt, sandnivåmätaren samt omröraren. Sandtvättens funktion är att avvattna och rena den sand som samlas i ett avloppsreningsverk. Sand som inte tas bort från reningsverket orsakar onödig förslitning av annan maskinell rening. På grund av en stor andel organiskt materia måste sanden deponeras, något som i längdes blir väldigt dyrt. Lösningen på detta är att avlägsna det organiska materialet från sanden för att sedan kunna använda den rena sanden.

Arbetet är utfört hos Nordic Water Products AB och är riktat mot deras modell SWA21, en av deras bäst säljande sandtvättar. Det som ansågs vara det stora problemet med sandtvätten var att den var för påkostad vilket sänkte dens konkurrenskraft.

Tillvägagångssättet blev att starta upp projektet med en förstudie av den befintliga sandtvätten och dens komponenter för att hitta vart kostnadssänkningar skulle kunna utföras. Ett besök hos Nordic Water Products ABs tillverkare skedde för att samla information om hur tillverkningen utförs samt vilka tillverkningsmetoder som fanns tillgängliga.

Tre brainstormingsessioner utfördes för att generera idéer om lösningsförslag och en kravspecifikation byggdes upp efter vad som förväntades av organen. Idéer som ej ansågs genomförbara eller inte uppfyllde kravspecifikationen sorterades bort och möjliga koncept utvecklades. Innan koncepten utvärderades gjordes en mer ingående analys av konceptens montering och tillverkning, detta för att lägga ytterligare fokus på hur konceptens tillverkning skulle kunna ge en kostnadssänkning för sandtvätten. Utifrån de analyser som gjorts utvärderades koncepten först med hjälp av Pughs matris för en första bortsortering och sedan med Kesselringmatris för att ta fram de slutgiltiga koncepten för varje organ. Dessa gick sedan igenom en FMEA-analys för att hitta förbättringspotential.

För omröraren presenteras fyra vinnande koncept. Tre av dessa bygger på en arminfästning av armar som träs på axeln underifrån och spänns på plats med en skruv i botten. Armarna i de vinnande koncepten har utformats för att kunna laserskäras och behöver ingen efterbearbetning. För att uppnå önskad skärhöjd på armarna staplas tre skurna plåtbitar ovanpå varandra och fästs med antingen nit-, lim- eller krympförband för att de inte ska ha möjlighet att dela sig. Den sista arminfästningen bygger på frästa spår i axeln där en arm består av tre plåtar som fixeras i spåret genom att nitas ihop.

För sandnivåmätningen presenteras tre vinnande koncept. Två av dessa bygger på en mätning av momentpåslaget som blir då sandnivån stiger och täcker de mätande armarna. För det första alternativet ger momentpåslaget upphov till en vridning av en vridfjäder vilket mäts av en givare och omvandlas till en sandnivå. Alternativ två liknar den första men använder sig utav en dragfjäder som monteras mellan två skivor och på så sätt uppnår samma resultat. Det sista konceptet för sandnivåmätning innebär mätning av sandnivån med hjälp av en kapacitiv givare som sitter monterad på tvättväggen och ger signal när sandnivån är rätt.

Summary

The report deals with the development of two constituent organs of a sand washer, the sand gauge and the stirrer. The sand washers function is to dewater and clean the sand collected in a sewage treatment plant. Sand that is not removed from the treatment plant causes premature wear of other mechanical purification system. Because of a high percentage of organic material must the sand be deposited, which in lengthened becomes very expensive. The solution to this is to remove the organic material from sand to then be able to use the clean sand.

The assignment was performed at Nordic Water Products AB and focused on their model SWA21, one of their best selling sand washers. The problem with the sand washer is that it is too lavish which reduced the competitiveness.

The work began with a preliminary study of the sand washer's existing components to find where cost reductions could be carried out. A visit to Nordic Water Products AB's manufacturer was made to collect information about how the production was performed and what available production methods there were.

Three brainstorming sessions were conducted to generate ideas for solution proposals and a requirements specification was built up after what was expected of the components. Ideas that were not considered achievable or did not meet the specifications were excluded. Before a concept evaluation was made a more detailed analysis of the concepts were required to see how the manufacturing could contribute to a cost reduction for the sand washer. The final concepts were then chosen with help from a Pugh matrix for a first away sorting and then with a Kesseling matrix to determine the three best concepts. They were then analyzed with a FMEA to find potential improvements.

For the stirrer four winning concepts are presented. Three of these have arms that are threaded at the axel with spacers in between and then clamped in place with a screw in the bottom of the axel. The arms of the winning concepts have been designed to be laser cut and do not require any post-processing. Every arm consists of three equal parts that are stacked on top of each other to achieve the desired cutting height. These parts are then fastened together with either rivets, adhesives or by shrink of the material for them not to be able to divide. The last arm-attachment is built on milled grooves in the axel and the arm consists of three equal parts that are fixed in the groove by being riveted together.

For sand measurement three winning concepts are presented. Two of these are based on a measurement of the increase of torque that occurs when the sand level rises and covers the measuring arms. The first option provides a rotation of a torsion spring, which is measured by a sensor and translated into a sand level. The second option is similar to the previous but uses tension spring-based mechanism to achieve the same result. The last concept for sand measurement involves measuring the sand level using a capacitive sensor that is mounted on the washer wall. The sensor reacts when the sand level is correct.

Innehållsförteckning

1. INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Precisering av frågeställning	2
2. TEORETISK REFERENSRAM	3
2.1 Funktionsstruktur	3
2.2 Betning av Rostfritt stål	3
2.3 Kravspecifikation	3
2.4 Brainstorming	4
2.5 Fiskbensdiagram	4
2.6 Konkurrentanalys	4
2.7 DFA	4
2.8 DFM	5
2.9 Pughs matris	5
2.10 Kesselringmatris	6
2.11 FMEA	6
2.12 Bockning	6
2.12.1 V-bockning	6
2.13 Laserbearbetning	7
2.14 Kapacitiva givare	8
2.14.1 Kapacitans	8
2.14.2 Kapacitiva givare	8
2.15 CAD	9
3. METOD	10
4. FUNKTIONSSTRUKTUR	12
5. FISKBENSDIAGRAM	13
5.1 Prestanda	13
5.2 Tillverkningskostnad	13
5.3 Modulariserbarhet	13
6. NUVARANDE TILLVERKNING	14
7. SERVICE	15

8. ALTERNATIV TILLVERKNING	16
9. KRAVSPECIFIKATION	17
9.1 Initial Kravspecifikation	17
9.2 Slutgiltig Kravspecifikation	17
10. BRAINSTORMING	19
10.1 Sandnivåmätningkoncept för utvärdering	19
10.1.1 Brytare som mäter vridning av rör	19
10.1.2 Brytare mäter kompressionen utav gasfjädern	20
10.1.3 Brytare mäter kompressionen utav tryckfjäder	20
10.1.4 De övre armarna glider ovanpå sanden	21
10.1.5 Övre armparet bidrar till en uppåtskruvad rörelse	22
10.1.6 Kapacitiv givare för avkänning utav densitet	23
10.2 Omrörarkoncept för utvärdering	23
10.2.1 Frästa spår i axel	23
10.2.2 Rördistanser och kilspår	24
10.2.3 Rördistanser och två frästa planspår	24
10.2.4 Rördistanser sexkantsaxel	24
10.3 Armar	25
10.3.1 Rak arm	25
10.3.2 Rak arm som vrids för större yta mot rotationsriktningen	26
10.3.3 Rak arm som vrids för större yta mot rotationsriktningen och bockas	26
10.3.4 Svängda	26
10.3.5 Envecks-arm	26
10.3.6 Tvåvecks-arm	27
10.3.7 U-formad arm	27
10.4 Sammanfogningssätt utav armar	28
10.4 Koncept axelkoppling	28
10.4.1 Översta armparet utformas som en axelkoppling (1)	28
11. TEST AV GIVARE	30
12. GRANSKNING AV BEHOVET UTAV DELAD AXEL	32
13. KONKURRENTANALYS	33
14. DFX	36
14.1 DFA	36

14.2 DFM.....	38
15. PUGHS MATRIS.....	40
15.1 Pughs matris sandnivåmätare	40
15.2 Pughs matris omrörare.....	41
16. KESSELRINGMATRIS	42
16.1 Kesselringmatris Sandnivåmätare	42
16.2 Kesselringmatis Omrörare	43
17. FMEA.....	44
17.1 FMEA sandnivåmätare	44
17.2 FMEA Omrörare.....	45
17.3 Vidareutveckling.....	46
17.3.1 Sandnivåmätare.....	46
17.3.2 Omrörare	46
18. SLUTSATS	47
18.1 Trovärdighetsanalys.....	49
18.2 Förslag på fortsatt arbete	50
REFERENSER.....	51
PERSONREFERENSER	52
Bilagor.....	51

1. INLEDNING

I detta kapitel presenteras en inledning innehållandes bakgrund och syfte till projektet. Även satta avgränsningar och den preciserade frågeställningen som hjälpt projektet i rätt riktning presenteras.

1.1 Bakgrund

Nordic Water Products ABs sandtvätt MEVA, används för att avvattna och avlägsna organiskt avfall från den sand som samlas i slambassänger i vattenreningsverk. I dagsläget är produkten en god konkurrent vad gäller funktion och kvalitet men då kunden ofta är kommuner är priset en viktig del vid upphandlingar. Priset för en MEVA sandtvätt anses idag vara för högt och för att göra denna mer konkurrenskraftig krävs ett lägre pris med minimal eller helst ingen försämrad kvalitet. En översyn av maskinens konstruktion gjordes för många år sedan och Nordic Water Products AB ser i dagsläget stora möjligheter till förbättringar på många punkter hos maskinen.

Den nuvarande sandtvätten använder sig av vatten som pulsas in i botten av sandtvätten och strömmar uppåt i den sandbädd som bildats efter avvattning. Omröraren roterar för att se till att vattnet alltid tar nya vägar genom sandbädden. Vattnet lyfter organiskt material upp ovan sandbädden där en slambädd bildas. Efter avslutad tvättsykel mäts sandnivån och eventuellt transporteras en mängd sand bort för att hålla en korrekt sandnivå i tvätten.

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att undersöka och omkonstruera omröraren och sandnivåmätaren i sandtvätten MEVA SWA21. Omkonstruktionens mål är att leda till en kostnadssänkning samt ge en mer servicevänlig produkt.

Den största kostnaden för omröraren ligger i tillverkningen, detta beror i dagsläget på en tillverkningsmässigt komplicerad konstruktion. Arbetet skall resultera i tre koncept för omröraren som är billigare att producera och som är lättare att underhålla. Utöver detta vill Nordic Water Products AB uppnå en modulbaserad design som gör den anpassningsbar mellan de olika tvättmodellerna och med utbytbara delar då armarna på omröraren slits med tiden.

I projektet ska även tre nya lösningar som kan ersätta den givare som mäter sandnivån i tvätten tas fram då den i dagsläget är dyr.

1.3 Avgränsningar

- Endast arbeta med omröraren och funktionen om att luckra upp sand för att få organiskt material att vandra upp genom sanden.
- Vid konceptgenerering fås det fritt väljas material men slutgiltigt koncept skall innehålla en lösning för rostfritt stål. Detta på grund utav att rostfritt stål tillhör en oskriven standard/krav från kund som gör att andra materialval kan vara svåra att motivera.
- Inte ta fram slutgiltigt tillverkningsunderlag så som ritningar.

1.4 Precisering av frågeställning

- Vad bidrar till kostnaden för nuvarande omrörare och sandmätare? Tillverkning, material?
- Finns det onödiga kostnader som skulle kunna undervikas? Speciella moment i tillverkning? Är konstruktionen överdriver robust?
- Vilka möjliga tillverkningsmetoder finns att tillgå?
- Vad talar för/emot de olika tillverkningsmetoderna?
- Vilka krav ställs på funktionerna för omrörare och sandnivåmätare?
- Kan man genom en omkonstruktion av omröraren utesluta andra komponenter?
- Kan man genom en omkonstruktion av omröraren bidra till en kostnadssänkning i hänsyn till tillverkning- och materialkostnad?
- Finns det alternativa lösningar till omrörarens funktion om att luckra upp sanden?
- Hur ser konkurrenters lösningar ut angående omrörning och sandmätning?
- Vilken av de framtagna konstruktionerna uppfyller kraven mest kostnadseffektivt?

2. TEORETISK REFERENS RAM

I detta kapitel presenteras den teori som ligger till grund för arbetets innehåll.

2.1 Funktionsstruktur

Ett första steg i arbetet med produktutveckling kan vara att skapa en black box-modell för produkten. Genom att behandla den som en svart låda, utan att se till innehållet fokusera på vad det finns för in- och utflöden ur den. Nästa steg är att helt utan att analysera den befintliga produkten rita upp en hypotetisk funktionsstruktur för denna. Detta görs för att inte låsa sig vid produktens faktiska funktionsstruktur från början och på så sätt kunna, med ett öppet sinne, ta sig an problemet med att omkonstruera en produkt.

När detta är gjort skall en analys av den befintliga produkten göras. Detta görs lättast genom att låta produkten utföra sin funktion för att se vad som händer och sedan montera isär produkten och analysera dennas ingående komponenter. På detta vis kan en faktisk funktionsstruktur ritas upp. Är produkten stor och otymplig att montera isär kan istället ritningar och eventuella befintliga funktionsbeskrivningar studeras.

Själva nedtecknandet av funktionsstrukturen görs likt en Black-box som man utvecklar med att teckna alla de delfunktionerna som åstadkommer överföringar av in- och utgående material, energi och information och hur dessa förändras i produkten. I detta stadi ska inte några komponenter eller färdiga lösningar finnas i funktionsstrukturen (Otto & Wood 1996).

2.2 Betning

När metall bearbetats med till exempel svetsning utsätts den för glödning som förändrar materialegenskaperna. Under glödningsprocessen bildas det oxider på materialets yta som måste tas bort för att undvika vidare korrosionsangrepp.

Ett sätt att göra detta och återställa metallens korrosionsbeständighet är genom betning. Betning innebär att man sänker ner detaljen i ett bad av en eller flera syror. Valet av syra görs med hänsyn på vilken typ av föroreningar och vilket material som fastnat på arbetsstycket. Vanliga typer av syror är svavelsyra, saltsyra, salpetersyra, fluorvätesyra och natriumhydroxid. (Ekström 1994)

2.3 Kravspecifikation

Kravspecifikationen ska fastställa de krav som ställs på en produkt, kraven måste vara mätbara och uppfyllas av produkten. Kraven kan ha två uppgifter, dels att användas som riktlinjer för hur en produkt ska utvecklas och dels som underlag för utvärdering av produktidéer. En Kravspecifikation är ett bra verktyg för en inköpare för att kvantitativt kontrollera en produkt. Det är inte bara krav som kan innefattas i en kravspecifikation utan även önskemål som ställs på produkten.

Det är viktigt att ta till sig alla åsikter och erfarenheter som finns inom företaget men även input från till exempel kunder kan vara viktiga för att ta fram krav och önskemål för en produkt. Detta kan göras med till exempel intervjuer.

Önskemålen ska till så stor utsträckning som möjligt uppfyllas men är alltid underprioriterade kraven. För att underlätta önskemålens prioritering kan dessa viktas mot varandra. Genom att använda till exempel Pughs ballonger vid framtagande av krav och önskemål kan man se till att egenskaperna täcker in så många aspekter som möjligt. Det är viktigt att formulera alla krav och önskemål på ett sådant sätt att det finns mätvärden så att en kvantitativ mätning kan genomföras vid kontroll. (Bligård 2011)

2.4 Brainstorming

Brainstorming är en metod för att komma fram till nya idéer och lösningar på ett givet problem. Under en brainstormingsession är alla åsikter och lösningar välkomna även de som kan ses som "galna". Nyckeln till att lyckas med en brainstorming är att vara positiv till alla idéer och att våga lägga fram lösningar som man själv anser vara bristfälliga. Det är då möjligt för andra i gruppen att bygga vidare på denna idé. Då en problemställning är väldigt komplex bör denna delas upp i mindre, mer greppbara problem och utföra enskilda brainstormingsessioner för dessa.

En brainstormingsession kan utföras på många olika sätt beroende på hur deltagarna tycker om att arbeta, viktigt är dock att anteckna alla uppkomna idéer till exempel på post-it lappar, målet är kvantitet. Är man många i gruppen kan det även vara bra att utse en mötesledare som fördelar ordet. (Sörqvist 2004)

2.5 Fiskbensdiagram

Fiskbensdiagram är ett välanvänt och enkelt förbättringsverktyg där syftet är att hitta orsaker till ett definierat problem. Det är ett verktyg som ger en sammanfattande visuell bild av ett problem.

Efter att ha definierat ett problem tas det ofta med hjälp utav brainstorming fram orsaker till detta. Dessa orsaker kan sedan "benas" upp i flera steg för att hitta mer konkreta faktorer som påverkar problemet.

När diagrammet är konstruerat analyseras resultatet för att hitta de orsaker som har störst påverkan på det ursprungliga problemet och som bör ligga som grund vid ett förbättringsarbete. (Sörqvist 2004)

2.6 Konkurrentanalys

Syftet med att utföra en konkurrentanalys är att kunna skapa sig en uppfattning om hur marknaden ser ut för ett visst produktområde men även för att söka inspiration och hitta nya tankebanor. Konkurrentanalys kan göras både internt och externt. Görs analysen internt ligger fokus på att jämföra företagets egna produkter i andra produktsegment och divisioner. En extern konkurrensanalys jämför företag som verkar inom samma bransch och utgör en direkt konkurrens. (Bohgard 2010)

2.7 DFA

Design for assembly förkortat DFA är en metod som används för att korta ner tiden och kostnaden för att montera en produkt. En DFA-analys säkerställer också en bättre övergång mellan konceptuell och slutgiltig produkt i produktion. Metoden tillämpas i produktutveckling

för att ta hänsyn till hur konceptet ska monteras och kräver ett starkt samarbete mellan design, tillverkning, montering och inköp. Det är viktigt att konstruktören förstår vilka monteringsaspekter som måste tas hänsyn till samtidigt som monteringen måste ha förståelse för projektets syfte. (Khan 2008)

Vanligt är att tillämpa DFA i fasen för detaljerad utformning av ett koncept. Detta för att en traditionell analys kräver komponenternas egenskaper i detalj för att den ska bli noggrann. Första steget i en DFA-analys för denna fasen är att strukturera konceptets komponenter till eventuella moduler för att uppfylla de satta monteringskrav som ställs. Sedan analyseras de ingående komponenter och moduler var för sig för att avgöra om det finns några brister vid montering av dessa. Analysen görs oftast i färdiga program som utvärderar komponenterna. Vanligtvis leder detta till vissa förändringar av komponenter för att underlätta montering.

Att utföra denna typ av monteringsanalys redan i den konceptuella designfasen kan ha stora fördelar och innebära förkortade utvecklingstider och ytterligare kostnadsbesparingar. Tanken är då att kombinera olika delösningar för att på ett bättre sätt uppfylla de krav som ställs på produkten för att uppnå lägsta kostnad vid montering. Problemet blir här att hitta rätt kombination för att uppnå detta då många kombinationer av delösningar ofta genererar ett stort antal koncept. (Hsu, Lim & Lee 1996)

2.8 DFM

Design for manufacturing, förkortat DFM, är likt DFA en metod som kan användas redan tidigt i designprocessen för att få en bild av en tänkt produktion av ett koncept. Detta för att kunna utforma konceptet så att produktionen ska bli enkel och kostnadseffektiv. Aspekter som kan tas upp i en DFM är utrustning, utrustningens driftskostnader, verktygskostnader, bearbetningstider och tillgängliga material. I en DFM-analys kan även monterings- och arbetarnas ergonomiska förutsättningar och säkerhet räknas in. Design for manufacturing används med fördel under hela designprocessen. (Poli 2001)

2.9 Pughs matris

I slutet av en förbättringsprocess när det är dags att summera resultaten och fatta slutliga beslut kan det vara bra med ett verktyg som hjälper en att ta hänsyn till alla de viktiga faktorerna så att rätt beslut fattas. Ett första steg i en sådan beslutsprocess kan vara att ta hjälp av Pughs beslutsmatris. (Bergman & Klefsjö 2007) Denna är framförallt populär inom arbete mot sex sigma, ett verktyg för kvalitetsförbättringar inom företaget eller organisationen.

Första steget vid en analys med Pughs beslutsmatris är att ta fram de faktorer som anses viktiga att jämföra. Dessa placeras sedan på den vertikala axeln till vänster i matrisdiagrammet medan de olika koncepten som skall utvärderas ställs på den horisontella axeln överst.

De olika faktorerna jämförs sedan med en referens, till exempel den befintliga produkten. Utvärderingen görs ofta med en tre-gradig skala, detta gör den tidseffektiv och enkel att använda. Är ett koncept bättre än referensen får det ett "+" är det sämre ett "-" och om det är lika bra ett "=". Detta kan även översättas till exempel till -1, 0, 1 som efter summering ger varje koncept en total poäng. Koncepten med högst poäng går sedan vidare för fortsatt utvärdering. (Sörqvist 2004)

2.10 Kesselringmatris

Kesselringmatris är ett verktyg för att utvärdera förslag eller koncept. Matrisen liknar en Pughs matris men istället för att använda den befintliga lösningen eller konkurrenternas lösning används här istället en referens som ideallösning. En tänkt lösning som uppfyller alla de ställda kriterierna på bästa möjliga sätt. I kesselringmatrisen viktas alla kriterium mellan exempelvis 1-5 eller 1-100. På den vertikala axeln i matrisen ställs alla kriterier upp och på den horisontella ställs alla förslag. På detta sätt kan varje förslag ges två rutor för varje kriterium, en för förslaget betyg och en där betyget multiplicerats med viktningen hos kriteriummet. Den senare siffran summeras sedan för varje kriterium och ger på detta sätt en total poängsumma för varje förslag som kan jämföras med den ideala lösningen. (Bligård 2011)

2.11 FMEA

FMEA, står för felmod- och feleffektanalys eller bara kallat feleffektanalys och används för att analysera tillförlitligheten hos en produkt eller process. Det är en metod som noga analyserar vad som kan gå fel, vad som orsaker felet och vad sannolikheten för att det uppstår kan tänkas vara. Dessa poäng sätts sedan mellan 1-10 där en 1 är bäst. Efter att multiplicera dessa fås ett sammanlagt risktal för varje fel. Risktalet är en hjälp för att bedöma hur viktigt det är att åtgärda och förebygga de olika felen och på så sätt prioritera vart fokus behöver läggas först. Utifrån risktalen kan åtgärder rekommenderas, beslutas om och senare när dessa är utförda även följas upp med en ny bedömning som ger ett nytt risktal för att se hur vida åtgärden förbättrade konceptet.

En FMEA kan vara användbar inom flera olika områden som både produktutveckling och processkartläggning och även i olika skeden under projektet. En grövre FMEA kan vara användbar i en inledande fas av ett projekt för att hitta områden som kan vara bra att lägga fokus på. Även en FMEA i slutet av ett projekt är nyttigt för att utvärdera och eventuellt hitta förbättringspotential i framtagna lösning. (Bergman & Klefsjö 2007)

2.12 Bockning

En av de vanligaste plåtformningsmetoderna är bockning vilket kan utföras på ett antal olika sätt. Bockning kan förekomma som del av en hel plåtformningsprocess som till exempel vid djuppressning. Som ren bockningsprocess är V-bockning, U-bockning, fribockning, valsbockning och rullformning de mest vanligt förekommande. Metoden väljs efter den färdiga detaljens utformning och i hur stor serie detaljen ska produceras.

2.12.1 V-bockning

Användning av V-bockning kan ske vid bockning upp till 180° men vanligast är bockning till 90°. Själva processen går till så att öververktyget trycker ner plåten i den v-formade dynan. Krökningen av materialet beror främst på förhållandet mellan verktygsvidden och plåttjockleken. En stor nosradie på stämpeln minskar risken för sprickbildning i plåten och ökar hållfastheten.

V-bockning kan förekomma i två olika typer, präglingsbockning och fribockning. Vid präglingsbockning uppstår en permanent formförändring av bocken vilket minskar risken för

återfjädring vilket ger en god formnoggrannhet. Präglingsockning med bottenslag rekommenderas ej vid bockning av plåt vars tjocklek överskrider 2mm. Bottenslag är då stämpeln förs till bottenläget och plåten formas efter dennas och dynans form.

Luftbockning innebär att plåten endast är i kontakt med dynans kantradier och bockningsprocessen avbryts innan plåten når botten på denna. Tunnare material, under 3mm, som luftbockas får en innerradie som har påverkats ytterst lite av stämpelns nosradie. Dessa formas främst beroende av materialets hållfasthet och förhållandet mellan dynvidden och plåttjockleken. Vid bockning av tjockare plåtar ansluter dock bockningsradien bättre till stämpelns radie. Plåtens bockningsvinkel vid fribockning regleras bara av slaglängden för stämpeln. Eventuell återfjädring kompenseras med att välja slaglängden så att materialet får den önskade bockningsvinkel efter återfjädring.

Då en detalj ska bockas flera gånger måste hänsyn tas till maskinen och verktygens utformning för att plåten inte ska ta i dessa under bearbetning.

Vid bockning av tunn plåt avgör plåtens material, arbetsmetod samt detaljens produktkrav den minsta tillåtna bockningsradien. Vanligtvis anges ett materials bockbarhet som den minsta inre bockningsradien som materialet kan få utan att bristningar i materialet uppstår.

2.13 Laserbearbetning

Skärning utav plåt är den främsta applikationen inom laserbearbetning men även olika värmebehandlingar av ytor kan förekomma.

Laserljuset har framförallt fyra olika egenskaper som gör att den lämpar sig för skärning. Strålknippen är i princip parallellt, liten divergens, dessutom ligger strålarna i fas med varandra, hög koherens. Laserljuset består inte heller av en mängd olika våglängder så som synligt ljus utan har en väldigt liten spridning vilket i princip gör det enfärgat, monokromatiskt. Detta gör att laserljus har en väldigt hög effekttäthet vilket gör det lämpligt vid materialbearbetning.

För materialbearbetning finns det framförallt två olika typer av lasrar, fasta tillståndslasrar och gaslasrar. I en laser exciteras elektroner till ett högre energitillstånd, energi avges sedan när de återgår till sitt ursprungliga läge. Skillnaden mellan dessa två lasertyper är hur de utför exciteringen, fasta tillståndslasrar använder sig utav blixtrar från en blixterlampa medan gaslasern gör detta med elektriska urladdningar.

Vid skärning med laser är effekten så hög att materialet förångas. Det är laserns effekt, fokuseringen, använda tillsatsgaser och materialets absorptionsförmåga som bestämmer en process bearbetningseffekt.

Det går att laserskära de flesta materialen och nästan alla metaller. De som är mest lämpade är dock olegerad stålplåt men även legerade som t.ex rostfritt stål. Högtemperaturlegeringar går också att skära men kan behöva efterbearbetas. En lasermaskin klarar av att skära godstjocklekar mellan 0,1-15 mm.

I grova drag utförs en skärning genom att lasern smälter ytan under strålen, smältan blåses sedan bort med en gas. Denna gas varierar beroende på vilket material man bearbetar.

Ytfinheten på ett snitt blir grövre ju tjockare plåten är men ligger i normalfallet på ett par tiondels millimeter. Snittet kan även få en viss defekt i vinkelräthet vid tjockare gods men brukar generellt inte behöva efterbearbetas. (Andersson & Gunnarsson 1999)

2.14 Kapacitiva givare

Här beskrivs teorin bakom en kapacitiv givare och hur dessa fungerar.

2.14.1 Kapacitans

Måttet på hur väl en komponent lagrar elektrisk laddning heter kapacitans. Förhållandet mellan spänningen över komponenten och mängden lagrad laddning är linjärt enligt $C = \frac{Q}{U}$, där C är kapacitansen, Q är laddningsmängden och U är spänningen som ligger över kretsen. Kapacitans mäts vanligen i farad (F). 1 farad är 1 coulomb/volt. Det är en något otymplig enhet då 1 F är en väldigt hög kapacitans vilket gör att kapacitans ofta anges i μF .

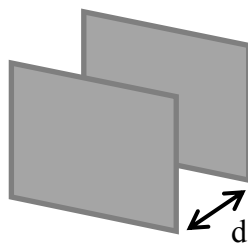
En kondensator är i enkla drag två ledande plattor som separerats med ett ickeledande material med funktionen att lagra elektrisk energi med hjälp av kapacitans. Mängden energi som kan lagras beror på plattornas area, avståndet mellan dem, vilket material som är mellan dem samt vilken spänning som appliceras. (Encyclopædia Britannica Online 2014)

2.14.2 Kapacitiva givare

Kapacitiva givare kan användas för att bestämma ett materials egenskaper, avgöra rörelse eller position hos föremål samt att bestämma avståndet till ett ledande eller oledande material. Vilken applikation man är ute efter kräver olika elektroder och kopplingar, även om många sensorer är ganska lika.

En enkel typ av mätning är närhetsdetektering. Med antagandet att mediet mellan givaren och det objekt som ska detekteras är oledande ges en kapacitans för objektet. När sedan objektet flyttas närmare plattan ökar kapacitansen.

En annan typ av mätning med stort användningsområde är då två plattor monteras parallellt med varandra, se figur 2.1. Denna uppsättning ger möjlighet att mäta dielektriska materials egenskaper samt rörelser, antingen ändring av avståndet d mellan plattorna eller en tvärsgående rörelse som ändrar den area som bildas av att plattorna ligger för varandra. (Baxter 1997)



Figur 2.1 Två parallella plattor vid kapacitiva givare

2.15 CAD

Computer aided design, även förkortat CAD är användandet av datorprogram för modellering och analyser av komponenter och hela produkter. I ett CAD-program kan en tredimensionell modell byggas upp med hjälp av tvådimensionella ritningar. CAD-program har ofta möjlighet att sedan översätta den tredimensionella modellen till en konstruktionsmässig ritning för produktion eller offertering. Styrkan med en färdig CAD-modell är den precision som modellen är gjord i med exakt angivna mått, vinklar och egenskaper vilket gör det enkelt att utvärdera komponentens utseende och funktionalitet utan att behöva ha gjort en fysisk modell.

3D-modellering i CAD-program kan göras på ett antal olika sätt som bland annat polygon-, yt- och solidmodellering, dessa skiljer sig åt och vilken som är lämpligast att använda beror på vad man vill få ut av sin modell. Några exempel på CAD-program är CATIA, AutoCAD och Inventor. (Österlin 2007)

3. METOD

För en överblick över arbetsgången presenteras ett flödesschema för projektet i figur 3.1 nedan. För att ha möjlighet att ta fram nya lösningar med hjälp av brainstorming krävs det först viss kunskap om produkten, även vissa grundläggande mål för projektet måste sättas upp. För att lära sig mer om produkten görs först en hypotetisk funktionsstruktur där man genom pilar visar ett tänkt flöde av material, energi och information genom produkten och dess delfunktioner. Att listat de krav och önskemål som finns på produkten i en kravspecifikation ger stöd genom hela projektet och hjälper projektet hålla rätt riktning. I detta stadie har man fortfarande granskat så få befintliga lösningar som möjligt. Detta för att behålla ett öppet sinne och inte låsa sig till några lösningar och tankebanor.

Med ett öppet sinne vid en första brainstorming är målet att ta fram så många olika lösningar som möjligt. När man är nöjd med sin brainstorming samlas mer djupgående information om produkten. Det är nu tillåtet att granska den verkliga produkten. Fiskbensdiagram är i detta stadie ett användbart verktyg där man i grupp söker parametrar som påverkar olika funktioner eller problemområden och får då en tydlig bild över var vidare fokus bör ligga. I detta stadie granskas även den befintliga och alternativa tillverkningen. Detta för att ge en bild över hur den tillverkas i dagsläget och vad som är problematiskt med detta, men även vetskapen om vilka tillverkningsmetoder som finns att tillgå och vilka krav de ställer. Kraven förs in i kravspecifikationen.

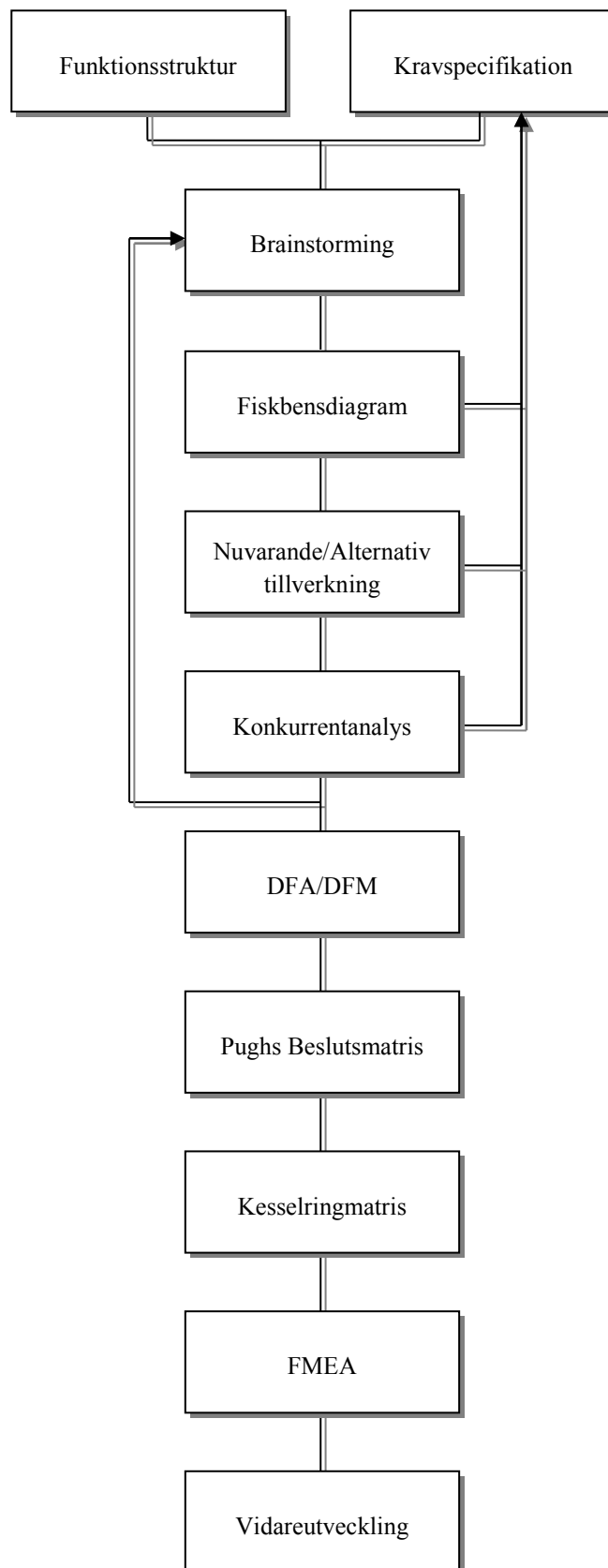
För att få inspiration och en bild av hur marknaden ser ut görs en konkurrentanalys. Detta är nyttigt både för att få inspiration men också för att se hur man kan göra sin egen produkt bättre för att öka konkurrenskraften. Insamlingen av information kan till exempel göras genom att intervjua säljare på det egna företaget som ofta är insatta i vilka konkurrenter som finns och vad som gör deras produkter slagkraftiga.

Nu har tillräcklig information samlats in för att utföra ytterligare en brainstorming. Med djupare kunskap om produkten och vetskap om problemområden och vilka krav som ställs förfinas koncepten från första brainstormingen och nya tas fram.

När brainstormingen är avslutad tas alla de koncept som uppfyller kraven vidare för utvärdering. När den största kostnaden för komponenten ligger i tillverkning och målet är att sänka denna kan det vara lämpligt att nu utföra en DFA- och DFM-analys. Vanligtvis görs detta på de två-tre bästa koncepten för att bättre kunna anpassa dem till sin tillverkning, men för att kunna utföra vidare utvärdering innehållandes tillverknings- och monteringsaspekter görs den tidigt.

Första steget i utvärderingen är först en grovsällning med Pughsmatris där man bedömer om ett koncept uppfyller ett visst önskemål bättre eller sämre än ett referenskoncept. Rekommenderat är att sätta poäng med "+" eller "-" men då det finns många väldigt lika koncept kan denna skala förslagsvis utökas till till exempel -3 till 3. Detta för att få en noggrannare och mer tydlig skillnad mellan de olika koncepten. Efter denna grovsällning tas de bästa koncepten vidare till en mer grundlig utvärdering i en Kesselringmatris där varje önskemål har en viktning som sedan multipliceras med en betygsättning från 0 till 5. Ifrån en

Kesselringmatrix fås den bästa lösningen och för att utveckla detta koncept ytterligare undersöks det i en FMEA-analys. Det görs genom att med brainstorming försöka hitta möjliga feltyper och vad orsaker till dessa kan vara. Efter att varje feltyp fått ett slutgiltigt risktal kan man avgöra var vidareutveckling bör göras för att undvika uppkomsten av dessa.



Figur 3.1 Flödesschema

4. FUNKTIONSSTRUKTUR

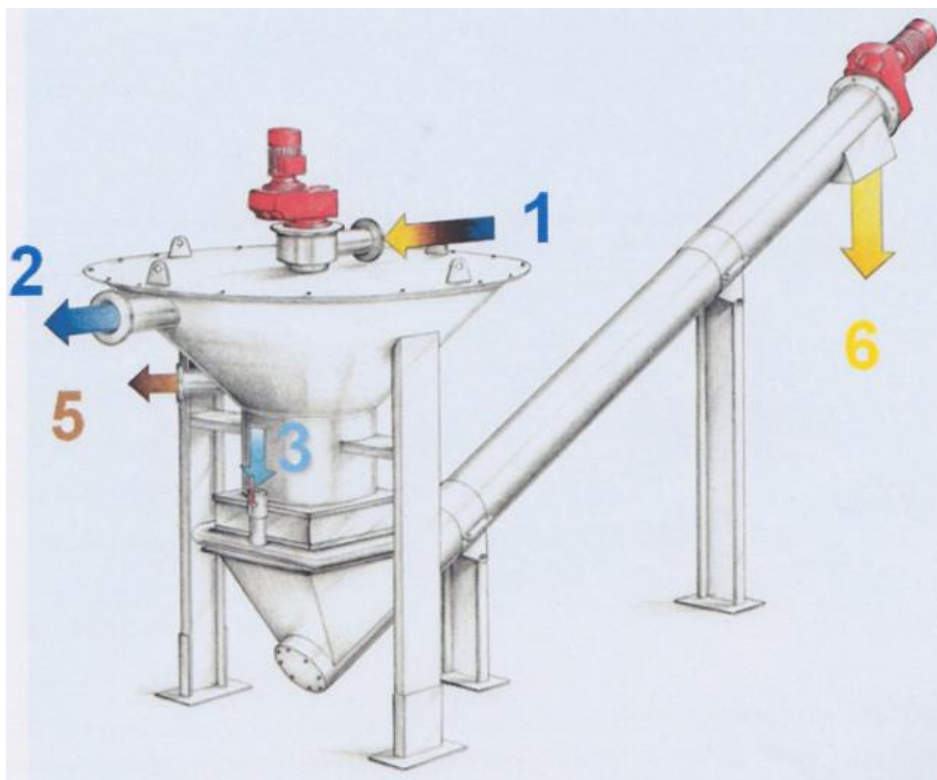
I vattenreningsverkens sandfång samlas sand innehållande mellan 30-80% organiskt avfall. Sandtvätten är utformad för att avvattna och separera det organiska avfallet från sanden som sedan är godkänd för att läggas på deponi.

Vattnet med sand och organiskt avfall pumpas in från sandfånget till inloppet (1) på sandtvätten, se figur 4.1. Här gör sandtvättens koniska form och inloppets utformning att vattnet får en roterande rörelse vilket gör att sand och organiskt avfall sjunker till botten medan överflödigt vatten avlägsnas via utloppet (2). För att behålla rotationen på vattnet aktiveras omröraren.

När inloppet stängts börjar tvättcykeln. Rent tvättvatten pulsas in i botten av sandbädden (3). Vattnet strömmar upp genom sanden och drar med sig det organiska avfallet till toppen där ett slamlager bildas. Omröraren ser till att vattnet hela tiden tar nya vägar genom sanden.

När tvättcykeln är klar stannar omröraren och pulsningen utav tvättvatten upphör. Nu står allt stilla i cirka 90 sekunder för sedimentering. Efter denna tid mäter givaren sandnivån och avgör om sand skall matas ut (6) eller om det är okej att öppna det organiska utloppet (5). När rätt sandnivå uppnåtts öppnas det organiska utloppet och slamlagret spolat ut.

Den kompletta funktionsstrukturen presenteras i bilaga 1.



Figur 4.1 Sandtvätt med inritade in- och ut-flöden
(Tagen från Nordic Water AB:s Drift- och skötselhandbok)

5. FISKBENS DIAGRAM

De definierade problem som ansågs viktiga i detta projekt var prestanda, modulariserbarhet och tillverkningskostnad och dessa blev således de problem som det tecknades fiskbensdiagram för. Den faktor som återkommer hos alla tre problem är geometri vilket då anses vara en central del i projektet där stor fokus borde läggas för att uppnå ett gott resultat. Geometrin hos slutproduktet har då tre problem att ta hänsyn till vilket kan innebära att vissa kompromisser kan få göras för att produktet ska kunna uppfylla de krav och önskemål som är satta på denna. Samtliga fiskbensdiagram presenteras i bilaga 6.

5.1 Prestanda

Prestandan för sandtvättens omrörare ansåg påverkas av fyra huvudfaktorer vilka är robusthet, geometri, material och ledning. Under huvudfaktorn robusthet finns delfaktorn slitage vilket har en stor roll i detta projekt då förslitningen av omröraren är ett stort problem och en viktig sak att ta hänsyn till. Under huvudfaktorn geometri finns bland annat delfaktorn utformning som i sin tur har de två underfaktorerna hydrodynamik och hållfasthetskrav, vilket är två centrala delar av hur geometrin hos omröraren kommer att påverka dess prestanda. Huvudfaktorn ledning styrs främst av de två delfaktorerna kundkrav och miljökrav, två delfaktorer som är svåra att bena ut mera men är viktiga att ha i åtanke.

5.2 Tillverkningskostnad

En minskning av tillverkningskostnaden för omröraren är ett av projektets huvudmål och är således en viktig del att få väl utbenat i ett fiskbensdiagram. Detta för att hitta viktiga områden att fokusera på och på så sätt nå goda resultat i projektet. Tillverkningskostnaden anses främst styras av fem huvudfaktorer vilka varav människa, maskin och lokal inte kommer kunna behandlas i detta projekt. Under huvudfaktorn geometri finns delfaktorerna fästmetod, utformning och tillverkningsmetod som anses vara tre viktiga delar att fokusera på.

5.3 Modulariserbarhet

Modulariserbarheten för omröraren bli ganska svår att påverka då det inte är en hel produkt utan bara en maskindetalj som ska omkonstrueras. Huvudfaktorn geometri är här den faktor som kommer kunna behandlas främst i projektet medans huvudfaktorn miljö är svårare att påverka då dess delfaktorer främst bygger på sandtvättens helhet.

6. NUVARANDE TILLVERKNING

Nordic Water Products AB har ingen egen produktion utan anlitar en extern legotillverkare som i detta fall är Autofric AB i Hagfors. Autofric ABs omsättning består till cirka 70 % utav Nordic Water Products ABs produkter.

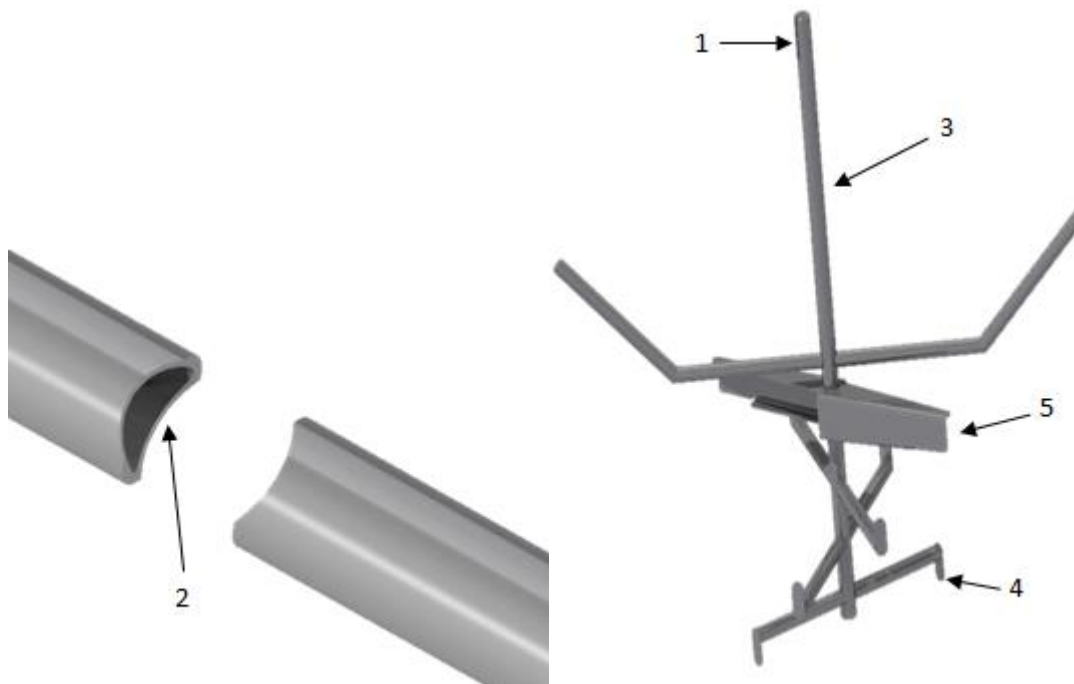
En av anledningarna till att Nordic Water Products AB vill omkonstruera omröraren i sin sandtvätt är på grund utav priset. En stor del av kostnaden ligger i den tidskrävande tillverkningen som innehåller flera olika moment varav ett av dessa även behöver utföras av tredje part. Omrörarmodellen som projektet fokuserar på kostar i dagsläget 7200 kr, 75 % av detta är tillverkningskostnad och resterande 25 % är materialkostnad.

Det första som görs är att med en multifunktionssvarv fräsa ett kilspår (1) i axelns övre ände så att den kan fästas i motorn, se i figur 6.1. Detta moment görs inte hos Autofric AB.

I dagsläget svetsas alla armar fast på omrörarens axel. För att detta ska kunna göras måste armens ände först formas (2) för att sluta till axeln (3), se i figur 6.2. Utöver detta svetsas en ändbit fast på armens ytterände (4), denna arm har dock ingen bevisad effekt på förbättrad funktion, vilket gör detta till ett moment som kan anses onödigt.

På omröraren sitter en bredare arm (5) som har en annan utformning än övriga armar, denna är utformad på detta sätt för att öka turbulensen i den organiska zonen och på så sätt förbättra separationen. Den bredare armen laserskärs i ett stycke som sedan bockas fyra gånger för att sedan träs på axeln och svetsas fast.

Det moment som Autofric sedan inte kan göra är att beta de svetsade detaljerna vilket görs för att undvika korrosion.



Figur 6.1 Detaljbild över ytan mellan arm och axel

Figur 6.2 Nuvarande omrörare

7. SERVICE

Enligt Andersson[1] på Nordic Water Products AB rekommenderas det att genomföra en övergripande kontroll av sandtvätten en gång vart år. För att göra detta krävs det att sandtvätten töms på innehåll. Under kontrollen inspekteras bland annat omrörararmarnas skick och bytas vid behov.

Livslängden på en omrörare är svår att förutspå. Det beror mycket på storlek på tvätt, sandkvalitet och inställningar på maskinen. På vissa verk körs tvättcykeln betydligt oftare än på andra. För att få en ungefärlig uppfattning om vilket tidspann det handlar om så bör en omrörare hålla i cirka 3-4 år.

Det som slits på en omrörare är armarna, framförallt det nedre armparet. De ändplattor som sitter ytterst på armarna är det som är mest utsatt. De uppskattas till att ha en livslängd på under ett år vilket gör det svårt att motivera varför de egentligen sitter där.

Vid ett byte av omrörararmar kryper man antingen ner i tvätten, trär på en ny arm på det som är kvar av den gamla och svetsar den på plats. Detta är inte helt lätt då där är väldigt trångt och skitigt nere i tvätten. Alternativet är att plocka ut hela omröraren antingen underifrån eller ovanifrån. Även i detta fall är det ofta ont om plats. Ett önskemål är därför att kunna använda en delad axel där platsbrist råder.

8. ALTERNATIV TILLVERKNING

Autofric AB som tillverkar sandtvättarna idag, är en legotillverkare inom VA-branschen vars specialitet är tillverkning utav transportspiraler och spiralpressar. De utför även olika typer utav maskinbyggen.

Nordic Water Products AB vill behålla sin produktion utav sandtvättar hos Autofric AB vilket gör att de tillverkningsmetoder som krävs för tillverkning av den nya omröraren skall anpassas efter deras maskinpark.

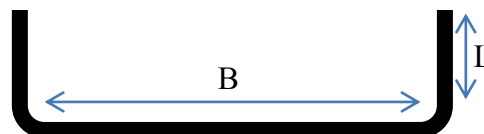
Även om inte Autofric AB har en egen laserskärare är detta något som används flitigt i andra delar och är därför en metod som finns tillgänglig. Även vattenskarning är en alternativ tillverkningsmetod även om det inte används i samma utsträckning.

Utöver detta behärskar Autofric AB tillverkningsmetoder så som bockning och valsning. De har även ett par metallsvarvar som kan användas. Svarvarna de använder är av enklare modell vilket gör att de skickar iväg omröraraxeln till annan verkstad för att fräsa kilspåret till motorn. Svarven som används är en kombination utav svarv och fräs. En konstruktion som kräver en axel med fler svarvade eller frästa områden bör därför inte bli mycket dyrare än i dagsläget.

Vad gäller bockning av plåt kan Autofric AB bocka alla aktuella plåttjocklekar (1,5mm-12mm) med dynvidd enligt tabell 8.1 nedan.

Tabell 8.1 Dynvidd vid olika plåttjocklekar för Autofric ABs bockning

Plåttjocklek	Dynbredd
1,5mm	8mm
2,5mm	16mm
3mm	20mm
4mm	20mm
5mm	30mm
8mm	50mm



Figur 8.1 Dimensioner vid flera bockningar

En plåts minsta bockningsradie kan approximeras till plåtens tjocklek och vad gäller hur tätt bockningar kan göras är beroende på vilka verktyg som används. En tumregel de har är att vid två bockningar på en detalj bör avståndet mellan bockningarna B vara längre än sidornas längd L för att detaljen inte ska slå i maskinen vid bearbetning, se figur 8.1.

Vad det gäller sammanfogningssätt finns det inte några större begränsningar. Mycket av det som tillverkas svetsas vilket är en metod de är väldigt duktiga på. Annars används till exempel skruvförband, nitförband, kilförband och de kan även tänka sig att använda krympförband.

9. KRAVSPECIFIKATION

I detta kapitel presentera olika stadium av den kravspecifikation som utarbetats under projektets gång.

9.1 Initial Kravspecifikation

Den initiala kravspecifikationen utformades med de första absoluta krav och önskemål som kunde säkerställas från de olika intressenter som intervjuats rörande en utveckling av sandtvätten. De flesta initiala krav och önskemål arbetades fram i samarbete med Jonsson[2]. Den initiala kravspecifikationen presenteras i bilaga 2.

Hållfastheten för armarna baserades på halva växelns märkmoment (438Nm) räknat för de nedersta armarna. Detta för att ha en säkerhet om att armarna ska ha tillräcklig hållfasthet för att klara av att stanna omröraren om till exempel en sten fastnar mellan innerväggen och omrörararmen. Detta är ett krav då ett haveri skulle kunna innebära stora skador på maskinen. Kravet om armarnas skärhöjd bestämdes till att vara mellan 20 och 33 mm för att få en tillräcklig omrörning av sandbädden men inte öka belastningen på armarna. Ett annat geometriskt krav blev att utformningen av armarna skulle förbli symmetriska i hastighetsriktningen för att inga sneda krafter ska kunna uppstå på grund av att omröraren roterar i sandbädden. Ett viktigt tillverkningskrav var de toleranser som satts på infräsningarna mellan armar och axel, dessa får inte glappa då det kan leda till förslitningar och skador på både axeln och omrörararmarna.

Att sandnivåmätaren skulle vara okänslig för olika sorters sand ansågs viktigt för att den ska fungera för olika storlekar på sandtvättar samt i de olika förhållanden som råder på olika vattenreningsverk. För att sandtvätten ska fungera som menat och inte tömma ut för mycket eller för lite sand vid fel tillfällen krävs en väl fungerande sandnivåmätare som bortser från mängden organiskt material som ligger i tvätten och bara mäter sandnivån vilket gjorde detta till ett krav. En robust sandnivåmätare som klarar av den abrasiva och fuktiga miljö som den utsätts för utan att ge varierande mätdata ansågs också vara ett väldigt viktigt krav för att sandtvätten ska fungera problemfritt.

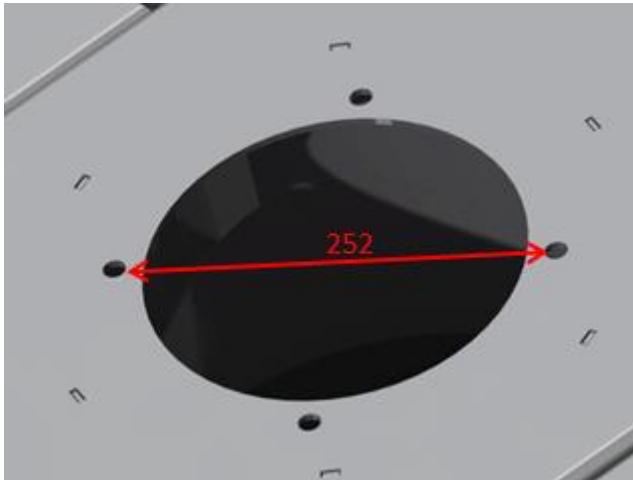
9.2 Slutgiltig Kravspecifikation

Den slutgiltiga kravspecifikationen arbetades fram under projektets gång allt eftersom fler krav och önskemål på både omrörare och sandnivåmätare kunde fastställas. De tillkomna kraven och önskemål är framtagna efter samtal med Hansson[3], Rössborn[4] och Jonsson[2]. Kravspecifikationen är grundad på den initiala kravspecifikation som tecknades tidigt i projektet innehållandes de absoluta krav och vissa önskemål som kunde fastställas redan då.

Antal krav ökade från 7 till 11 vilket visar att den initiala kravspecifikationen till stor del täckte in de krav som finns på produkten. Det som blev den stora förändringen för den utökade kravspecifikationen var antalet önskemål som ökade från 5 till 15 stycken och en tydligare uppdelning av vilka krav och önskemål som gäller för vilka detaljer i sandtvätten. Denna uppdelning gjordes för att ge en bättre överblick över kravspecifikationen.

Ett tillkommet krav blev att omröraren skulle kunna utformas på ett sådant sätt att den kan tillverkas med de tillgängliga metoder som finns hos verkstaden och leverantörerna, se kapitel 6 och 8 för tillgängliga metoder. För omröraren sattes här även ett krav om den totala kostnaden för denna. Kostnaden måste understiga dagens kostnad på 7200 kronor.

Gällande sandnivåmätaren tillkom två geometriska krav. Dessa gäller vid sandmätarlösningar som placeras på axeln och då mellan toppen på sandtvätten och motorväxels fäste. Motorn med växel får ej höjas mer än 80mm och bredden på sandnivåmätaren får inte bli bredare än det utrymme som finns mellan växels infästning på den befintliga tvätten, se figur 9.1.



Figur 9.1 Mått för sandnivåmätare

Viktningen av önskemålen i kravspecifikationen togs fram efter samtal med Hansson[3] och Jonsson[2]. Önskemålens viktning är gjord mellan 1 och 5 för att visa vilka önskemål som har högre prioritet än andra, högst prioritet har kostnaden för både omröraren och sandnivåmätaren som tilldelats fem poäng vardera. Viktningen kom senare i projektet att användas vid konceptutvärdering med Kesselringmatris.

Pughs ballonger användes även för den utökade kravspecifikationen för att uppnå en så komplett lista som möjligt över krav som ställs på omröraren och sandnivåmätaren, se bilaga 5. Det resulterade i att 24 av de 28 punkter som tas upp i Pughs ballonger täcktes in av kravspecifikationen. De fyra som inte togs upp var Quantity, Aesthetics, Patents och Shelf life storage, fyra punkter som inte ansågs vara centrala i detta projekt och därmed bortses ifrån, se bilaga 5. Den goda in-teckningen av Pughs ballonger tyder på en väl utvecklad kravspecifikation.

Den utökade kravspecifikationen presenteras i bilaga 3 med kommentarer till kraven och önskemålen i bilaga 4.

10. BRAINSTORMING

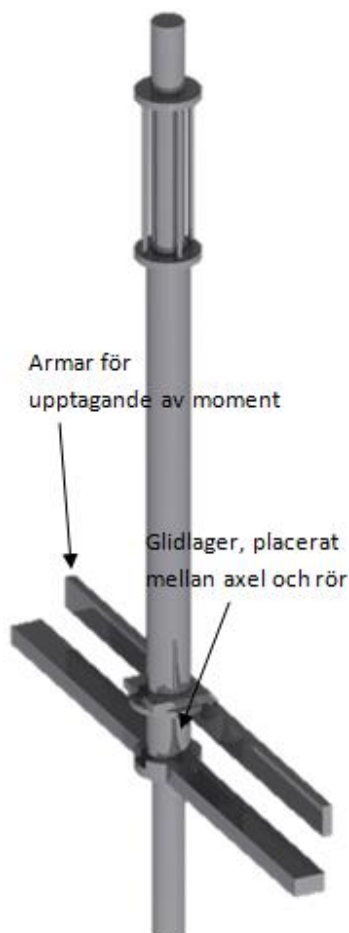
I detta kapitel presenteras det slutgiltiga resultatet av de brainstormingsessioner som utförts under projektets gång. Det är uppdelat i två delar, koncept för sandnivåmätning och för omrörning. Här presenteras endast koncept som gått vidare till utvärdering. För bortsorterade koncept se bilaga 8.

10.1 Sandnivåmätningkoncept för utvärdering

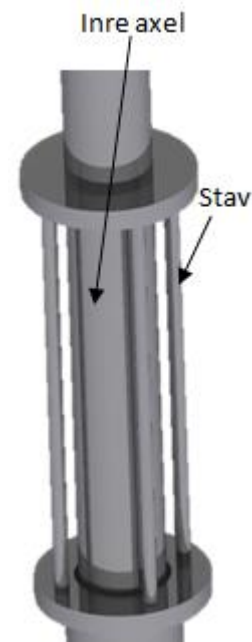
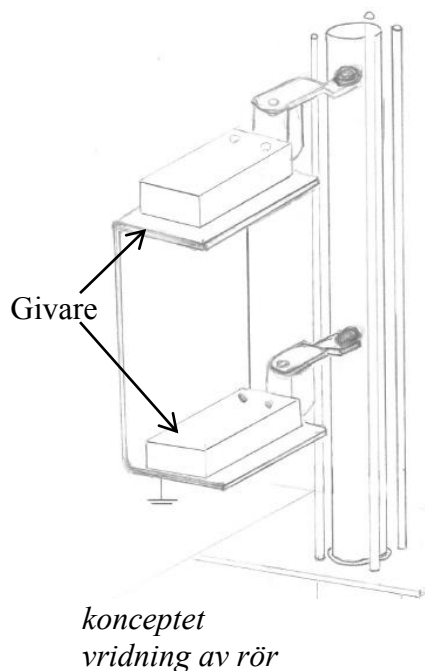
10.1.1 Brytare som mäter vridning av rör

Detta koncept bygger på ett armpar som sitter på ett rör utanpå den inre axeln som i nederdel är lagrat med ett underhållsfritt glidlager. Det man mäter är vridningen i röret som uppstår på grund av armarnas momentpåslag då sanden kommer upp i rätt nivå, se figur 10.1.

För att öka det mätbara utslaget (vridningen) försvagas röret i överdel, se figur 10.3 . Två givare mäter sedan tiden, som motsvarar en vridning, mellan det att en stav passerar den övre givaren till det att samma stav passerar den undre, se figur 10.2. Givarna sitter monterade i sandtvättens skal vilket gör mätningen okänslig för förslitningen av armar.



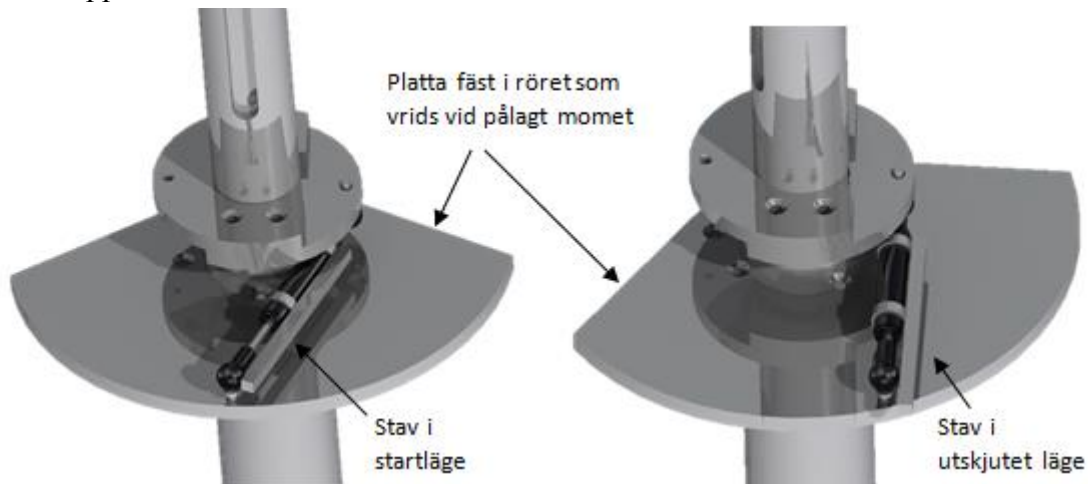
Figur 10.1 CAD-modell på koncept vridning av rör



Figur 10.3 CAD-modell på konceptet vridning av rör

10.1.2 Brytare som mäter kompressionen utav gasfjäders

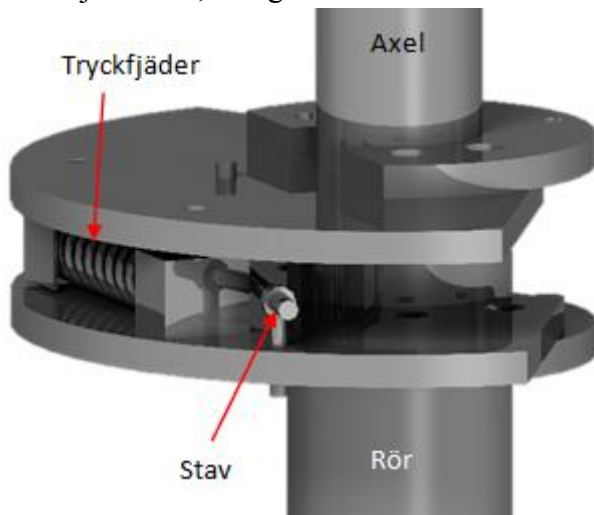
För en mer kompakt sandnivåmätare ökades diametern på röret med en platta. På axeln fästs en ring med samma typ av frästa spår som tidigare arminfästningskoncept. Mellan denna ring och rörets platta fästs en gasfjäder. På gasfjäders fästs en stav som kommer sticka ut utanför rörets platta då gasfjäders komprimeras (när moment påläggs rörets armar), se figur 10.4. Givaren justeras sedan för att bryta när rätt sandnivå uppnåts, alltså då rätt utskjutning av staven uppnåts.



Figur 10.4 Brytare med gasfjäders

10.1.3 Brytare mäter kompressionen utav tryckfjäders

Här har det fästs en platta på axeln och en platta på röret. En fjäder fästs mellan de båda plattorna för att kunna mäta det uppkomna momentet. När moment påläggs rörets armar kommer fjäders komprimeras. Detta gör att mät-pinnen som sitter lagrad i den undre plattan "förskjuts" utåt, se figur 10.5. När rätt sandnivå uppnåts bryter brytaren.



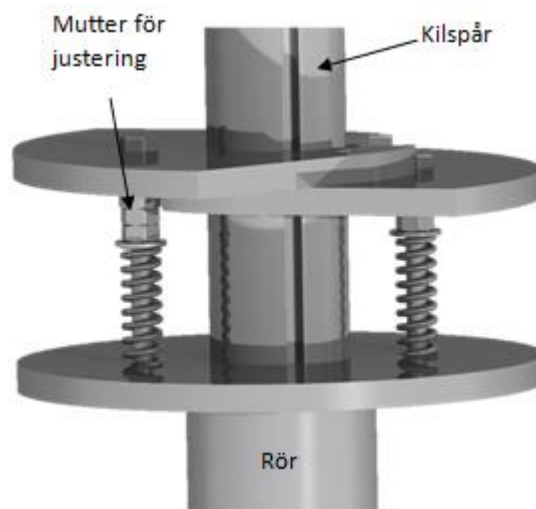
Figur 10.5 Brytare med tryckfjäders

10.1.4 Armar som glider ovanpå sanden

Detta bygger på en princip liknande den för en vattenskida. Det översta armparet skall här vara dimensionerat på ett sätt som gör att de alltid ligger ovanpå sanden, se figur 10.6. När sandnivån höjs följer armparet, med tillhörande rör, med uppåt och slår till en givare då rätt sandnivå uppnåtts. För att kunna finjustera så att armarna alltid ligger på sanden sitter fjädrar mellan en platta på axeln och en platta på röret som kan spännas för att hitta rätt förspänningskraft, se figur 10.7.



Figur 10.6 Armar som glider på sanden



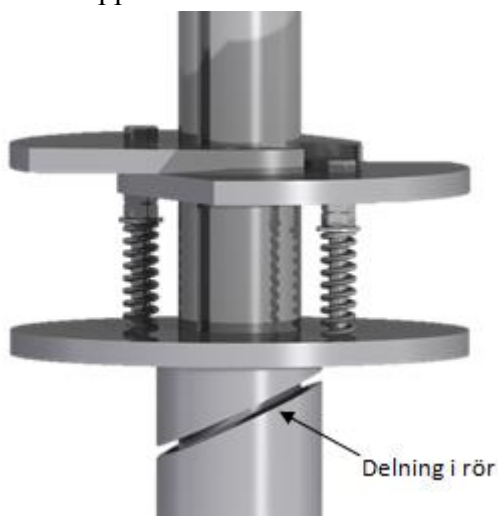
Figur 10.7 Detaljbild över mätmekanik för armar som glider på sanden

10.1.5 Övre armparet bidrar till en uppåtskruvad rörelse

I detta koncept sitter det övre armparet precis som tidigare på ett rör. Skillnaden här är att röret delats med ett "diagonalt" snitt i dess övre ände.

Tanken är att när ett tillräckligt stort moment påläggs det övre armparet skall det medföra en relativ rörelse mellan axel och rör. Denna rörelse gör att de två rördelarna, på grund av snittets placering, delar sig. Den övre rördelen klättrar då upp för axeln och slår till en givare när rätt sandnivå uppnåtts, se figur 10.8.

För att kunna justera sandmätningen så att den passar till alla varianter av tvättar och reningsverk har en fjäder placerats mellan de två plattorna som syns i bild, mellan axel och övre rördel. Med en mutter kan man få en önskad förspänning i fjädern för att undvika att den övre rördelen stiger för tidigt, se figur 10.8. En finjustering kan även göras genom att flytta givaren upp eller ner.



Figur 10.8 Övre armparet bidrar till en uppåtskruvad rörelse

10.1.6 Kapacitiv givare för avkänning utav densitet

Idag finns det givare som klarar av att mäta densiteten för material som ligger intill givaren. Tanken här var att sätta denna bakom en plexiglasskiva, eftersom givaren inte kan mäta genom metall, i den höjd där sanden förväntas vara. Givaren skall ge en signal när sandnivån är rätt.

10.2 Omrörarkoncept för utvärdering

Nedan presenteras de idéer som anses uppfylla kraven. Dessa har sedan kombinerats till fullständiga koncept för att kunna utföra en utvärdering.

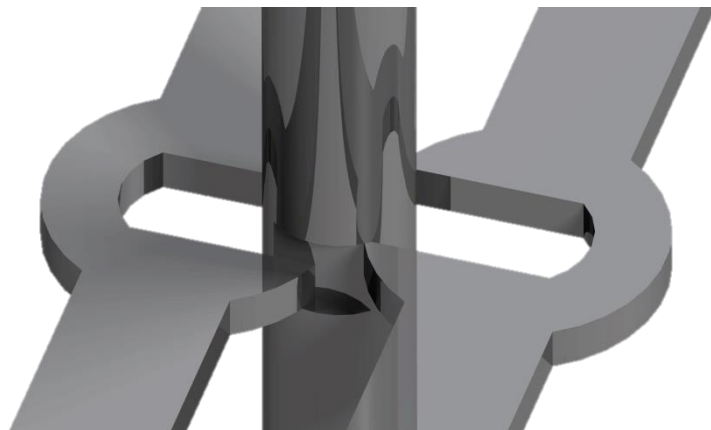
Koncepten består utav två dellösningar, en del rör infästning i axeln och den andra utformningen på armar. Dessa kan i de flesta fall kombineras oberoende av varandra för att hitta den bästa och billigaste lösningen

10.2.1 Frästa spår i axel

För att få armarna på rätt höjd och för att på ett enkelt sätt ta upp moment fräses spår där varje arm skall sitta (förkortat FS), se figur 10.9. Här består varje arm av minst två delar, dessa skjuts in från varsin sida utav axeln för att sedan sammanfogas och på så sätt låsas kring axeln enligt figur 10.10.



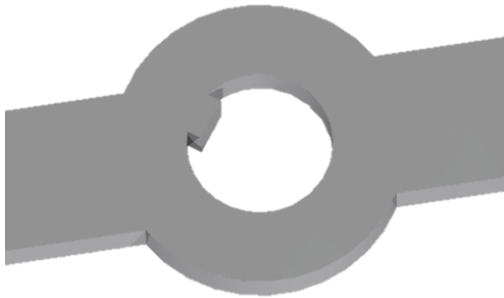
Figur 10.9 Frästa spår i axel



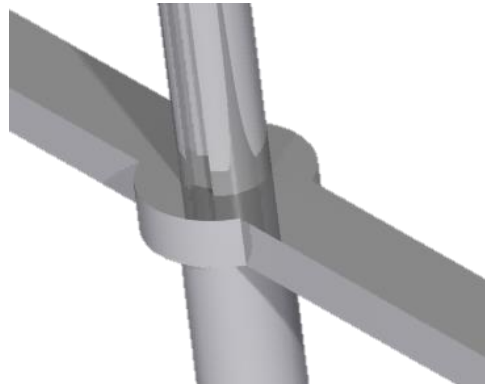
Figur 10.10 Montering av armar till frästa spår

10.2.2 Rördistanser och kilspår

Armarna träs på axeln (förkortat ATPA) underifrån med en tapp liggandes i kilspåret, mellan varje arm placeras en distans för att hålla armarna på rätt nivå enligt figur 10.11 och 10.12. För att få armarna att peka åt olika håll flyttas tappen runt armens hålcentrum. Allt spänns på plats med en skruv i axelns undersida.



Figur 10.11 Armens utformning vid rördistanser och kilspår



Figur 10.12 Montering av rördistanser och kilspår

10.2.3 Rördistanser och två frästa planspår

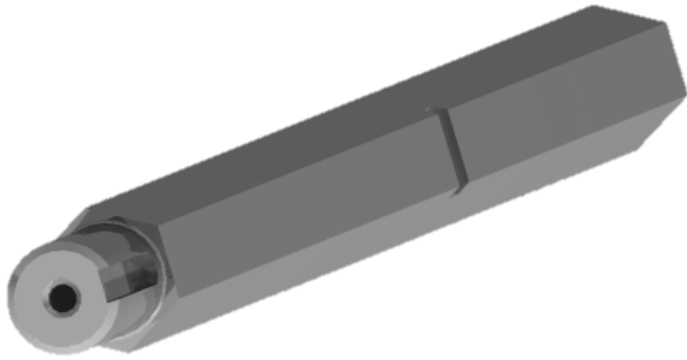
Detta koncept bygger på samma idé som föregående fast har två frästa planspår för att bättre kunna ta upp och fördela momentet. Axel med frästa planspår visas i figur 10.13.



Figur 10.13 Axel med två frästa planspår

10.2.4 Rördistanser sexkantsaxel

Även här träs armarna på axeln och placeras på rätt höjd med rördistanser. Istället för att fräsa spår i axeln används här en sexkantsaxel för upptagning utav moment. Axeln svarvas istället ned i övre änden för inkoppling i växellåda, se figur 10.14.



Figur 10.14 Sexkantsaxel

10.3 Armar

Nedan presenteras de olika varianter utav armar som framtagits, dessa kan antingen tillverkas för att anpassas till infästningen, frästa spår eller till att de ska träs på axeln, se figur 10.15 och 10.16. Samtliga koncept för armar som tagits vidare till utvärdering bygger på laserskuren plåt. Detta var en tidig idé som grundas i företagets existerande produktionen av maskindetaljer i skuren plåt och enkelheten i att forma plåtdetaljer till önskade former med enklare metoder.



Figur 10.15 Arminfästning till frästa spår



Figur 10.16 Arminfästning till armar som träs på axel

10.3.1 Rak arm

Den raka armen ligger som grund till många andra av de framtagna koncepten. Armparet är laserskuret ur tjock rostfri plåt med helt raka armar. Ett exempel på hur en del av ett armpar kan se ut visas vi figur 10.17.



Figur 10.17 Rak arm

10.3.2 Rak arm som vrids



Figur 10.18 Vriden arm för större yta mot rotationsriktningen.

Detta koncept har en rak arm enligt ovan som på var sida om axeln vrids för att få en större yta mot rörelseriktningen och på så sätt öka turbulensen i sandbädden utan ökad materialmängden. I figur 10.18 nedan visas en modell på hur detta koncept är utformat.

10.3.3 Rak arm som vrids och bockas

Detta koncept liknar det föregående förutom att man lägger till veck på armen så att eventuell risk för ansamling minskar, se figur 10.19 nedan.



Figur 10.19 Vriden och bockad arm

10.3.4 Svängda

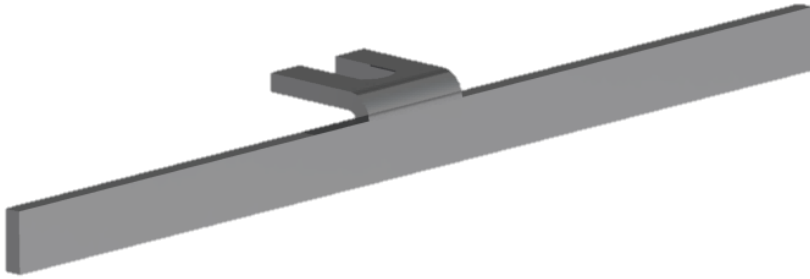
Detta armpar fungerar på samma sätt som det raka förutom att armarna är skurna svängda för att minska risken för ansamling på armen. En CAD-modell på konceptet visas i figur 10.20.



Figur 10.20 Svängda armar

10.3.5 Envecks-arm

En arm bockas en gång för att bilda ett rektangulärt tvärsnitt kan även bockas fler gånger för att undvika ansamling på armen likt ovanstående koncept. Nedan visas en CAD-modell på konceptet i figur 10.21.



Figur 10.21 En-vecksarm

10.3.6 Tvåvecks-arm

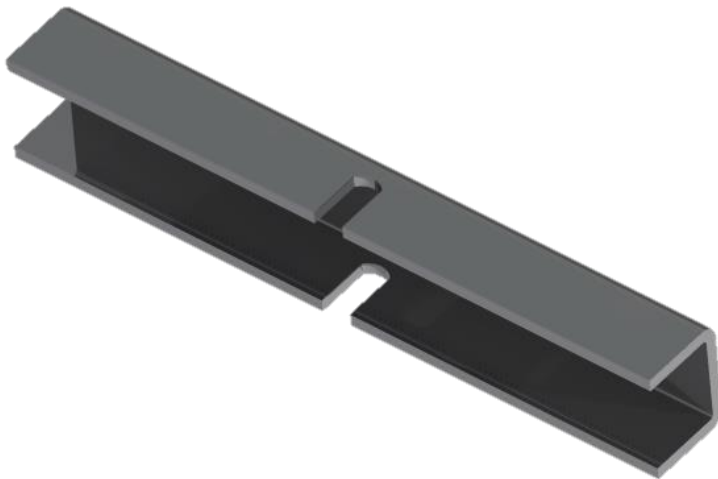
Detta koncept bygger vidare på föregående. Det innehåller ett extra veck för att bilda tvärsnittet enligt figur 10.22, detta för att få en stabilare arm som inte löper lika stor risk att böja ut under belastning. För att undvika en "skopeffekt" för ena sidan utav armen bör ej armparet löpa förbi axelcentrum så som det gör i föregående exempel.



Figur 10.22 tvärsnitt för tvåvecks-arm

10.3.7 U-formad arm

Denna idé är att två armar med utformning enligt nedan monteras mot varandra. Utformningen motiveras med ökad stabilitet och skärhöjd utan ökad materialmängd. Modell på konceptet visas i figur 10.23.



Figur 10.23 U-formad arm

10.4 Sammanfogningssätt utav armar

För de koncept som kräver en sammanfogning utav armarna så kan infästningsmetoden för detta kombineras beroende på hur verkstaden vill tillverka och vad servicetekniker tycker är enklast att göra vid ett utbyte. Till exempel kan de svetsa på verkstaden om det är enklast medan gängade hål kan förberedas för att användas för skruvförband vid ett utbyte. Tillgängliga sammanfogningssätt presenteras i listan nedan.

- Skruvförband
- Nitförband
- Svets
- Krympförband
- Lim

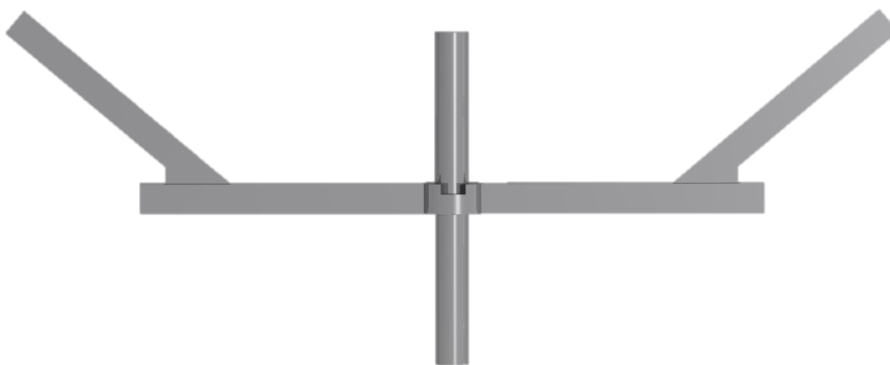
10.4 Koncept axelkoppling

I detta kapitel presenteras exempel på lösningar för en delad axel med axelkoppling, vilket kan vara bra då sandtvätten monteras i trånga utrymmen.

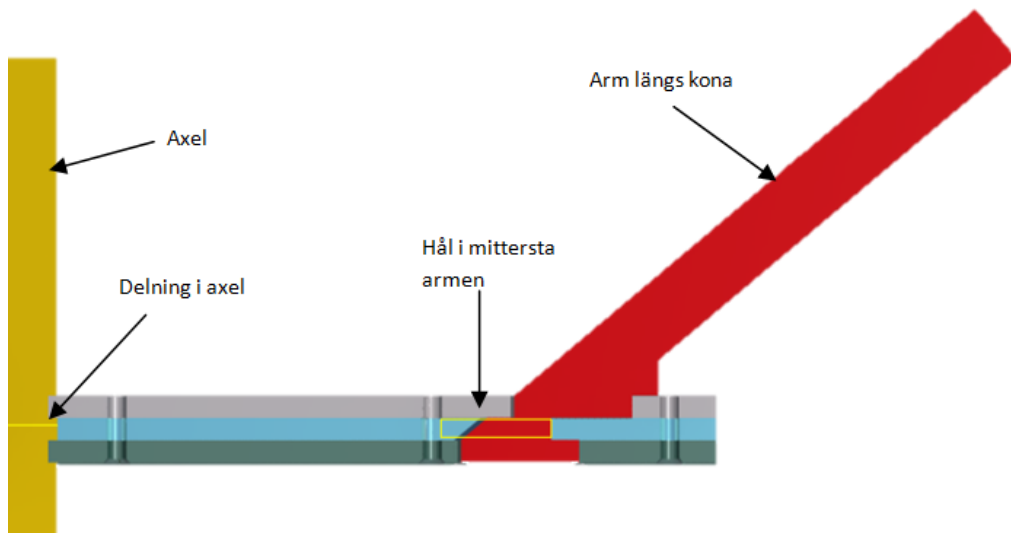
10.4.1 Översta armparet utformas som en axelkoppling (1)

För att utforma en fast axelkoppling kan samma infästningsmetod som för övriga armar användas. Två frästa spår görs istället med ett litet mellanrum, se figur 10.24 och 10.25. Plåtarna kläms med ett skruvförband för optimal kraftöverföring.

Detta koncept innehåller även en lösning för utformning utav den arm som skall ligga längs konans insida. Ett jack görs i armen medans hållet i den mittersta plåten är något förskjutet. När armen är monterad har den mittersta plåten skjutits in i armens spår för att låsa denna i sitt slutliga läge. Anses armen längs konan vara utformad på ett sätt som gör att smuts av olika slag fastnar finns möjligheten att istället svetsa fast ett rör på axelkopplingens översta plåt.



Figur 10.24 Översiktsbild över axelkoppling



Figur 10.25 Genomsnitt av axelkoppling

10.4.2 Översta armparet utformas som en axelkoppling (2)

Utformningen på axelkopplingen är här samma som i föregående koncept. Det som skiljer är utformningen på armen som ligger längs konan. Den viks i detta fall på ett sätt som gör att den följer konans vägg, se figur 10.26.



Figur 10.26 Översikt av axelkoppling 2

10.4.3 Färdig axelkoppling

Alternativet mot att tillverka en egen axelkoppling är att köpa färdiga vilket det finns många olika varianter av på marknaden. Fördelen med detta är framförallt att andra typer av lösningar för sandmätningen kan bli aktuella. Vid användning av till exempel en frihjulskoppling kan man koppla bort armarna som hela tiden ligger i sandbädden för att på ett sådant sätt få en noggrannare mätning oberoende av förslitning.

Nackdelen är däremot att färdiga axelkopplingar i regel är ganska dyra, dessutom ska de klara av en påfrestande miljö, vilket höjer priset ytterligare.

11. TEST AV GIVARE

För att undersöka om konceptet med en kapacitiv givare skulle kunna fungera kontaktades IFM, ett globalt företag med långa erfarenheter av beröringsfria givare. Voros[5] bjöd in för test utav givare i deras laboratorium. Givarna som valdes att testa var två kapacitiva givare. Den ena givaren (KQ 6005) var en enklare variant med möjligheten att känna av ett specifikt medium, detta kan jämföras med en mekanisk brytare med en utgång. Den andra var en nivåvakt (LMT 121) med två utgångar, detta ger möjligheten att mäta två olika medium.

Givarna ger ett utslag på hur stor kapacitans materialet som de detekterar har. Givaren LMT 121 översätter detta till ett procent-tal medan givaren KQ 6005 översätter det till en skala mellan 0-1645.

Test gjordes på alla de fyra nivåerna av medium som förekommer i en sandtvätt för att se hur stor kapacitans de har. För att givarna skall kunna appliceras på en sandtvätt krävs så stora skillnader i utslag mellan de olika skikten som möjligt. Det gör att osäkerheten och möjligheten till fel minskar.

De lager av olika material som finns i en sandtvätt är i botten ren sand följt av en blandning av sand och organiskt avfall, endast organiskt avfall och överst en pelare med vatten. På grund av det ohygieniska materialet fick liknande material användas vid testet. Efter konsultation med Linus Jonsson på Nordic Water bestämdes det att sanden i tvätten kan översättas till en blandning av finkornig sand, vardagligt kallad sandlådesand, och stenflis med storlek mellan 2-4 mm. I nästa lager blandades det i matjord så att proportionerna blev lika. Lagret som endast består av organiskt avfall översattes till en blandning utav jord, sågspån och majs med proportionerna 50,30,20. Blandningarna visas i figur 11.1.



Figur 11.1 De tre olika blandningarna. Från vänster: sand, sand/jord och jord/spån/majs

Blandningarna gjordes i en kraftig plasthink. Plasthinken ger liknande värden som för plexiglas som är tänkt att använda till att skilja givaren från sanden. För att säkerställa mätvärdena för de olika blandningarna kalibrerades givarens noll-nivå efter en tom bunke så att kapacitansen räknas utifrån detta.

I tabell 11.1 presenteras de mätvärden som togs fram under testet. Resultatet gav inte ett direkt svar på om det är möjligt att använda denna typ av givare för att mäta sandnivån men en indikation på om det är lönt att göra vidare tester. Det man kan se är att KQ 6005 inte ger någon större skillnad i utslag mellan de olika nivåerna, endast nivån med sand och jord ger ett något lägre mätvärde. Dock ger en torr sand ett värde på cirka 1300, vilket kanske kan förekomma i en tvätt beroende på vattenhalt och kompaktet i sanden.

LMT 121 ger större skillnader, vilket är gynnsamt för vidare tester. Det som kan ses är dock att skillnaden mellan nivån med sand/jord och jord/spån/majs är relativt liten vilket kan göra det svårt att få en rättvisande nivå mellan dessa. Även ett högt värde för sanden tillsammans med ett lågt värde för sand/jord ger ett ganska likt värde.

Tabell 11.1 Testresultat för givare

Medium	Ledningsförmåga	
	LMT 121 (%)	KQ 6005
Sand	70-80	1645 (1300 torr)
Sand och jord 50/50	83-85	1600-1645
Jord, spån, majs	85-90	1645
Vatten	96	1645

Utifrån dessa resultat kan det vara lönsamt att göra vidare tester med LMT 121 i en mera realistisk miljö. Antar man istället att sand och sand/jord är samma lager tycks man kunna hitta en nivå där det går över till en majoritet av organsikt avfall. Kan givaren programmeras för att detektera denna nivå och veta ungefär hur mycket av sanden som är blandad med det organiska bör en bra uppskattning av sandnivån kunna göras.

En viss spridning av denna nivå förekommer alltid, placeringen av givaren skall därför vara så att det finns en marginal framförallt uppåt så att sand aldrig åker ut i det organiska utloppet.

Nackdelen med en LMT 121 är dock att den måste vara i kontakt med de material den mäter vilket både ökar risken för förslitning och felaktig mätning på grund av att material samlas på givaren. Enligt IFM bör detta dock inte vara något större problem då givarens spets är gjord av ett slittåligt peek-material. Tester gjordes även på vad utslaget skulle bli om man endast lade en liten mängd av sand/jord -blandningen på givaren. Utslaget blev då cirka 55 % vilket är mycket lägre än om den är helt dränkt, därför bör inte detta vara något som skulle kunna ställa till bekymmer.

Slutsatsen blir därför att båda givarna bör genomgå vidare tester för att se hur de fungerar i en sandtvätt. Beroende på sandens egenskaper är det möjligt att KQ 6005 kan mäta en lämplig nivå då sanden blir tillräckligt vattenlös, medan LMT 121 bör testas för att undersöka känsligheten mellan nivåerna.

12. GRANSKNING AV BEHOVET UTAV DELAD AXEL

Att kunna demontera omröraren och kunna ta den ur tvätten även med begränsad takhöjd och markfrigång har varit ett önskemål från Nordic Water. I dagsläget är detta något som ibland ställer till med bekymmer.

För att lösa detta problem togs det under konceptframtagningen fram lösningar på en delad axel. Delningen skulle då placeras precis ovanför sandnivån för att undvika kraftig förslitning på själva kopplingen, vilket skulle gett två ungefär lika långa axeldelar som är enklare att handskas med.

Med de nya koncepten som framtigits gällande omröraren insågs dock att en delad axel eventuellt inte behövs. Eftersom de två grundvarianter av omrörarkoncept som gått vidare, frästa spår och armar träs på axel, gör det enkelt med demontering utav armar så kan en "ren" axel lätt fås. Denna är sedan möjlig att ta ut även vid minimal takhöjd och markfrigång, vilket är inom maskinens egna mått. Figurer som illustrerar urtagandet presenteras i bilaga 18 och 19.

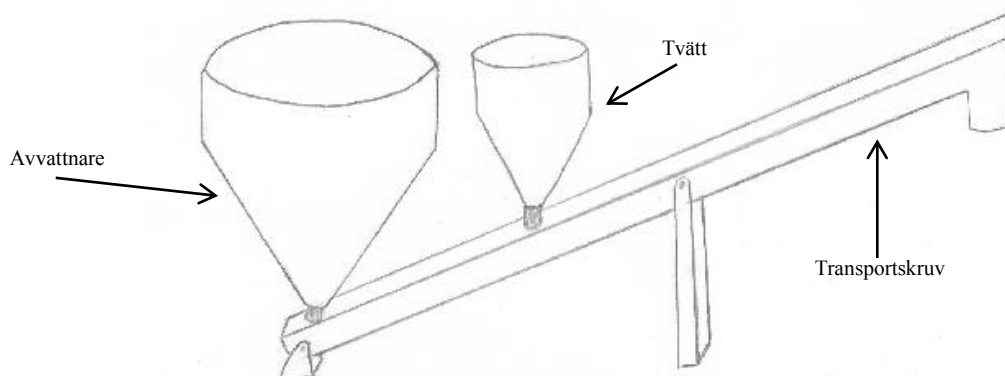
13. KONKURRENTANALYS

Efter samtal med Mikael Hansson och Linus Jonsson på Nordic Water Products AB kunde en lista med intressanta konkurrenter tecknas, se tabell 13.1 nedan. Tanken var att här ifrån fortsätta med en informationssinsamling kring konkurrenternas sandtvättar för att se nya lösningar på omrörning och sandnivåmätning. Problemet som ofta kan uppstå är att företag ogärna delar med sig av sina tekniska lösningar och detta var inget undantag. Det försvårade analysen och gav väldigt lite information om de lösningar som söktes. I tabellen presenteras de lösningar på omrörning och sandnivåmätning som kunnat identifieras ur konkurrenternas produktpresentationer.

Tabell 13.1 Konkurrenters sandtvättar med lösningar på omrörning och sandnivåmätning

Företag	Modell	Omrörningsmetod	Sandnivåmätning-metod
Hydrocontrol Sweden AB	HCSB 150	Vatten	Ej synlig
Huber AB	RoSF 4	Mekanisk omrörare, Vatten	Ej synlig
Mellegård ochNaij AB	SandTvätt ST	Vibration, Mekanisk omrörare eller Luft/vattencyklon	Tryckmätning
Noggerarth	SW/SSW 100/200/400/1000 SSW 300/750/900	Mekanisk omrörare, Vatten	Ej synlig
ConPura	ConWash 380/381/382/383	Vatten, Vattencyklon	Ej synlig

Hydrocontrols sandtvätt HCSB 150 skiljer sig från de flesta andra sandtvättar då den har två behållare, en för vad de kallar avskiljning och en för tvättning. Detta tolkades som en behållare för avvattning av sanden och en behållare för att avskilja organiskt material från sanden, alltså tvättning, se figur 13.1. Själva tvättningen sker genom att spola vatten underifrån genom sanden men det ser ut att saknas en omrörare. Tvättens spolvatten verkar ha en mera avancerad koppling som kan tyda på att deras omrörning utgörs av att tvättvattnet pulseras genom olika munstycken som på så sätt får sandbädden att röra på sig. Någon typ av sandmätning går ej att se på deras produktbilder.

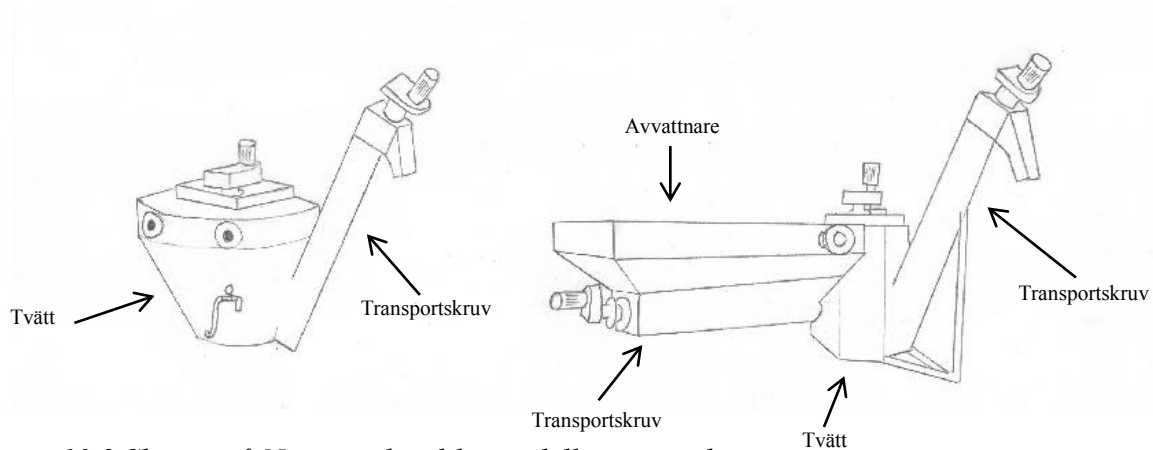


Figur 13.1 Skiss på Hydrocontrols sandtvätt

Huber AB har en sandtvätt, modell RoSF 4, som till stor del liknar Nordic Water Products ABs sandtvätt både till utseende och funktion. Bearbetning av sandbädden sker med hjälp av vatten som spolas upp genom bädden och en motordriven omrörare ser till att sanden rör på sig. Värt att notera med denna modell är att den har svängda armar, antagligen för att minska risken för att trasor och dylikt ska fastna på dem. Avvattningen hos Hubers RoSF 4 sker enligt dem själva effektivt med hjälp av den så kallade coanda-effekten, som är fluiders förmåga att attraheras av intilliggande ytor. Någon närmare information om hur Hubers lösning på sandnivåmätning ges ej.

Mellegård och Naij Abs sandtvätt heter Sandtvätt ST och på deras hemsida uppger dem att de erbjuder vibration, omrörare och vatten/luftcyklon som bearbetningsmetoder av sandbädden. Usendemässigt är även denna lik Nordic Water Products ABs och tycks ha en tryckmätare nere i sandbädden för att mäta sandnivån. Hemsidan avslöjar ytterst lite information om funktionslösningar och inte heller några bilder inifrån tvätten ges.

Noggeraths modeller SSW och SW är till synes kantigare än Nordic Water Products ABs sandtvätt och saknar dessutom den cylinder nedtill som många andra modeller har. Ett liknande omrörningssystem är tillämpat på dessa sandtvättar med en motordriven axel som det fästs armar på. Armarna är svängda och satta på flera olika nivåer istället för parvis som på Nordic Water Products ABs sandtvätt. Bädden spolas med vatten underifrån med hjälp av ett system som ser mycket enklare ut än Nordic Water Products ABs sandtvätt där inga dysor tillämpas för att hjälpa till att sprida vattnet. Noggerath tillverkar sandtvättar som både är koniskt formade och raka samt att deras större modeller har ett avvattningsskål innan själva tvätten, se figur 13.2. Vilken typ av sandmätningss metod som Noggerath tillämpar på sina sandtvättar framgår ej.



Figur 13.2 Skisser på Noggeraths olika modeller av sandtvättar

ConWash från ConPura är en sandtvätt med avvattning som saknar mekanisk omrörning och förlitar sig på spolmunstycken som är placerade i botten på sandbädden. Detta tillsammans med ett inlopp som ger en roterande rörelse i tvätten säger dem ge en högeffektiv separering av sand. Hur ConPura har löst sandnivåmätningen framgår ej ur deras produktbeskrivning.

En idé om att kontakter ute på reningsverk skulle kunna ge information och ta emot eventuella besök gav dåliga resultat med endast ett tänkbart svar om att besöka ett reningverk i Stockholmstrakten. Något som ansågs vara för tidsödslande för den knappa information det skulle ge.

De resultat som kunnat presenteras har varit få och gav egentligen väldigt få nya idéer kring lösningar på sandomrörning och sandnivåmätning men ger en god inblick i vad marknaden har att erbjuda i dagsläget.

14. DFX

I detta kapitel presenteras de resultat som fåtts ur DFA - och DFM-analyserna för omrörar- och sandnivåmätningkoncepten.

14.1 DFA

Valet att göra DFA-analyserna redan i koncept designfasen gjordes efter mailkontakt med Lorin[6]. Analysen skulle kunna ge värdefull input till vidare konceptval men troligtvis kräva något mer förarbete och utveckling av koncepten. Denna extra tid ansågs vara värd att lägga då tillverkningen är en så pass stor del av kostnaden för omröraren. På grund av koncepten för sandnivåmätarens så olika utformning och komplexitet med stor variation i komponentpriser skulle en analys av denna typ kunna ge ett missvisande resultat, därmed valdes det att inte göra någon analys på dessa. DFA-analyserna utfördes med hjälp av programvaran Avix utvecklat av Solme AB. Programvaran behandlar flera steg i tillverkningsprocesser och har en specifik modul för montering.

De framtagna dellösningarna för omröraren sammanställdes och kombinerades till de 30 koncepten. Olika fästmetoder applicerades på koncepten vilket ökade antalet koncept ytterligare. Detta resulterade i en tabell med samtliga koncept och deras innehåll, se tabeller 14.1- 14.4. För att minska ner antalet analyser gjordes förenklingen att armar som bockats en gång analyseras likadant som armar utan bockningar. Detta minskade ner antalet analyser till 21 stycken med den befintliga inräknad. Antal sammanfogningspunkter för skruv-, nit- och krympförband valdes till sex per armpar, förutom för ATPA-konceptet där bottenkruven anses ge ett tillräckligt tryck för att armarna ska hållas samman inne vid axeln. Detta gjorde att sammanfogningspunkterna valdes till fyra per armpar. Detta ansågs som ett rimligt antagande för att göra en bra jämförelse. Huvudsaken var att vara konsekvent för alla koncept som berördes så att analysen inte skulle bli missvisande.

Tabell 14.1 Delkonceptens benämningar

Nr	Konceptnamn	Innehåll	Nr	Konceptnamn	Innehåll
1	FS Krymp rak	1,A,a	16	ATPA Krymp 1 bock	2,B,a
2	FS Lim rak	1,A,b	17	ATPA Lim 1 bock	2,B,b
3	FS Nit rak	1,A,c	18	ATPA Nit 1 bock	2,B,c
4	FS Skruv rak	1,A,d	19	ATPA Skruv 1 bock	2,B,d
5	FS Svets rak	1,A,e	20	ATPA Svets 1 bock	2,B,e
6	ATPA Krymp rak	2,A,a	21	FS Krymp 2 bock	1,C,a
7	ATPA Lim rak	2,A,b	22	FS Lim 2 bock	1,C,b
8	ATPA Nit rak	2,A,c	23	FS Nit 2 bock	1,C,c
9	ATPA Skruv rak	2,A,d	24	FS Skruv 2 bock	1,C,d
10	ATPA Svets rak	2,A,e	25	FS Svets 2 bock	1,C,e
11	FS Krymp 1 bock	1,B,a	26	ATPA Krymp 2 bock	2,C,a
12	FS Lim 1 bock	1,B,b	27	ATPA Lim 2 bock	2,C,b
13	FS Nit 1 bock	1,B,c	28	ATPA Nit 2 bock	2,C,c
14	FS Skruv 1 bock	1,B,d	29	ATPA Skruv 2 bock	2,C,d
15	FS Svets 1 bock	1,B,e	30	ATPA Svets 2 bock	2,C,e

Tabell 14.2, 14.3, 14.4 Sammanställning av koncept för omrörare

nr	Axeltyp	nr	Armtyp	nr	Fästmetod
1	Frästa spår	A	Rak	a	Krymp
2	Armar träs på axel	B	1 Bock	b	Lim
		C	2 Bock	c	Nit
				d	Skruv
				e	Svets
				f	Ingen

När tabellen över koncepten var klar kunde arbetet fortsätta och den faktiska analysen i Avix påbörjas. Alla koncept fördes nu in i nya dokument för programmet där de definierades med ingående komponenter. Komponenterna utvärderades var för sig på de åtta aspekter som programmet tar upp. De färdiga matriserna för koncepten presenteras i bilaga 10.

Resultaten av dessa analyser presenteras i tabell 14.5 nedan. Kolonen längst till höger las till som en bedömning av resultaten, denna ranking användes senare i konceptutvärderingen med kesselringmatris. Bedömningen gjordes med hänseende på Agg timen för varje koncept.

Tabell 14.5 Sammanställda resultat från DFA-analys

Koncept	Agg score (%)	Agg score (poäng)	Agg time (s)	Agg time (%)	Ranking
Gängade armar	69	544	66	200	3
ATPA 2x Bock	77	946	88,8	174	2
ATPA Nit	75	1234	109,2	158	2
ATPA Lim	65	796	168	329	1
ATPA Svets	65	796	168	329	1
FS Lim	56	520	188,8	484	1
FS Svets	56	520	188,8	484	1
ATPA Skruv	78	2194	208,4	178	1
FS Nit	74	1984	241,6	218	1
FS Skruv	74	1984	241,6	218	1
FS Krymp	74	1648	322	346	0
ATPA Krymp	75	2106	322,8	276	0

14.2 DFM

Motivationen till att utföra DFM-analyserna redan innan konceptutvärderingarna var likt DFA-analyserna tidigare, att med mycket information kunna välja de rätta koncepten för ett lyckat resultat. Sandnivåmätarens koncept behandlas inte heller i denna fas med samma anledningar som innan.

Meningen var att på ett kvantitativt vis bestämma hur bra de olika koncepten var med hänseende på tillverkning. De koncept som nu fanns tillgängliga var utformade på sådant sätt att de kunde tillverkas med de nuvarande och alternativa tillverkningsmetoder som fanns att tillgå. Metoderna listades och gavs en siffra mellan 1 och 10, där 1 är bra och 10 är dåligt, på hur gärna dessa användes. Bedömningen gjordes efter dialog med Jonsson[2] och Hansson[3]. Se tabell 14.6.

Tabell 14.6 Tillverkningsmetoder med rating

Nr	Metod	Rating
1	Laserskärning	4
2	Bockning	5
3	Gängning	6
4	Kapa rör	8

Tabell 14.7 Offertpriser för bearbetning av axel

Koncept	Ritning	1st	3st
1 Kilspår	A-211	900	500
2 Kilspår	A-212	925	525
Första spår	A-213	970	570
2 Planspår	A-214	1135	735
Sexkantsaxel	A-215	900	500

En tabell över alla koncept och deras innehåll användes även i denna analys, här utökades denna till en matris som även innefattade hur många gånger de olika koncepten behövde använda en viss tillverkningsmetod samt en total metodpoäng som räknades fram genom att multiplicera rating-värdena för metoden med antal gånger den användes för ett visst koncept. Metodpoängen summerades och bildade en total poäng som då blev ett mått på hur bra ett koncept är ur tillverkningssynpunkt. Ju lägre poäng desto bättre. Resultatet presenteras i tabell 14.8 nedan. Lägst poäng gavs till FS rak krymp, lim, nit samt svets följt av FS 1 bock krymp, lim, nit samt svets. En indikation om att någon av dessa koncept kan bli billigast att tillverka.

Koncepten bygger på två typer av axlar, dessa modellerades i Catia för att göra ritningar, se bilaga 11. Med hjälp från Autofric skickades dessa ritningar iväg för offertering till deras verkstad som bearbetar den nuvarande axelns kilspår. Detta för att samla ytterligare information om vilket koncept som skulle bli billigast att tillverka. De priser som kom tillbaka redovisas i tabell 14.7. Priserna är per axel och exklusive kostnad för material och kapning. Vid beställning av flera axlar ges ett reducerat pris. Samtliga modeller utom ”frästa spår” är typer av konceptet ”armar träs på axel”.

Tabell 14.8 DFM-analys för omrörare

Chalmers Tekniska Högskola					DFM				
Utfärdare: Max Wallskog & Joel Olsson					Utfärdad: 29/3 2014				
Konceptnamn	Metod				Metodpoäng				Total Poäng
Metodnr:	1	2	3	4	1	2	3	4	
FS Krymp rak	12	0	0	0	48	0	0	0	48
FS Lim rak	12	0	0	0	48	0	0	0	48
FS Nit rak	12	0	0	0	48	0	0	0	48
FS Skruv rak	12	0	24	0	48	0	144	0	192
FS Svets rak	12	0	0	0	48	0	0	0	48
ATPA Krymp rak	12	0	0	4	48	0	0	32	80
ATPA Lim rak	12	0	0	4	48	0	0	32	80
ATPA Nit rak	12	0	0	4	48	0	0	32	80
ATPA Skruv rak	12	0	24	4	48	0	144	32	224
ATPA Svets rak	12	0	0	4	48	0	0	32	80
ATPA NaN rak	12	0	0	4	48	0	0	32	80
FS Krymp 1 bock	8	4	0	0	32	20	0	0	52
FS Lim 1 bock	8	4	0	0	32	20	0	0	52
FS Nit 1 bock	8	4	0	0	32	20	0	0	52
FS Skruv 1 bock	8	4	24	0	32	20	144	0	196
FS Svets 1 bock	8	4	0	0	32	20	0	0	52
ATPA Krymp 1 bock	8	4	0	4	32	20	0	32	84
ATPA Lim 1 bock	8	4	0	4	32	20	0	32	84
ATPA Nit 1 bock	8	4	0	4	32	20	0	32	84
ATPA Skruv 1 bock	8	4	24	4	32	20	144	32	228
ATPA Svets 1 bock	8	4	0	4	32	20	0	32	84
ATPA NaN 1 bock	8	4	0	4	32	20	0	32	84
FS Krymp 2 bock	8	16	0	0	32	80	0	0	112
FS Lim 2 bock	8	16	0	0	32	80	0	0	112
FS Nit 2 bock	8	16	0	0	32	80	0	0	112
FS Skruv 2 bock	8	16	24	0	32	80	144	0	256
FS Svets 2 bock	8	16	0	0	32	80	0	0	112
ATPA Krymp 2 bock	8	16	0	4	32	80	0	32	144
ATPA Lim 2 bock	8	16	0	4	32	80	0	32	144
ATPA Nit 2 bock	8	16	0	4	32	80	0	32	144
ATPA Skruv 2 bock	8	16	24	4	32	80	144	32	288
ATPA Svets 2 bock	8	16	0	4	32	80	0	32	144
ATPA NaN 2 bock	8	16	0	4	32	80	0	32	144

15. PUGHS MATRIS

I Pughs matris behandlas de koncept som uppfyller kraven. Genom en poängsättning med den befintliga lösningen som referens tas de koncept som bäst uppfyller önskemålen vidare.

15.1 Pughs matris för sandnivåmätare

De koncept som utvärderas är, som kan ses i tabell 15.1, rörvridare, kapacitiv givare, gasfjäder, tryckfjäder, vattenskida och delat rör. Dessa vägs enligt Pughs matris mot den befintliga givarlösningen med ett resultat enligt bilaga 12. Som synes är konceptet med en kapacitiv givare betydligt bättre än övriga som ligger på en väldigt jämn nivå. På grund av att tre till fyra klara vinnare inte kunde utses beslutades att ta alla koncepten vidare för fortsatt utvärdering.

Tabell 15.1 Koncepten som uppfyller kraven

nr	Konceptnamn
1	Rörvridare
2	Kapacitiv givare
3	Gasfjäder
4	Tryckfjäder
5	Vattenskida
6	Delat rör

Det kan tyckas konstigt att de flesta av de utvärderade koncepten faktiskt har fått ett resultat som gör de sämre än den befintliga lösningen. Att de är sämre på vissa punkter stämmer, men de är också bättre på en väldigt viktig punkt vilket är priset. Detta är något som har en hög viktning vilket kanske gör att dessa, trots den låga poängen, kan vara bra alternativ till den befintliga lösningen.

Konceptet rörvridare och kapacitiv givare har för önskemålet om enkel justering fått ett poäng som gör de lika bra som den befintliga. Detta beror på att de liksom den befintliga lösningen justeras digitalt. Övriga lösningar behöver däremot justeras mekaniskt genom att ompositionera givaren eller förspänna en fjäder, detta anses svårare vilket ger de ett lägre poäng. Denna poängsättning överrensstämmer med önskemålet om att den skall vara underhållsfri, de mekaniska lösningarna anses vara i större behov av underhåll just på grund av rörliga delar.

Önskemålet om låg höjd är något som den befintliga givaren uppfyller väldigt väl, likaså gör konceptet med en kapacitiv givare. De övriga koncepten som alla bygger på mekaniska lösningar kräver att motorn höjs för att dessa ska ligga skyddade mot omgivningen.

Lång livslängd är också något som den kapacitiva givaren är bättre på på grund av minimalt slitage.

15.2 Pughs matris för omrörare

De koncept som gått vidare till utvärdering är de som innehåller infästning i axel enligt frästa spår eller armar träs på axel. Dessa båda lösningar utvärderas även med tre olika typer utav armar, vilka är raka armar, armar med en bock eller med två bock. I kapitel 10 för konceptgenerering har även andra typer utav armar presenterats men de anses kunna vara likvärdiga någon utav dessa typer. Till exempel anses en svängd arm ha samma arbetskostnad som en rak. Varje typ av arm kan sedan fästas på fem olika sätt vilket har gett totalt 30 olika koncept att utvärdera.

På grund av det höga antalet koncept som skulle utvärderas valdes att i Pughs matris poängsätta mellan -3 och 3 istället för det normala -1 till 1. Detta gjordes för att få ett bättre utslag mellan de olika koncepten och på så sätt undvika lika poäng. Under utvärderingen har det även antagits att omrörarna har en hel axel, alltså ingen axelkoppling, och att samma fästmetod används vid ett utbyte.

Från Pughs matris gick nio stycken koncept vidare för fortsatt utvärdering i en Kesselringmatris. Vilket kan ses i bilaga 13 så är det framförallt infästningsmetoderna krymp, lim och nit som gått vidare medans de flesta innehållandes skruv och svets fallit bort.

Anledningen till att vissa koncept gått vidare som innehåller fästmetoden svets är på grund av att de bygger på axelinfästningen "armar träs på axel". Det gör att armarna går att byta på ett sätt oberoende utav fästmetod. De behöver alltså inte kapas, vilket är skillnaden mot om frästa spår använts.

Utbytbarheten av armar uppåt respektive nedåt är också något som skiljer de två typerna av axelinfästning åt. För frästa spår anses det ungefär lika lätt att byta ovanifrån som underifrån, svårighetsgraden har mer att göra med vilken typ av fästmetod som används. För armar som träs på axel anses det dock betydligt lättare att byta underifrån då den skruv som håller armarna på plats lätt nås.

Omrörare med armar som träs på axeln har fått ett högre poäng för "urtagbarheten utav omrörare" än övriga. Eftersom armarna i dessa koncept lätt plockas av fås en "ren" axel som anses enklare att få ut ur tvätten.

Önskemålet om lång livslängd har, på grund av den abrasiva miljön, betygsatts utifrån mängden material per längdenhet hos armarna. De bockade armarna har därför fått ett lägre poäng eftersom de kan uppnå samma höjd med mindre mängd material. Även vid önskemålet om att armar ej tillåter ansamling har de "raka" armarna fått ett högre poäng. Detta på grund av att de med laserskärning lika enkelt kan utformas som konceptet svängda armar för att undvika ansamling.

Poängsättningen för enkel montering och billig tillverkning har tagits från DFA och DFM analyserna.

16. KESSELRINGMATRIS

Med hjälp utav en kesselringmatris innehållande önskemålets viktning ifrån kravspecifikationen och en bedömning från ett till fem över hur bra varje koncept uppfyller de satta önskemålen togs de bästa koncepten fram.

16.1 Kesselringmatris Sandnivåmätare

Ser man till önskemålet om ett konkurrenskraftigt pris så får den kapacitiva givaren ett högre poäng än övriga. Detta får den på grund utav betydligt färre detaljer än övriga och därmed en lägre tillverkningskostnad. Själva mätarlösningen på de övriga innehåller flera olika komponenter samtidigt som de kräver en annan typ av lösning för det övre armparet för att de skall fungera. Detta är givetvis något som kommer kosta och anses kommer få ett högre pris än de cirka 1000 kr som den tänkta givaren kostar.

Vad det gäller enkel justering från utsidan så är koncept "rörvidare" och "kapacitiv givare" betydligt bättre än övriga. Detta är dock inte ett önskemål som viktats speciellt högt vilket gör att skillnaden mellan koncepten inte blir av någon jättestor betydelse. Att viktningen är relativt låg beror på att justering av givaren endast görs i uppstarten av en ny sandtvätt. På grund utav det kan dessa ändå vara lönsamma lösningar med fördelar som en robust konstruktion och ett billigare alternativ än nuvarande.

Betygen som koncepten fått på underhållsfriheten följer önskemålet om enkel justering väl. En lösning med mer mekaniska delar kräver mer underhåll.

Alla koncept utom den kapacitiva givaren kräver att motor med växellåda höjs för att få plats med den nya mätmetoden. Detta är en nackdel på grund utav platsbrist ute på reningsverk vilket gör att den kapacitiva givaren får ett högt poäng.

Att en ny sandmätninglösning skall vara okänslig från omgivningen anses viktigt för att kunna få tillförlitliga mätvärden och för att uppnå en hög hållbarhet. Tidigare försök har gjorts med att placera tvätten på viktceller som ett sätt att mäta sandnivån. Viktcellerna väger hela tvätten och räknar ut mängden sand då de vet tvättens torrsvikt. Detta har dock medfört felaktigheter då material råkat bli placerat på tvätten som ger tryckcellen ett felaktigt värde. Denna typ av yttre påverkan klarar alla de olika lösningarna, däremot finns det alltid risker som att till exempel sand tar sig in i mätdonet och orsakar skada, därmed poängen.

Det sista önskemålet är lång livslängd. Vad som är "lång" livslängd är ganska subjektivt men i detta fall valdes att definiera lång livslängd som garantitiden för sandtvätten. Anses den aktuella lösningen hålla hela garantitiden så får den en 5:a, kan det finnas behov utav byte av slitagedelar får den en 4:a. Garantitiden som NordicWater Products AB lämnar på sina sandtvättar är två år och i vissa fall tre år om alla underhåll och utbyte av slitagedelar sköts som planerat. Inte helt oväntat får den kapacitiva givaren en 5:a medans de övriga får något lägre poäng. De övriga har en del rörliga delar och även om risken är liten så finns möjligheten att de fallerar. Rörvidarens låga poäng grundas i risken att något större föremål tar sig in i tvätten och kilar fast sig mellan arm och tvättens vägg vilket ger ett ökat moment

som skulle kunna medföra en plastisk deformation i de stänger som sitter i sandmätningdonet. Kesselringmatrisen för sandnivåmätare presenteras i figur bilaga 14.

16.2 Kesselringmatis Omrörare

De bästa omrörarkoncepten blev nummer 6, 7 och 8. På grund av att alla dessa bygger på armar som träs på axeln presenteras även den bästa lösningen för frästa spår vilket blev nr 3.

I bilaga 15 visas att koncept nummer 6,7,8 är väldigt lika. Det enda som skiljer dem åt är poängen för monteringen, vilket har tagits från DFA-analysen. För övrigt har dessa samma antal tillverkningsmetoder och möjligheten att byta armar oberoende utav fästmetod. Anledningen till att dessa tre blev bäst är just på grund av antalet tillverkningsmetoder men också på grund av att de är bättre på att undvika ansamling på armarna. Många av de andra koncepten innehöll bockade armar vilket ger en extra tillverkningsmetod och även oförmågan att använda svängda armar.

Den bästa varianten av frästa spår har blivit med nit som fästmetod, vilket kanske kan tyckas konstigt då en nit behöver borrar ut vid utbyte utav armarna. Borra anses dock inte vara mycket svårare än att skruva ut en skruv. Detta tillsammans med att hål måste gängas för att kunna använda ett skruvförband gör att lösningen med en nit blir bäst.

17. FMEA

Efter att ha tagit fram de bästa koncepten från konceptutvärderingen för sandnivåmätare och omrörare genomfördes FMEA-analyser på dessa. Detta för att undersöka vilka typer av fel som skulle kunna uppstå för varje koncept. För varje tänkbart fel bedömdes allvarlighetsgraden, sannolikhet att den uppstår samt upptäcksgraden som tillsammans bildade ett risktal. Risktalet låg sedan som grund till att se vilka fel som bör fokuseras på vid vidareutvecklingen.

17.1 FMEA sandnivåmätare

Koncepten rörvridare och tryckfjäder delades in i tre olika funktioner, upptagande av moment, överförande av moment och mätning. Armarna tar upp ett moment och det extra röret utanpå huvudaxeln överför momentet till själva mätmekniken som är den sista funktionen. För den kapacitiva givaren blir det något annorlunda. Den har inte några rörliga delar utan utför bara en digital mätning av sandnivån. Det gör att den endast får en funktion i en FMEA-analys. Samtliga FMEA-analyser för sandnivåmätare presenteras i bilaga 16.

Vidare analyserades vilka feltyper som funktionerna skulle kunna drabbas av, vad som orsakar dessa och hur det visar sig, alltså vad effekten utav ett fel skulle kunna vara.

Efter att ha bedömt sannolikheten, allvarlighetsgraden och upptäcksgraden för varje feltyp och fått fram ett risktal bestämdes det att endast föreslå åtgärder för det som fått ett risktal över 100. Maximala risktalet som kan inträffa är 1000, därför ansågs detta vara en lagom nivå.

Vad det gäller de två mekaniska lösningarna så är den mest sannolika feltypen att armarna skulle ta upp ett felaktigt moment och på grund av det ge ett missvisande mätresultat. På grund av den abrasiva miljö som armarna arbetar i så kommer det oundvikligen att ske en förslitning. Det finns också en risk för att armarna skadas, det kan vara på grund utav större främmande föremål som tar sig in i tvätten och till exempel kilar sig fast mellan arm och tvättvägg och på så sätt orsakar en skada. Den här typen av skador kan göra att armarna tar upp ett för litet moment vilket kommer leda till en för hög sandnivå som i värsta fall kan leda till en tappad funktion där sand tar sig ut i det organiska utloppet. Detta är givetvis en allvarlig effekt som får konsekvenser i reningsverkets kommande steg. För att undvika detta är det viktigt att inspektera armarnas skick vid regelbundna kontroller.

Att armarna tar upp ett för stort moment är en annan feltyp som skulle kunna leda till en för låg sandmängd eller i värsta fall att motorn inte klarar av att utföra en omrörning. Den mest sannolika orsaken till att detta inträffar skulle kunna vara att det bildats en ansamling på armarna på grund utav trasor och andra trådiga material som kan ta sig in i tvätten. För att undvika detta kan armarna utformas något svängda.

Funktionen mätning delar alla tre koncepten. För att kunna utföra denna funktion använder alla sig utav en form av givare. Felorsaker med tillhörande effekter på givare är väldigt lika mellan koncepten och de anses både ha låg sannolikhetsgrad och hög upptäcksgrad vilket gör

de obetydliga för vidare utveckling. Där det finns störst risker för fel är i densitetsskillnader för den kapacitiva givaren och i mekaniken för de övriga.

Kalibrering av den kapacitiva givaren ska ske med sand som kommer från aktuellt reningsverk eller som har samma densitet. Finns det sedan risk att typen av sand eller organiskt avfall ändras över tid så kommer mätningarna att bli missvisande vilket kan leda till felaktiga mätvärden. För att undvika detta krävs det god kunskap om den sand man kalibrerar med och regelbundet kontrollera att sandnivån inte ändras.

För de två mekaniska mätyperna handlar de mest sannolika feltyperna om förslitningsrelaterade fel. För rörvidaren finns risken att de stavar som mätningen bygger på skadas, till exempel på grund utav att de utsätts för en plastisk deformation på grund av ett för stort upptaget moment. Förslitningen hos konceptet tryckfjäders bör framförallt uppkomma vid utebliven smörjning, det är därför viktigt att regelbundet se till att denna är tillräckligt smord.

17.2 FMEA Omrörare

Högsta tillåtna riskvärdet för omröraren sattes till 60. Alla fel med lika eller högre riskvärde än detta gavs en rekommenderad åtgärd för att eliminera konceptens fel.

För omröraren specificerades fyra olika funktioner. Den första är att armarna ska hållas samman så att de varken lossnar från varandra eller axeln. Andra funktionen är att armarna ska klara av att ta upp ett givet moment som sedan överförs till axeln vilket är nästa funktion. Den sista funktionen är god omrörning vilket är omrörarens huvudsyfte.

För samtliga koncept gavs felet defekter i materialet vilket kan leda till att omrörarens armar brister och orsakar skada på sandtvätten, ett riskvärde på 72. Alla koncepten gavs en rekommenderad åtgärd om att kvalitetskrav ska ställas mot leverantörer av material.

För samtliga koncept som bygger på att armarna träs på axeln finns det en risk att bottenkruven som håller armarna på plats slits. Detta kan leda till att armarna lossnar och sandtvätten blir skadad, ett riskvärde på 64. Den rekommenderade åtgärden för att undvika detta blev att utveckla ett skydd för skruven. Två andra fel för samma typ av koncept som fick för höga riskvärden var en urgängad bottenkruv vilket skulle leda till antingen skador på sandtvätten eller felaktig omrörning. Den rekommenderade åtgärden för båda dessa blev att gånga bottenkruven motsatt rotationsriktningen vilket skulle eliminera detta fel. En alternativ rekommenderad åtgärd blev att fästa plåtarna i det understa armparet i varandra. Denna åtgärd anges som förslag då metoden för hur Autofric AB gängar inte är kända.

De fel som kan uppstå beträffande god omrörning handlar framförallt om felaktig dimensionering, alltså ett ovetande om sandens förslitning. Detta är något som anses ha låg sannolikhet och behöver därför ingen specifik åtgärd. Kompletta analyser för koncepten presenteras i bilaga 17.

17.3 Vidareutveckling

Från FMEA-analysen fås värdefull information om vad man bör förbättra i sitt koncept. Resultaten som erhöles från FMEA togs vidare till en ny brainstorming där målet var att försöka hitta sätt att minska möjligheten för de fel som fått ett högt risktal att uppkomma.

17.3.1 Sandnivåmätare

För den kapacitiva givaren beror de allvarligaste felen på en ändring i densitet hos antingen sanden eller det organiska avfallet. Detta är parametrar som projektet inte har möjlighet att behandla och kan därför bara peka på saker som kan göras för att öka upptäckandegraden. Först och främst krävs det att tvätten är rätt inställd, då krävs det att man gör detta med rätt typ av sand. Gärna med sanden som kommer från det aktuella reningsverket. Under drift bör också regelbundna kontroller göras för att så snabbt som möjligt upptäcka en ändring av sandnivån och då kalibrera om givaren.

För att undvika de fel kring funktionerna ta upp moment och överföra moment på de två andra koncepten så beslutades att utforma armarna något svängda för att få en självrensande effekt, liknande den som presenterats för armarna nere i sandbädden. En tättningsring till glidlagret har också tillförts för att undvika att sand tar sig in till lagret.

Rörvridaren hade utöver detta ett problem med att de böjande stavarna kunde skadas. För att undvika detta har två nya förslag tagits fram. Det första förslaget innehåller en vinkelfjäder som monteras mellan röret och axeln och som komprimeras vid påläggandet utav vridmoment med samma typ av utslag och mätning som tidigare. Förslag två fungerar på samma sätt men har en gummibussning, med formen utav ett rör, som utsätts för vridning. Fördelen med dessa är inte bara att känsligheten för oväntade belastningstoppar minskar, utan även att höjden för hela mätanordningen kan minskas.

Tryckfjädersn har problemet med en dåligt smord mekanik och för att dra ner behovet utav detta kan ett alternativ vara att använda en dragfjäder istället för en tryckfjäder. Det behövs då heller ingen styrning av fjädern, som eventuellt skulle behövts tidigare för att tillgodose en korrekt kompression.

17.3.2 Omrörare

Analyserna visar att de allvarligaste felen som kan uppstå hos omröraren framförallt uppkommer för de koncept som bygger på armar som träs på axeln. En svag punkt är den skruv som används för att fästa armarna. Feltyperna som har fått ett högt risktal är att armarna lossnar på grund av antingen en sliten eller urgängad skruv. För att undvika grova förslitningar på skruven kan det därför användas en nedsänkt skruv, detta gör att sanden inte får lika stor kontaktyta mot skruvskallen. I vilken utsträckning den åtgärden är nödvändig är svårt att säga innan verkliga tester gjorts. Skruven är relativt liten och placerad på omrörarens rotationsaxel vilket ger skruven en låg rotationshastighet och därför en låg nötningshastighet relativt resterande komponenter i omröraren.

För att undvika att skruven gängar ur sig kan ett alternativ vara att gänga motsatt rotationsriktningen. Det innebär att skruven kommer spännas då moment påläggs de nedre armarna.

En annan feltyp, som även påverkar koncept med frästa spår, är att armarna fallerar på grund av brister i materialet. Här är det svårt att göra några specifika åtgärder mer än att dimensionera med en säkerhetsfaktor och ställa krav på leverantören av materialen.

18. SLUTSATS

Syftet med projektet har varit att utföra en omkonstruktion av omröraren och sandnivåmätaren i Nordic Water Products ABs sandtvätt MEVA SWA21 med sänkt kostnad och bättre servicevänlighet som mål. För omröraren har det fokuserats på att förenkla tillverkningsprocessen då denna fas är en stor del av kostnaden. Den andra delen har varit att ta fram ett robust och kostnadseffektivt koncept för sandnivåmätaren. För att ge projektet tydliga mål och riktlinjer preciserades en frågeställning, denna presenteras i inledningen.

Från fiskbensdiagramet över tillverkningskostnaden visades delfaktorerna fästmetod, utformning och tillverkningsmetod vara tre viktiga faktorer som är påverkbara i detta projekt.

Vid studie av den nuvarande tillverkningen framkom att kostanden för omröraren är fördelad ungefär 75 % tillverkningskostnad och 25 % materialkostnad. Ett moment som i den nuvarande tillverkning anses onödig är betningen av omröraren, vilket görs för att undvika att svetsfogarna ska rosta. Ett sätt att eliminera detta moment hade varit att ersätta svetsning som sammanfogningssätt, vilket kom att undersökas närmare under projektets gång. Med enklare beräkningar som stöd beslutades att omrörarens konstruktion ej anses överdimensionerad då den ständigt slits på grund av sanden den rör sig i. Efter besök hos Nordic Water Products ABs tillverkare av sandtvätten kunde listan över tillgängliga tillverkningsmetoder tecknas. Vilka presenteras i punktlistan nedan.

- Laserskärning
- Vattenskärning
- Svetsning
- Bockning
- Valsning
- Skruvförband
- Nitförband
- Kilförband

Eftersom för och nackdelar hos de olika tillverkningsmetoderna är beroende av verkstadens tillgångar och erfarenheter togs en viktning av dessa fram i samarbete med anställda på företaget. För att kunna hitta de krav som ställs på funktionerna hos omröraren och

sandnivåmätaren arbetades kravspecifikationer fram. Dessa användes sedan som stöd genom projektet

En minskning av antalet komponenter behöver nödvändigtvis inte innebära en kostnadssänkning eller en kvalitetsökning av omröraren så denna punkt har i projektet till stor del uteblivit även om det funnits en strävan om att eliminera onödiga komponenter.

Med givna resultat och framtagna koncept anses det möjligt att utföra en kostnadssänkning samtidigt som en högre grad av servicevänlighet uppnås. Hur stor prissänkningen skulle kunna bli kräver ytterligare beräkningar, dimensionering och offertförfrågan från tillverkare, något som detta projekt inte haft möjlighet att ta upp.

Vid konkurrensanalysen hittades alternativa metoder för att luckra upp sandbädden, bland annat med luftsystem eller med mera avancerade spolvattensystem, vanligt är dock att använda en mekanisk omrörare.

Eftersom projektet inte kom att enbart handla om en prissänkning utan även en kvalitativ utveckling av både omröraren och sandnivåmätare utvärderades koncepten efter flertalet kriterier. Detta har lett till att ett billigaste koncept inte kunnat väljas utan de koncept som presenteras är de som är genomsnittligt bäst på alla punkter.

För sandnivåmätning presenteras här tre koncept, två av dessa bygger på en mekanisk mätteknik som kan justeras manuellt med förspänning av fjädrar. I det första konceptet har det monterats ett rör utanpå axeln, det fästs en platta på axeln och en platta på röret. En fjäder fästs mellan de båda plattorna för att kunna mäta det uppkomna momentet. När moment påläggs rörets armar kommer fjädern komprimeras. Detta gör att mätpippen som sitter lagrad i den undre plattan "förskjuts" utåt och när rätt sandnivå uppnåtts bryter brytaren. Det andra konceptet utför mätningen genom att använda en vinkelfjäder. När moment påläggs armparet sker en vridning av röret relativt axeln vilken en givare mäter och översätter till en sandnivå. Det tredje konceptet är en kapacitiv givare som med elektromagnetiska fält kan mäta kapacitansen i material som är i dens närhet, denna programmeras vid installation för att känna av en sandnivå.

De tre bästa omrörarkoncepten bygger alla på armar som träs på axeln, med distanser mellan som sedan fixeras med en skruv i botten av axeln. I projektet presenteras olika varianter av axlar. Priset för bearbetning av en rund axel med ett kilspår är samma som för en sexkantsaxel medan inköpspriset är något lägre för en rundstång. Vilken axel som är bäst lämpad kräver vidare hållfasthetsanalyser. Det som skiljer de tre koncepten är sammanfogningssätt av armdelar. Krymp-, lim- och nitförband är de som blivit bäst enligt utvärderingen. För att inte endast presentera koncept som bygger på ovan nämnd axelfästning presenteras även det fjärde bästa konceptet vilket bygger på armar som placeras i frästa spår på axeln. Varje arm består av tre stycken lika delar som nitas ihop för fixering på axeln.

18.1 Trovärdighetsanalys

Beräkningar på vilka exakta krafter som påverkar omröraren gjordes aldrig men blev aldrig heller nödvändigt för detta projekt. Hade dessa gjorts hade de således varit något överflödiga och tagit viktig tid från konceptframtagningen.

Däremot gjordes grövre beräkningar, med motorns märkmoment som utgångspunkt, för att kunna sortera bort koncept som inte ansågs uppfylla hållfasthetskraven. Hade till exempel en grövre axel använts hade dessa hållfasthetsberäkningar sett annorlunda ut och eventuellt hade de bortsorterade koncepten då kunnat gå vidare.

Projektet har byggt på kvantitativa bedömningssystem för att nå fram till slutgiltiga koncept. Detta för att undvika subjektiva bedömningar av koncepten. Eftersom det är många och väldigt lika koncept som utvärderas har det ibland varit svårt att få en rättvisande skillnad mellan alla de olika koncepten. Detta kunde ha undvikits med bättre struktur på bedömning och utvärdering eller att eventuellt gjort ytterligare en bortsortering för att minska antalet koncept till den slutgiltiga utvärderingen.

Analysen av tillverkningen för de olika koncepten följer ingen mall utan består av ett eget utvärderingssystem som innefattar axeltyp, vilka metoder som används, en viktning av dessa samt hur många ingrepp som görs för varje koncept. Utvärderingsmetoder ger på detta sätt en kvantitativ bedömning av de olika koncepten och blir något lik den DFA som gjordes. Hur riktig viktningen av metoderna är kan ifrågasättas men för att få det anpassat till det egna företaget kan detta vara det bästa sättet att göra det på istället för att gå efter ett klart bedömningssystem. En djupare studie kunde gjorts av tillverkningsmetoderna för att få en stärkt grund i viktningen men då tid inte fanns fick vi förlita oss på den kompetens som fanns i företaget. Viktningen gjordes med en skala från 1 till 10, något som kan anses vara ganska smalt men då det var så pass få metoder som viktades ansågs det inte behövas en bredare skala för att öka resultatets trovärdighet.

Att göra DFA- och DFM-analyserna tidigt i projektet var ett medvetet val, detta för att ge tillräcklig input gällande tillverkning och montering till utvärderingsfasen. Det var tidskrävande att specificera koncepten tillräckligt noga för att en god analys skulle kunna göras, men resultatet av analyserna var till stor hjälp vid utvärderingen och värd tiden det tog. Om tid funnits hade dessa analyser kunnat göras igen senare i projektet för att förbättra de slutgiltiga koncepten. Istället lades fokus på att utföra välutvecklade FMEA-analyser för presentation av koncept med så låg sannolikhet för fel och brister som möjligt.

Testerna som gjordes hos IFM var enkla och resultaten från dessa kan inte säkerställa huruvida kapacitiva givare kan användas som sandnivåmätningssystem men motbevisar inte heller hypotesen om detta. För att gjort testet mer givande hade en djupare förstudie för material och mätarteknik behövts. Lämpligt skiljematerial med låg förslitning hade behövt undersökas djupare för att användas vid testerna. Detta fanns det inte tid för då många andra delar av projektet prioriterades högre.

Studien av om huruvida en delad axel kan behövas i omröraren hade en låg prioritet i projektet och det som gjordes var en enklare visuell studie där tvådimensionella bilder

illustrerade urtagandet av en omröraraxel som helt saknar armar. Denna förenkling är väldigt grov och bättre studier hade behövts göras. Även en bättre grund från servicetekniker och montörer för att motivera detta krävs då en delad axel är en extra kostnad så om den inte är helt nödvändig bör undvikas.

18.2 Förslag på fortsatt arbete

Koncepten för sandnivåmätare är fortfarande inte fullt utvecklade och kan behöva vidare utveckling, dimensionering och testning för att säkerställa deras funktionsduglighet. Till konceptet med vinkelfjäder behöver en leverantör av dessa fjädrar hittas och en noggrannare studie av hur stor kraft denna fjäder kan behöva ta upp behövs. Konceptet med kapacitiva givare behöver ytterligare tester och studier av lämpliga modeller och leverantörer för att kunna säkerställa huruvida detta koncept kan fungera. Konceptet kräver även undersökning av lämpliga skiljematerial.

Omrörarkoncepten behöver dimensioneras och modelleras för att kunna skickas iväg för offertförfrågning. Test över hur armarnas skärhöjd påverkar omrörningen hade varit bra att göra för att kunna optimera denna. Likaså ett test över behovet av sammanfogning av armplåtarna för att undvika att dessa delar sig kan behövas. Kan antalet fästpunkter reduceras kan kostnaden för omröraren minska ytterligare. Även tester på möjligheten för hur ett krympförband med rimliga toleranser kan tänkas användas bör göras.

Vidare undersökning om en axelkoppling är nödvändig för omröraren bör göras. Även var denna i så fall skall vara placerad på axeln för lättast möjliga urtagning bör studeras.

REFERENSER

- Andersson, U. & Gunnarsson, J. (1999). *Select the best cutting process: Abrasive Waterjet, Laser or Precision Plasma* Examensarbete, PTX 99:05, Institutionen för produktionsteknik, Chalmers Tekniska Högskola. Göteborg: Högskolan.
- Baxter, L. K. (1997). *Capacitive sensors: design and applications*. New York: IEEE.
- Bergman, B. & Klefsjö, B. (2007). *Kvalitet: från behov till användning*. Lund: Studentlitteratur.
- Bligård, L.-O. (2011). *Utvecklingsprocessen ur ett människa-maskinperspektiv*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Bohgard, M. (2011). *Arbete och teknik på människans villkor*. Stockholm: Prevent.
- Ekström G. (1994). *Lärobok i elektrolytisk och kemisk ytbehandling band I*. Linköping Ytforum
- Encyclopædia Britannica Online* (2014). Capacitance.
<http://www.britannica.com.proxy.lib.chalmers.se/EBchecked/topic/93467/capacitance> [2014-04-20]
- Hsu, W., Lim, A. & Lee, C. S. G. (1996). Conceptual Level Design for Assembly Analysis using State Transitional Approach. *Proceedings of the 1996 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Minneapolis, USA 22-28 April 1996. DOI: 10.1109/ROBOT.1996.509224
- Khan, Z. (2008). Design for assembly. *Assembly Automation*, 28(3), ss. 200-206.
- Otto K. N. & Wood K. L. (1996). A reverse engineering and redesign methodology for product evolution. *Proceedings of the 1996 ASME Design Engineering Technical Conferences and Design Theory and Methodology Conference*. Irvine, USA 18-22 April 1996. DOI: 96-DETC/DTM-1523
- Poli, C. (2001). *Design For Manufacturing: A Structured Approach*. Woburn: Butterworth-Heinemann.
- Dahlberg T (2001). *Formelsamling i hållfasthetslära, 3:e upplagan*. Studentlitteratur
- SSAB Tunnsplåt AB (1997) *Formningshandboken : Styckskärande bearbetning och plastisk formning*, Borlänge SSAB Tunnsplåt AB.
- Sörqvist, L. (2004). *Ständiga förbättringar*. Lund: Studentlitteratur.
- Österlin, K. (2007). *Design i fokus för produktutveckling*. Malmö: Liber.
- Be-group (2014) *Sortiment rostfritt*. <http://www.begroup.com/sv/BE-Group-sverige/Produkter/Rostfritt/Sortiment/>

PERSONREFERENSER

[1] Niklas Andersson, Nordic Water Products AB, tel 0501-39 33 05

[2] Linus Jonsson, Nordic Water Products AB, tel 0501-39 33 11

[3] Mikael Hansson, Nordic Water Products AB, tel 031-748 54 53

[4] Niklas Rössborn, Nordic Water Products AB, tel 031-748 54 33

[5] Peter Voros Säljare på IFM

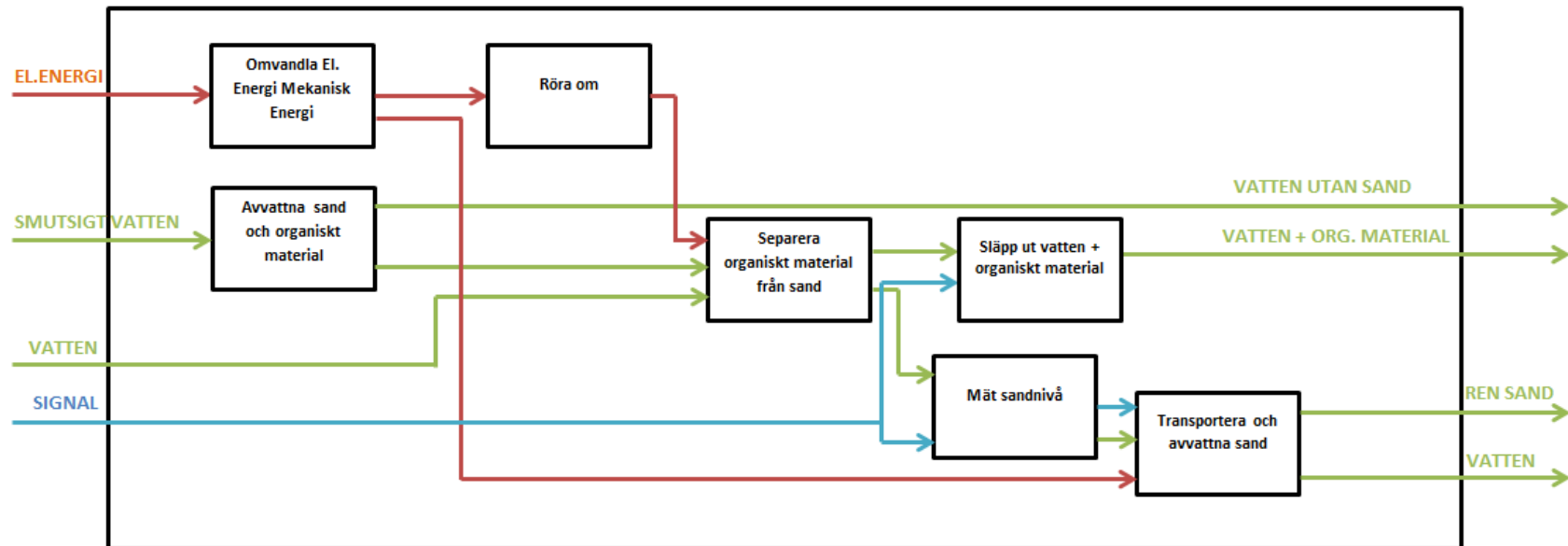
[6] Samuel Lorin, Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling på Chalmers Tekniska Högskola, tel 031 772 13 17

[7] Joachim Lehnert, HBM Sverige, tel 08 756 23 33

[8] Inge Gustafsson, IG Components, tel 0156-19098

Bilagor

Bilaga 1 Funktionsstruktur



Hypotetisk funktionsstruktur

Bilaga 2 Initial kravspecifikation

Kravspecifikation med inledande krav och önskemål

Chalmers Tekniska Högskola		Initial Kravspecifikation			
Utförare: Max Wallskog & Joel Olsson					
Intressent	Kriterier	Kontrollmetod	Målvärde	K/Ö	Pughs ballonger
Användare	Hållfasthet nedesta paret omrörararmar	Hållfasthetsberäkning	438 Nm/arm	Krav	4.14 4.24 4.19 4.1 4.12
Användare	Utbytbara armar ovan och underifrån	Funktionskontroll	Ja	Önskemål	4.3 4.15 4.4 4.6 4.7
Försäljning	Skärhöjd armar	Linjal	20<H<33mm	Krav	4.24 4.11 4.5 4.1
Försäljning	Symmetriskt utformade armar i skärriktning	Visuell kontroll	Ja	Krav	4.4 4.19 4.5 4.3 4.15
Användare	Passform mellan armar och axel	Skjutmått	0.5 mm	Krav	4.19 4.5 4.3 4.4 4.21
Produktion	Antal tillverkningsmetoder	Räkna	3 st	Önskemål	4.21 4.22 4.5 4.19
Användare	Möjlighet att justerbar sandnivåmätare från utsidan av maskin	Funktionskontroll	Ja	Önskemål	4.18 4.5 4.1 4.17 4.24 4.23 4.6 4.4
Användare	Sandnivåmätarens förmåga att enbart känna av sand, ej org.mtrl	Funktionskontroll	Ja	Krav	4.18 4.19 4.6 4.5 4.1
Användare	Underhållsfri sandnivåmätare	Slitagekontroll	Ja	Önskemål	4.19 4.4 4.18 4.5 4.3 4.15 4.6
Försäljning	Kostnad för sandnivåmätare	Priskontroll	<4000kr	Önskemål	4.6 4.26 4.5
Användare	Sandnivåmätarens tålighet mot omgivning	IP-klass kontroll	IP65	Krav	4.19 4.18 4.5 4.3 4.16 4.15 4.24
Användare	Sandnivåmätarens okänslighet för olika sandkornsstorlekar	Funktionskontroll	Ja	Krav	4.6 4.18 4.1 4.24 4.19

Bilaga 3 Slutgiltig Kravspecifikation

Kravspecifikation med slutgiltiga krav och önskemål

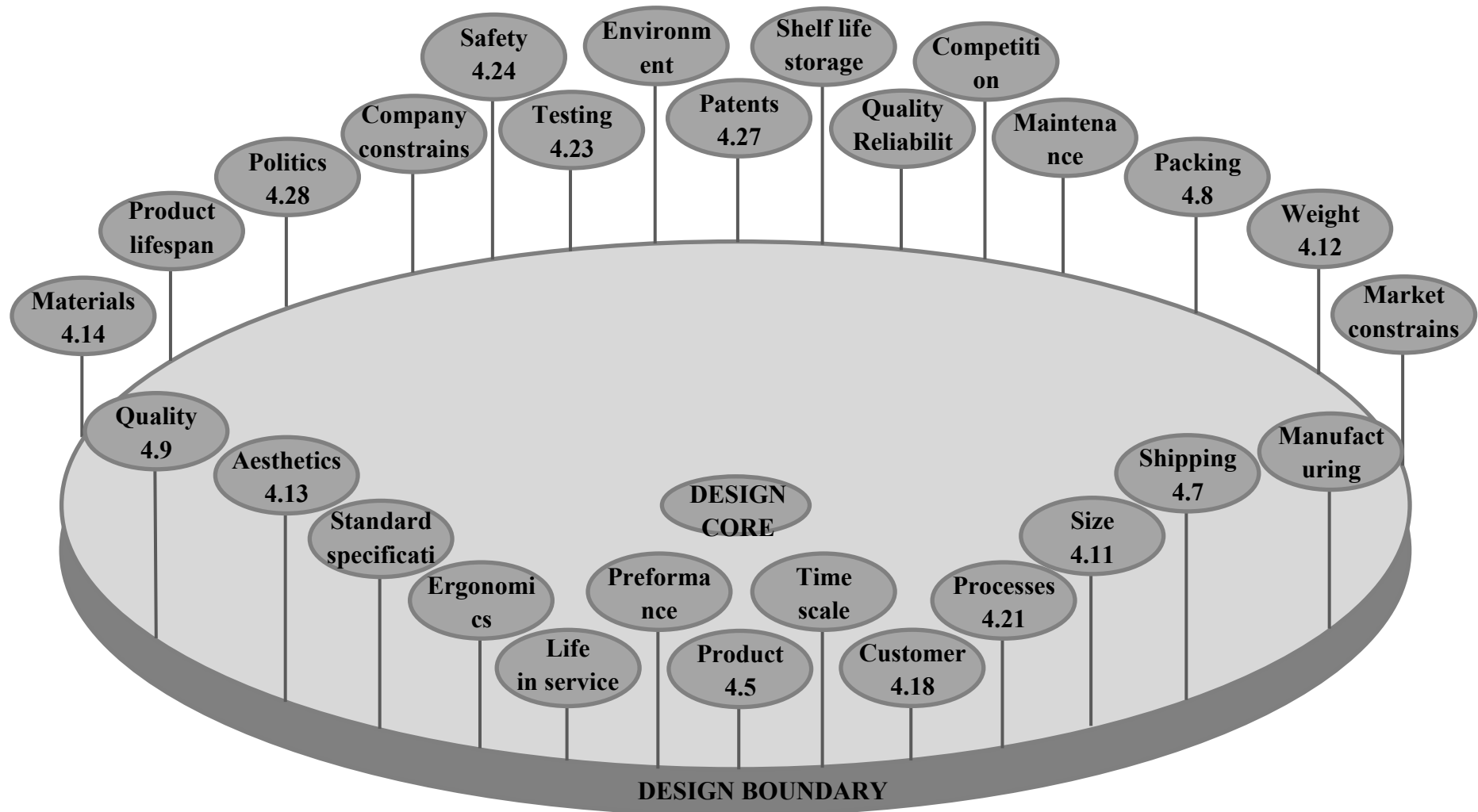
Chalmers Tekniska Högskola		Utökad Kravspecifikation			
Utfärdare: Max Wallskog & Joel Olsson					
Intressent	Kriterier	Kontrollmetod	Målvärde	K/Ö	Pughs ballonger
Omrörare					
Användare	Hållfasthet nedesta paret omrörararmar	Hållfasthetsberäkning	438 Nm/arm	Krav	4.14 4.24 4.19 4.1 4.12
Användare	Utbytbara armar ovan och underifrån	Funktionskontroll	Ja	Ö3	4.3 4.15 4.4 4.6 4.7
Användare	Urtagbar omrörare vid minimal takhöjd	Linjal	Ja	Ö2	4.4 4.11 4.18 4.5 4.17 4.24 4.6 4.2
Användare	Urtagbar omrörare vid minimal frigång från mark	Linjal	Ja	Ö2	4.4 4.11 4.18 4.5 4.17 4.24 4.6 4.2
Försäljning	Skärhöjd armar	Linjal	20<H<33mm	Krav	4.24 4.11 4.5 4.1
Försäljning	Symmetriskt utformade armar i skärriktning	Visuell kontroll	Ja	Krav	4.4 4.19 4.5 4.3 4.15
Användare	Passform mellan armar och axel	Skjutmått	0.5 mm	Krav	4.19 4.5 4.3 4.4 4.21
Produktion	Antal tillverkningsmetoder	Räkna	3 st	Ö3	4.21 4.22 4.5 4.19
Produktion	Omrörare utformade efter tillgängliga tillverkningsmetoder	Tillverkningsunderlag	Ja	Krav	4.10 4.11 4.5 4.25 4.19
Produktion	Undvika svetsning som tillverkningsmetod	Tillverkningsunderlag	Ja	Ö4	4.14 4.15 4.19 4.8 4.10 4.21 4.5 4.7
Användare	Livslängd armar	Slitagekontroll	35000 cykler	Ö3	4.18 4.5 4.1 4.3 4.15 4.6
Försäljning	Kostnad för omrörare	Priskontroll	<7200 Kr	Krav	4.5 4.26 4.18 4.1 4.14 4.10
Försäljning	Kostnad för omrörare	Priskontroll	<6000 Kr	Ö5	4.5 4.26 4.18 4.1 4.14 4.10
Användare	Armar vars utformning ej tillåter ansamling av trasor	Funktionskontroll	Ja	Ö2	4.4 4.3 4.14 4.24 4.6
Försäljning	Enkel montering av omröraren	Funktionskontroll	Ja	Ö3	4.21 4.22 4.5 4.19
Sandnivåmätare					
Användare	Möjlighet att justerbar sandnivåmätare från utsidan av maskin	Funktionskontroll	Ja	Ö2	4.18 4.5 4.1 4.17 4.24 4.23 4.6 4.4
Användare	Sandnivåmätarens förmåga att enbart känna av sand, ej org.mtrl	Funktionskontroll	Ja	Krav	4.18 4.19 4.6 4.5 4.1
Användare	Underhållsfri sandnivåmätare	Slitagekontroll	Ja	Ö3	4.19 4.4 4.18 4.5 4.3 4.15 4.6
Försäljning	Kostnad för sandnivåmätare	Priskontroll	<4000 Kr	Ö5	4.6 4.26 4.5
Användare	Sandnivåmätarens tålighet mot omgivning	IP-klass kontroll	IP65	Krav	4.19 4.18 4.5 4.3 4.16 4.15 4.24
Användare	Sandnivåmätarens okänslighet för olika sandkornsstorlekar	Funktionskontroll	Ja	Krav	4.6 4.18 4.1 4.24 4.19 4.2
Användare	Höjd för sandmätarmekanism	Linjal	<50mm	Ö3	4.6 4.4 4.8 4.12 4.11 4.18 4.5 4.2
Användare	Höjd för sandmätarmekanism	Linjal	<80mm	Krav	4.6 4.4 4.8 4.12 4.11 4.18 4.5 4.2
Användare	Bredd för sandnivåmätarmekanism	Linjal	∅ 250mm	Krav	4.6 4.4 4.8 4.12 4.11 4.18 4.5
Användare	Sandnivåmätarens okänslighet mot påverkan från omgivningen	Funktionskontroll	Ja	Ö4	4.12 4.6 4.4 4.5 4.1 4.3 4.24 4.2
Användare	Livslängd Sandnivåmätare	Slitagekontroll	175 000 cykler	Ö4	4.18 4.5 4.1 4.3 4.15 4.6

Bilaga 4 Kommentarer till krav och önskemål

Slutgiltig kravspecifikation med kommentarer

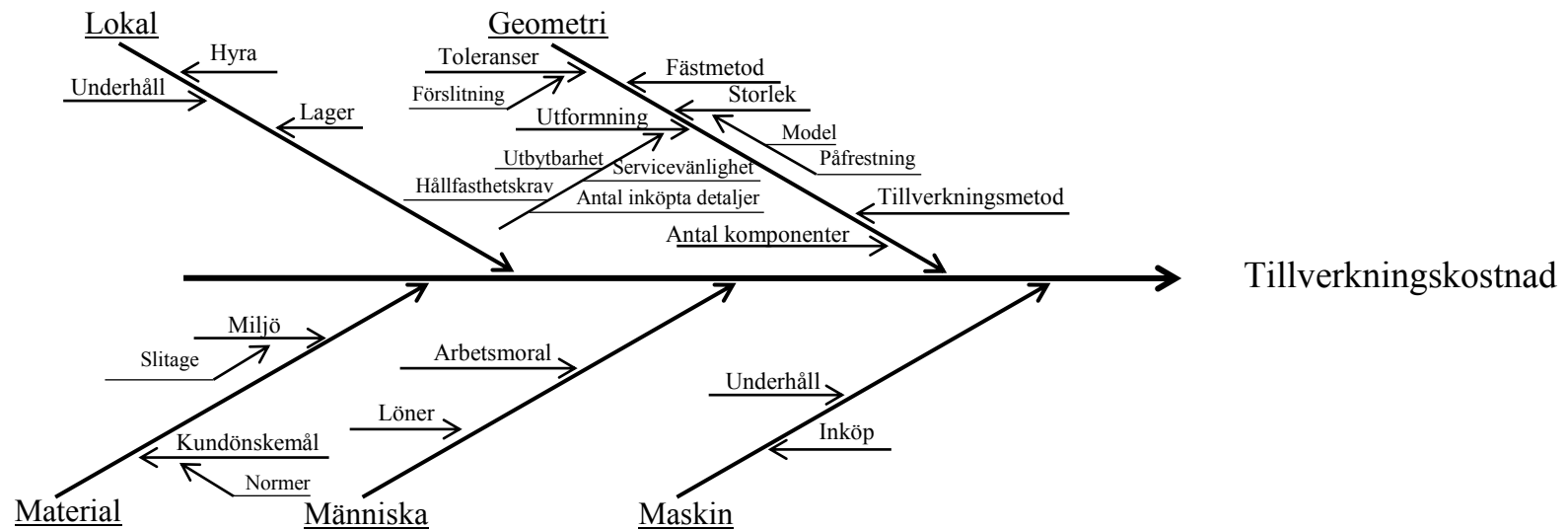
Intressent	Kriterier	Målvärde	Kommentar
Omrörare			
Användare	Hållfasthet nedsta paret omrörararmar	438 Nm/arm	Räknat på halva motorns märkmoment
Användare	Utbytbara armar ovan och underifrån	Ja	För att underlätta scervice av tvätten
Användare	Urtagbar omrörare vid minimal takhöjd	Ja	Total höjd för sandtvätt 3205mm
Användare	Urtagbar omrörare vid minimal frigång från mark	Ja	Minimal frigång 5mm
Försäljning	Skärhöjd armar	20<H<33mm	För att ge en tillräckligt god omrörande effekt
Försäljning	Symmetriskt utformade armar i skärriktning	Ja	Inga sneda krafter som uppkommer pga. rot.hastighet
Användare	Passform mellan armar och axel	0.5 mm	För att ett för stort glapp mellan delarna ej ska uppstå
Produktion	Antal tillverkningsmetoder	3 st	Färre tillverkningsmetoder och därmed lägre kostnad
Produktion	Omrörare utformade efter tillgängliga tillverkningsmetoder	Ja	Se kapitlet Alternativ tillverkning
Produktion	Undvika svetsning som tillverkningsmetod	Ja	Se kapitel Nuvarande tillverkning
Användare	Livslängd armar	35000 cykler	Räknat på 2 tvättcykler/h i två år
Försäljning	Kostnad för omrörare	<7200 Kr	Maximala priset för omröraren, material + tillverkning
Försäljning	Kostnad för omrörare	<6000 Kr	Mål för prissänkning, material + tillverkning
Användare	Armar vars utformning ej tillåter ansamling av trasor	Ja	För att minska underhållet på tvätten
Försäljning	Enkel montering av omröraren	Ja	För lägre tillverkningskostnad
Sandnivåmätare			
Användare	Möjlighet att justerbar sandnivåmätare från utsidan av maskin	Ja	För att underlätta justeringen vid instalation
Användare	Sandnivåmätarens förmåga att enbart känna av sand, ej org.mtrl	Ja	För en korrekt mätning av sandnivån i tvätten
Användare	Underhållsfri sandnivåmätare	Ja	Minder underhåll ger nöjdare kunder
Försäljning	Kostnad för sandnivåmätare	<4000 Kr	För att uppnå en kostnadssänkning
Användare	Sandnivåmätarens tålighet mot omgivning	IP65	Inkapsling och IP-klassning på elektronik
Användare	Sandnivåmätarens okänslighet för olika sandkornsstorlekar	Ja	Olika förutsättningar i olika reningsverk
Användare	Höjd för sandmätarmekanism	<50mm	Innebära en säkerhetsmarginal för motorns placering
Användare	Höjd för sandmätarmekanism	<80mm	Maximala höjden motorn får höjas
Användare	Bredd för sandnivåmätarmekanism	Ø 250mm	Diametern mellan växelns infästningsbultar (figur 8.1)
Användare	Sandnivåmätarens okänslighet mot påverkan från omgivningen	Ja	För att ej ge felaktig utmatningssignal vid miljöförändring
Användare	Livslängd Sandnivåmätare	175 000 cykler	Räknat på två tvättcykler/h i tio år

Bilaga 5 Pughs Ballonger

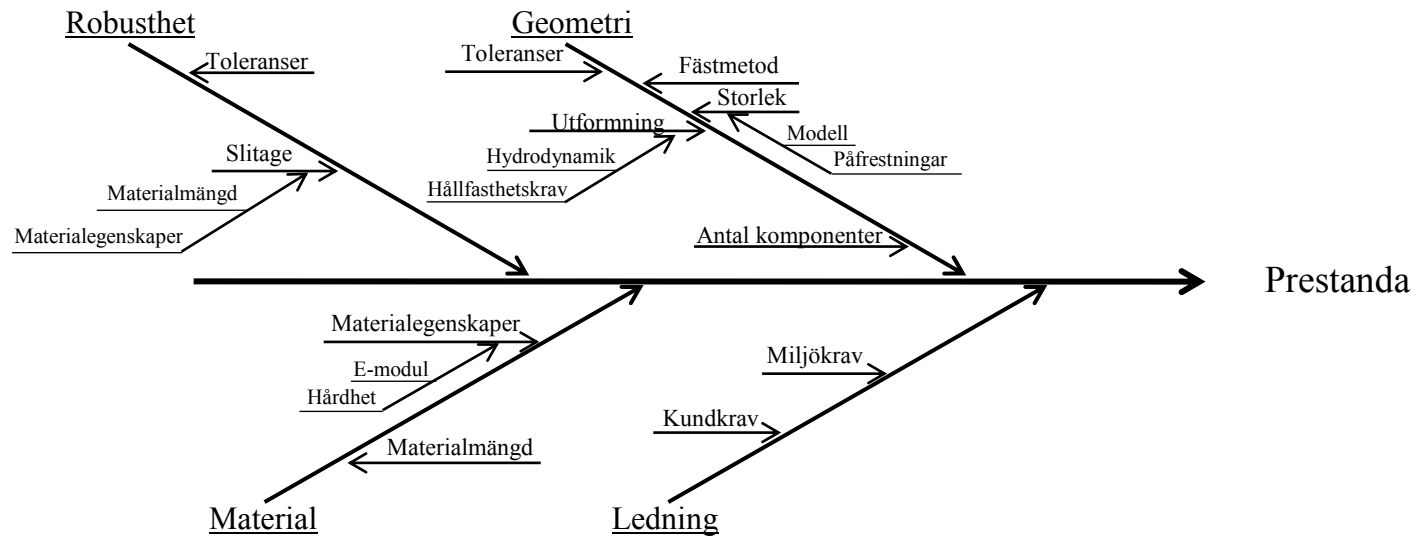


Hjälplista över innehållet i en kravspecifikation

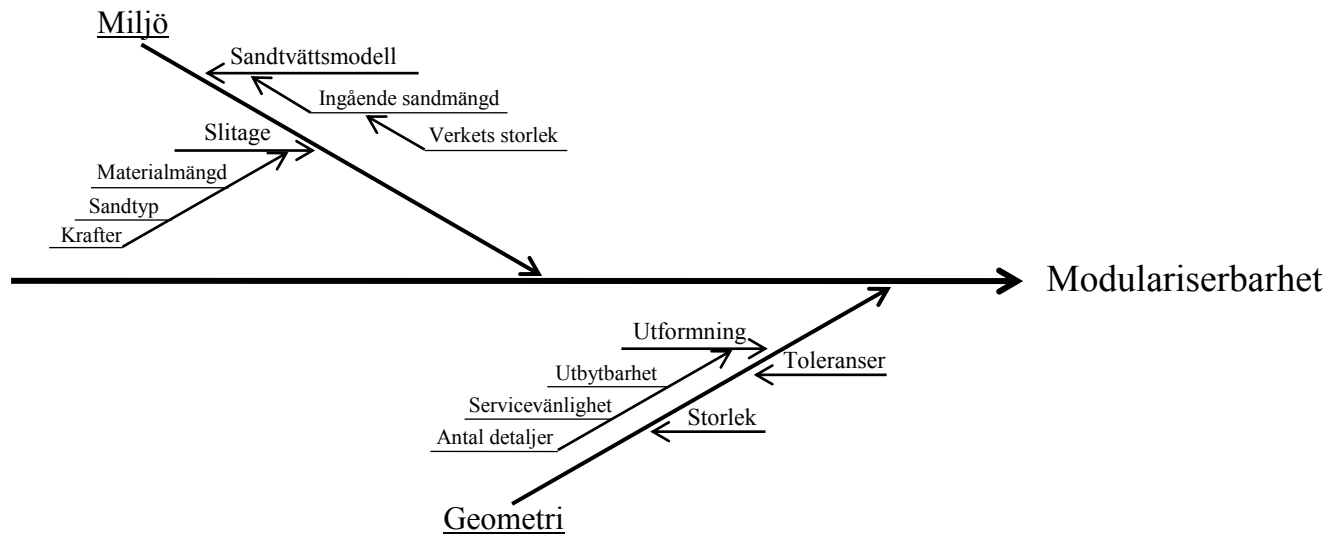
Bilaga 6 Fiskbensdiagram



Fiskbensdiagram över tillverkningskostnad



Fiskbensdiagram över prestanda



Fiskbensdiagram över modulariserbarhet

Bilaga 7 Bortsorterade sandmätningkoncept

De sandmätningkoncept som blivit bortsorterade blev det framförallt på grund av att de inte uppfyller kravet om ett lågt pris.

Momentgivare

Detta bygger på en färdig givare som fästs på axeln. Den mäter en vridning i axeln som uppkommer på grund av motståndet i sanden. Detta översätts till ett moment vilket i sin tur kan översättas till en sandnivå. Detta är ett koncept som tros fungera men på grund utav ett högt pris går det inte vidare för utvärdering. Enligt Lehnert[7] på HBM Sverige kunde en färdig givare kosta från 15 000 och uppåt.

Induktiv givare som mäter avstånd mellan två tappar

Detta koncept fungerar på ett liknande sätt som tidigare. Det man mäter är vridningen i röret som uppstår på grund av armarnas momentpåslag då sanden kommer upp i rätt nivå. Detta skulle göras med hjälp utav en induktiv givare som mäter tiden mellan två pinnar som passerar. Dessa pinnar sitter placerade en på den inre axeln och en på röret. Förändringen i avstånd mellan dessa pinnar kommer motsvara en sandnivå.

För att göra denna metod noggrannare kan ett frihjul monteras som kopplar bort övriga armar. Mätningen skall då göras när motorn roterar åt motsatt håll och frihjulet frihjular. Anledningen till ett frihjul är att de armar som hela tiden ligger i sandbädden slits med tiden vilket kommer göra att dessa inte kommer ge lika stort moment och mätningen blir oexakt över tid.

Utan ett frihjul anses inte denna metod fungera och med frihjulet blir det en så pass dyr lösning att detta inte går vidare för utvärdering. Priset på lämpligt frihjul uppgick till 2970 euro/st vilket fick efter kontakt med Gustafsson[8] på IG Components. Bidragande orsaker till det höga priset var att det skall tåla den korrosiva miljö den utsätts för, den måste även klara av att ta upp en viss axiell kraft då omröraren endast är fäst i motorn.

Ultraljudsgivare/Ekolod

För att undvika mekaniska delar togs idéer fram som innebar att en givar monteras i toppen utav tvätten, skannar av sandbädden och mäter sandnivån.

Efter kontakt med olika leverantörer av givare upptäcktes det att detta inte var något som skulle fungera. Denna typ av givare klarar inte av att skilja på de material som finns i tvätten vilket gör att detta inte går vidare till fortsatt utvärdering.

Bilaga 8 Bortsorterade omrörarkoncept

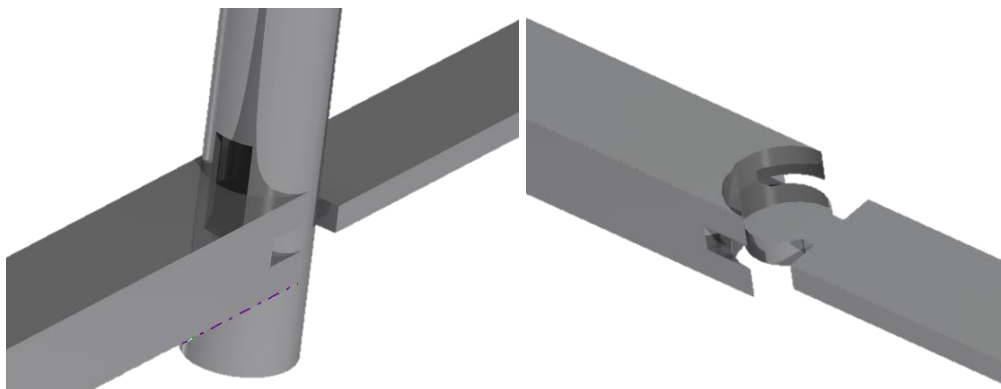
Utöver de koncept som tidigare presenterats har andra typer utav utformning på armarna diskuterats. Till exempel att armarna skall vara formade på ett sätt som gör att de hjälper till att lyfta sandbädden. Detta medför krafter i axialled vilket kräver lager som kan ta upp dessa krafter. Efter den initiala kravspecifikationen bestämdes det att detta inte var något man vill gå vidare med på grund av ökade kostnader.

Röraxel

Detta koncept består utav en röraxel med rektangulära hål där armar med spår skall placeras. Armarna monteras genom att skjutas in i axeln för att sedan vridas så att de låses i radiell riktning. Två plåtar med axelns runda form i ena änden monteras på armens undersida och ovansida. Detta för att hindra armen från att rotera och lossna från sitt fäste, se figur 1.

Anledningen till att detta koncept inte gick vidare för utvärdering var framförallt på grund av att den ansågs för vek. En röraxel är från början svagare än vad en solid axel är, efter ytterligare ingrepp kommer den dessutom att försvagas ytterligare.

En solid axel med diametern 40mm har en vridspänning på 70 MPa vid märkmomentet, medans ett rör med en diameter på 42,2mm och en tjocklek på 3,2mm får en vridspänning på strax under 100 MPa. Detta är en säkerhetsfaktor på 2 då sträckgränsen för materialet ligger på ungefär 200MPa. Detta tillsammans med antagandet om en hög spänningskoncentration och risk till glapp i armens infästning i axeln efter en tid i drift gör att detta koncept inte uppfyller kraven. Dessutom kostar en röraxel med ovan angivna mått ca 740kr medans en solid axel kostar ca 800kr. Detta anses inte heller var en tillräckligt stor skillnad för att motivera en röraxel (Be-group 2014)



Figur 1 Koncept med röraxel

Genomgående armar

Här görs ett genomgående rektangulärt hål i axeln. Armen träs igenom och på denna fästs ytterligare plåtar för fixering, se figur 2 och 3. Även här antas stora försvagningar i axeln som gör att detta koncept inte går vidare till utvärdering.



Figur 2 Konceptet genomgående armar

I ett tvärsnitt vid ett hål kommer nu den area som är kvar av axeln att motsvara en solid axel med diametern 31,6mm. Detta kommer vid dimensionerande belastning att ge den en utböjning på ca 17cm och en vridspänning på cirka 140MPa. Då dagens axel endast uppnår halva vridspänningen och böjer ut cirka 6,5cm gör det tillsammans med antagandet om spänningskoncentrationer att detta koncept inte går vidare. Gängade armar in i axel alternativt in i varandra.



Figur3 Konceptet genomgående armar ovanifrån

Gängade armar

I detta koncept gängas armarna för att sedan skruvas fast i axeln eller i den andra armen i armparet, se figur 4 och 5. Fördelen med detta är att synliga skruvskallar som annars snabbt slits ner undviks. Det ger en konstruktion där armarna antas vara enklare att byta.

Nackdelen är att både armar och axel måste gängas vilket är en kostsam tillverkningsprocess. Detta anses vara ett så pass dyrt alternativ att det inte går vidare för utvärdering.



Figur 4 Gängade armar, gängas i axel

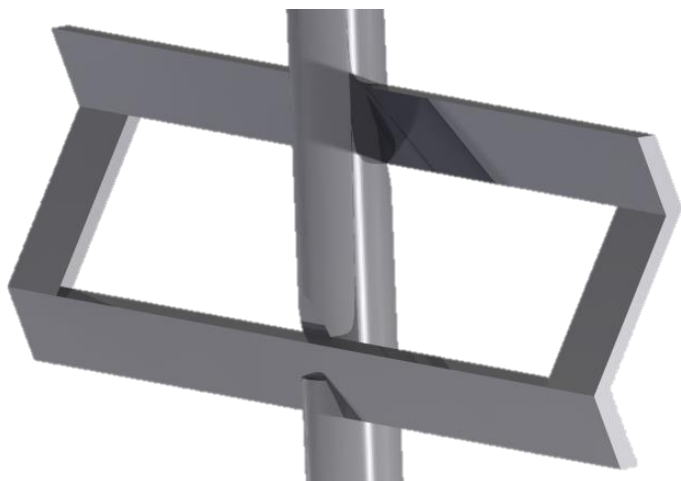


Figur 5 Gängade armar, gängas i varandra

Självspännande armar

Detta koncept bygger på en idé om självspännande armar. Tanken är ett sammansatt armpar med ett avstånd mellan armarna som är lite större än avståndet mellan armarnas fästen i axeln. Vid monteringen pressas armarna ihop något för att sedan släppas när de är på plats i sina fästen. Utformningen av fästena i axeln och spänningen i armarna gör då att de sitter kvar på sin plats.

Att detta koncept ej gått vidare beror framförallt på svårigheter vid montering men också på grund av höga spänningar i axeln vid vridning med märkmomentet. På grund av de tappar som måste göras i axeln kommer den kvarvarande arean av axeln att motsvara en diameter på cirka 23mm. Utsätts axeln för ett vridmoment i storlek med märkmomentet (875Nm) kommer detta att ge upphov till en vridspänning i axeln på ungefär 366MPa vilket är nästa dubbla materialets sträckgräns, se bilaga(9). Vid montering måste armarna böjas för att fås på plats, visualisering i Catia gav att utböjningen ungefär bör vara 24 mm, se Bilaga(9). Med givna dimensioner på mellanarmen (B=50mm, H=12mm, L=100mm) krävs det en kraft på ungefär 101kN per arm. Detta anses vara en orimligt hög kraft som talar mot detta koncept.



Figur 6 Konceptet självspännande armar



Figur 7 Axel till självspännande armar

Gummiarmar

En tidig idé var att göra armarna i en gummityp som under drift skulle böja ut för att undvika ansamling på armen. Det positiva med detta skulle vara en relativt billig tillverkning. Armarna skulle kunna tillverkas raka, men under drift, ändå fungera som svängda. Rätt val av gummisort tänktes även kunna ge armarna en något längre livslängd då gummi är betydligt segare än rostfritt stål.

Nordic Water Products ABs säljare Mikael Hansson och Niklas Rössborn ansåg dock detta att vara en svårsåld lösning då branschen generellt är väldigt inriktad mot rostfritt stål vilket ledde till att detta koncept inte gick vidare till utvärderingen.

Även osäkerheter om hur mycket gummit kommer böja ut vertikalt under drift på grund av sandens tyngd var också en bidragande faktor.

Bilaga 9 Beräkningar

I detta kapitel beräknas kraften som påverkar en omröraraxeln och vidare vilken spänning och utböjning detta ger. Även den kraft som erfordras för att kunna montera de självspännande armarna beräknas. De ekvationer som används är:

$$\text{Böjande kraft på grund av märkmomentet} = \frac{M_{\text{märk}}}{L_{\text{arm}}} \quad (1)$$

$$\text{Utböjning} = w(L) = \frac{F * L_{\text{axel}}^3}{3EI} \quad (2)$$

$$\text{Max skjuvspänning} = \tau_{\text{max}} = \frac{M_{\text{märk}}}{W_v} \quad (3)$$

$$\text{Kraft vid böjning (självspännande armar)} = \frac{w(L) * 3EI}{L_{\text{mellanarm}}^3} \quad (4)$$

$M_{\text{märk}} = \text{Märkmomentet}$

$L_{\text{arm}} = \text{Längden på en arm}$

$F = \text{Böjande kraften}$

$L_{\text{axel}} = \text{Längden på omröraraxel}$

$E = \text{Materialets } E - \text{modul}$

$I = \text{Yttröghetsmomentet}$

$W_v = \text{Geometriberoende storhet}$

$L_{\text{mellanarm}} = \text{Mellanarmens längd (självspännande armar)}$

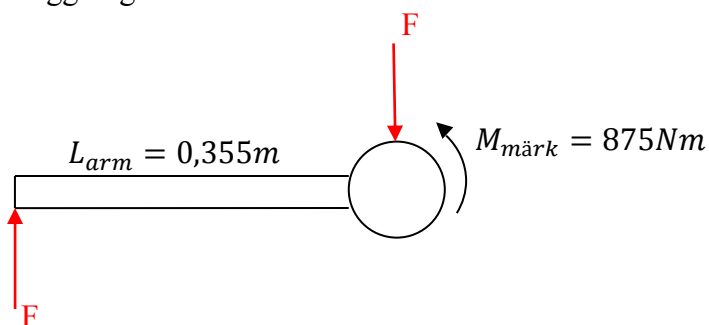
(Dahlberg 2001)

Dagsläget

I detta avsnitt beräknas den kraft som kan komma att påverka axeln samt vilken utböjning och spänning detta ger upphov till i dagsläget.

Maximalt böjande kraft som påverkar axeln:

Friläggning:



Förenklad bild över axel och en arm

$$F = \frac{M_{m\ddot{a}r\ddot{k}}}{L_{arm}} = \frac{875}{0,355} \approx 2,46 \text{ kN}$$

Utböjning för axel i dagsläget

$$E = 200 \text{ GPa}$$

$$I = \frac{\pi * D^4}{64} = \frac{\pi * 0,04^4}{64} = 0,126 * 10^{-6}$$

Förenklad bild över utböjd axel

$$\text{Utböjning} = w(L) = \frac{F * L_{axel}^3}{3EI} = \frac{2,46 * 10^3 * 1,26^3}{3 * 200 * 10^9 * 0,126 * 10^{-6}} \approx 0,0651$$

Skjuvspänning vid vridning i dagsläget

$$\text{Max skjuvspänning} = \tau_{max} = \frac{M_{märk}}{W_v}$$

$$W_v = \frac{\pi * D^3}{16} = \frac{\pi * 0,04^3}{16} \approx 12,57 * 10^{-6}$$

$$M_{märk} = 875$$

$$\tau_{max} = \frac{875}{12,57 * 10^{-6}} \approx 69,6 * 10^6 Pa \approx 70 MPa$$

Utböjning och vridspänning med röraxel

$$I = \pi R^3 t = \pi * 0,0215^3 * 0,003 = 94 * 10^{-9}$$

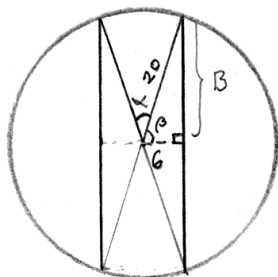
$$\begin{aligned} \text{Utböjning} = w(L) &= \frac{F * L_{axel}^3}{3EI} = \frac{2,46 * 10^3 * 1,26^3}{3 * 200 * 10^9 * 94 * 10^{-9}} \approx 0,0873 \\ &= 8,73 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$W_v = 2\pi R^2 t = 2\pi * 0,0216^2 * 0,0032 = 9,381$$

$$\tau_{max} = \frac{875}{9,381 * 10^{-6}} \approx 93 * 10^6 Pa = 93 MPa$$

Genomgående armar

(mm)



$$\cos \beta = \frac{6}{20} \Rightarrow \beta = \cos^{-1} \frac{6}{20} \approx 72,5^\circ$$

$$\Rightarrow \alpha = 2(90 - 72,5) = 35^\circ \approx \frac{7\pi}{36} \text{ rad}$$

Genomskärning av axel, genom ett hål för armar

Area hel cirkel:

$$A = 2 * \frac{\frac{7\pi}{36}}{2} * 0,02^2 \approx 0,0002443m^2$$

Area trianglar

$$B = \sqrt{0,02^2 - 0,006^2} \approx 0,0191m$$

$$A = 4 * \frac{0,0191 * 0,006}{2} \approx 0,000229m^2$$

Bortskuren area

$$A_{bort} = 0,0002443 + 0,000229 \approx 0,000473m^2$$

Kvarvarande area:

$$A_{kvar} = \pi * 0,02^2 - 0,000473 \approx 0,0007834m^2$$

Detta motsvarar radien:

$$r = \sqrt{\frac{0,0007834}{\pi}} \approx 0,0158m = 15,8mm$$

Utböjning och vridspänning:

$$I = \frac{\pi D^4}{64} = \frac{\pi * 0,0315^4}{64} = 48 * 10^{-9}$$

$$\begin{aligned} \text{Utböjning} = w(L) &= \frac{FL_{axel}^3}{3EI} = \frac{2,46 * 10^3 * 1,26^3}{3 * 200 * 10^9 * 48 * 10^{-9}} \approx 0,171m \\ &= 17,1cm \end{aligned}$$

$$W_v = \frac{\pi D^3}{16} = \frac{\pi * 0,0315^3}{16} \approx 6,137 * 10^{-6}$$

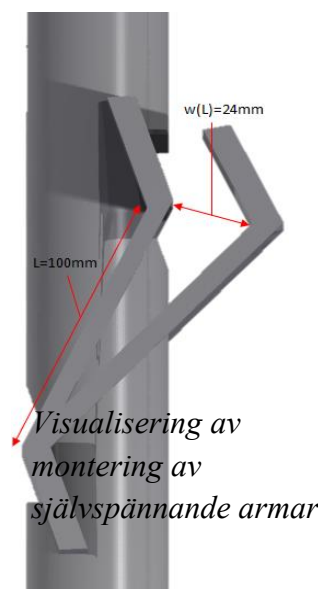
$$\text{Vridspänning} = \tau_{max} = \frac{875}{6,137 * 10^{-6}} \approx 142,6 * 10^6 Pa \approx 143MPa$$

Självspännande armar

$$W_v = \frac{\pi D^3}{16} = \frac{\pi * 0,023^3}{16} \approx 2,39 * 10^{-6}$$

$$\text{Vridspänning} = \tau_{max} = \frac{875}{2,39 * 10^{-6}} \approx 366 * 10^6 Pa \approx 366MPa$$

$$\text{Kraft vid böjning} = F = \frac{w(L) * 3EI}{L_{mellanarm}^3}$$



Bilaga 10 DFA-analyser över samtliga utvärderade koncept

FS 2xBock Nit

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 824	77%		212	214%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		

FS 2xBock Svets

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrö...[1]									0		368	57%		127,2	471%
Ax...t]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Ar...t]	9	3	9	3	3	1	1	9	76	53%			30,8		
Ar...t]	9	3	9	3	3	1	1	9	76	53%			30,8		
Ar...t]	9	3	9	3	3	1	1	9	76	53%			30,8		
Ar...t]	9	3	9	3	3	1	1	9	76	53%			30,8		

FS 2xBock Skruv

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 824	77%		212	214%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		

FS 2xBock Krymp

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 728	73%		336,8	340%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		
Armpar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	80	56%			14,8		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		

FS 2xBock Lim

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		368	57%		127,2	471%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armapar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	76	53%			30,8		
Armapar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	76	53%			30,8		
Armapar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	76	53%			30,8		
Armapar [3] [2 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	76	53%			30,8		

ATPA 2xBock Nit

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 810	79%		173,4	181%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [5] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Nit [6] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	96	67%			6,8		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	96	67%			6,8		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	96	67%			6,8		
Skruv [7] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		
Nit [6] [12 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	720	83%			74,4		

ATPA 2xBock Svets

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		676	67%		133,8	319%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [5] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	80	56%			22,8		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	80	56%			22,8		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	80	56%			22,8		
Skruv [7] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		

ATPA 2xBock Skruv

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 810	79%		173,4	181%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [5] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Skruv [7] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	96	67%			6,8		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	96	67%			6,8		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Arm_2bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	96	67%			6,8		
Skruv [7] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		
Skruv [7] [12 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	720	83%			74,4		

ATPA 2xBock Krymp

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
☐ Omrörare [1]									0		1 750	76%		266,6	278%
☞ Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
☞ Armpar [5] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
☞ Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		
☞ Rördistans [6] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
☞ Arm_bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	96	67%			6,8		
☞ Rördistans [6] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
☞ Arm_bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	96	67%			6,8		
☞ Rördistans [6] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
☞ Arm_bock [3] [2 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	108	75%			6,4		
☞ Skruv [7] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		
☞ Krympkil [4] [12 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	672	78%			136,8		

ATPA 2xBock Lim

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
☐ Omrörare [1]									0		676	67%		133,8	319%
☞ Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
☞ Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
☞ Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
☞ Armpar_bock [5] [2 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	80	56%			22,8		
☞ Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
☞ Armpar_bock [5] [2 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	80	56%			22,8		
☞ Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
☞ Armpar_bock [5] [2 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	80	56%			22,8		
☞ Skruv [6] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		

ATPA Krymp

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Agg Score						
									Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 882	75%		277,2	264%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		
Rördists [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
Rördists [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
Rördists [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
Skruv [6] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		
Krympkil [4] [12 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	672	78%			136,8		

ATPA Lim

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Agg Score						
									Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		796	65%		168	329%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
Rördists [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	120	56%			34,2		
Rördists [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	120	56%			34,2		
Rördists [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	120	56%			34,2		
Skruv [5] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		

ATPA Nit

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Agg Score						
									Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 954	78%		183,6	175%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Rördists [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
Rördists [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
Rördists [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
skruv [6] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		
Nit [4] [12 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	720	83%			74,4		

ATPA Skruv

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 954	78%		183,6	175%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
Rördistans [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
Rördistans [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
Rördistans [5] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	9	9	144	67%			10,2		
Skruv [4] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		
Skruv [4] [12 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	720	83%			74,4		

ATPA Svets

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		796	65%		168	329%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	120	56%			34,2		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	120	56%			34,2		
Rördistans [4] [1 st]	9	9	9	9	9	3	9	9	66	92%			3		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	3	1	9	120	56%			34,2		
Skruv [5] [1 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	60	83%			6,2		

FS Krymp

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 888	71%		366,4	330%
Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		
Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
Krympkil [4] [6 st]	9	9	9	9	1	9	1	9	336	78%			68,4		

FS Nit

ponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 984	74%		241,6	218%
• Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
• Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
• Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
• Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
• Nit [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		

FS Skruv

ponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		1 984	74%		241,6	218%
• Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
• Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
• Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
• Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	9	3	120	56%			22,2		
• Skruv [4] [6 st]	9	9	9	9	3	9	3	9	360	83%			37,2		

FS Svets

ponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
Omrörare [1]									0		520	56%		188,8	484%
• Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
• Armpar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		

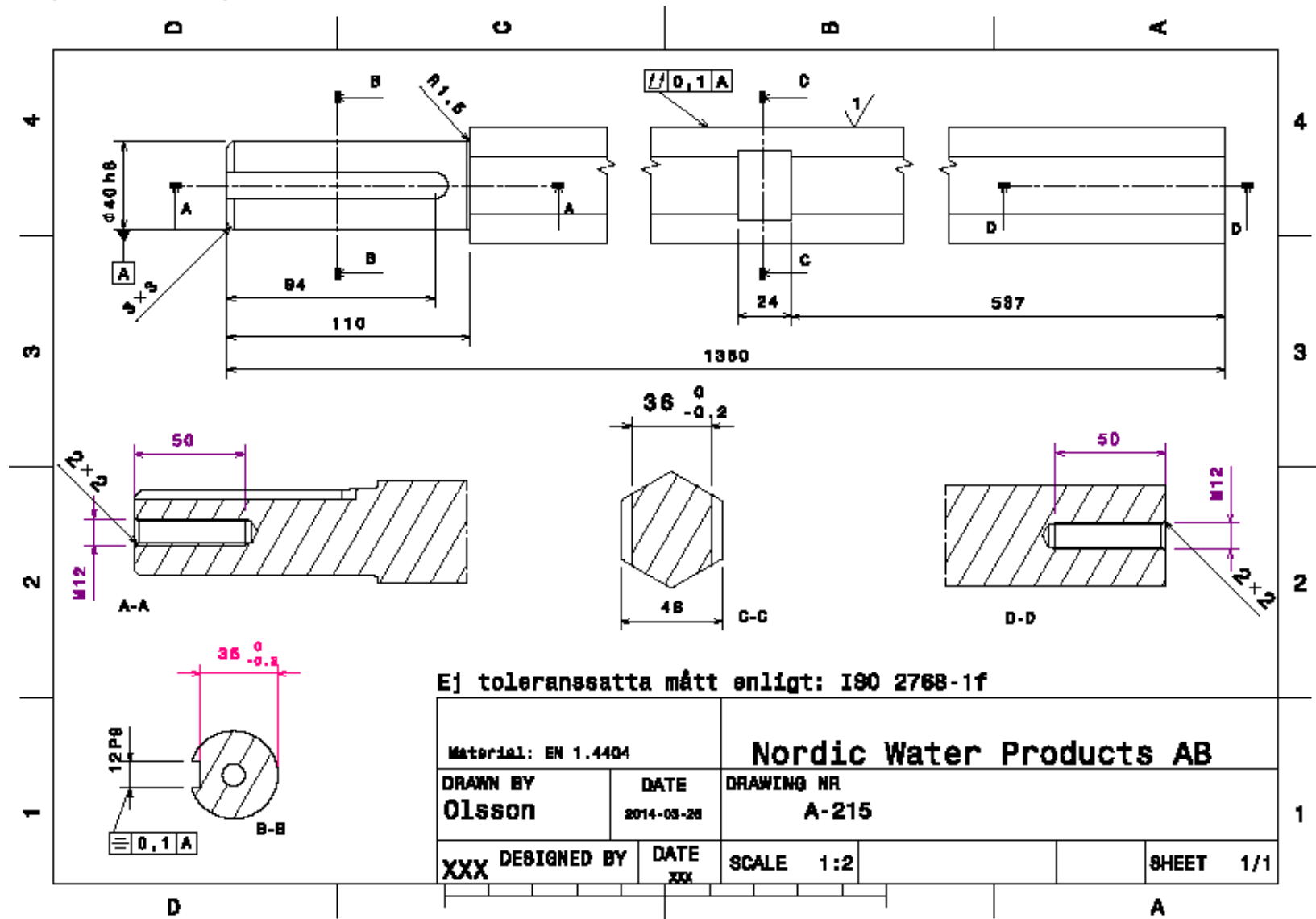
FS Lim

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
☐ Omrörare [1]									0		520	56%		188,8	484%
☑ Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
☑ Armapar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
☑ Armapar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
☑ Armapar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		
☑ Armapar [3] [3 st]	9	3	9	3	3	1	1	9	114	53%			46,2		

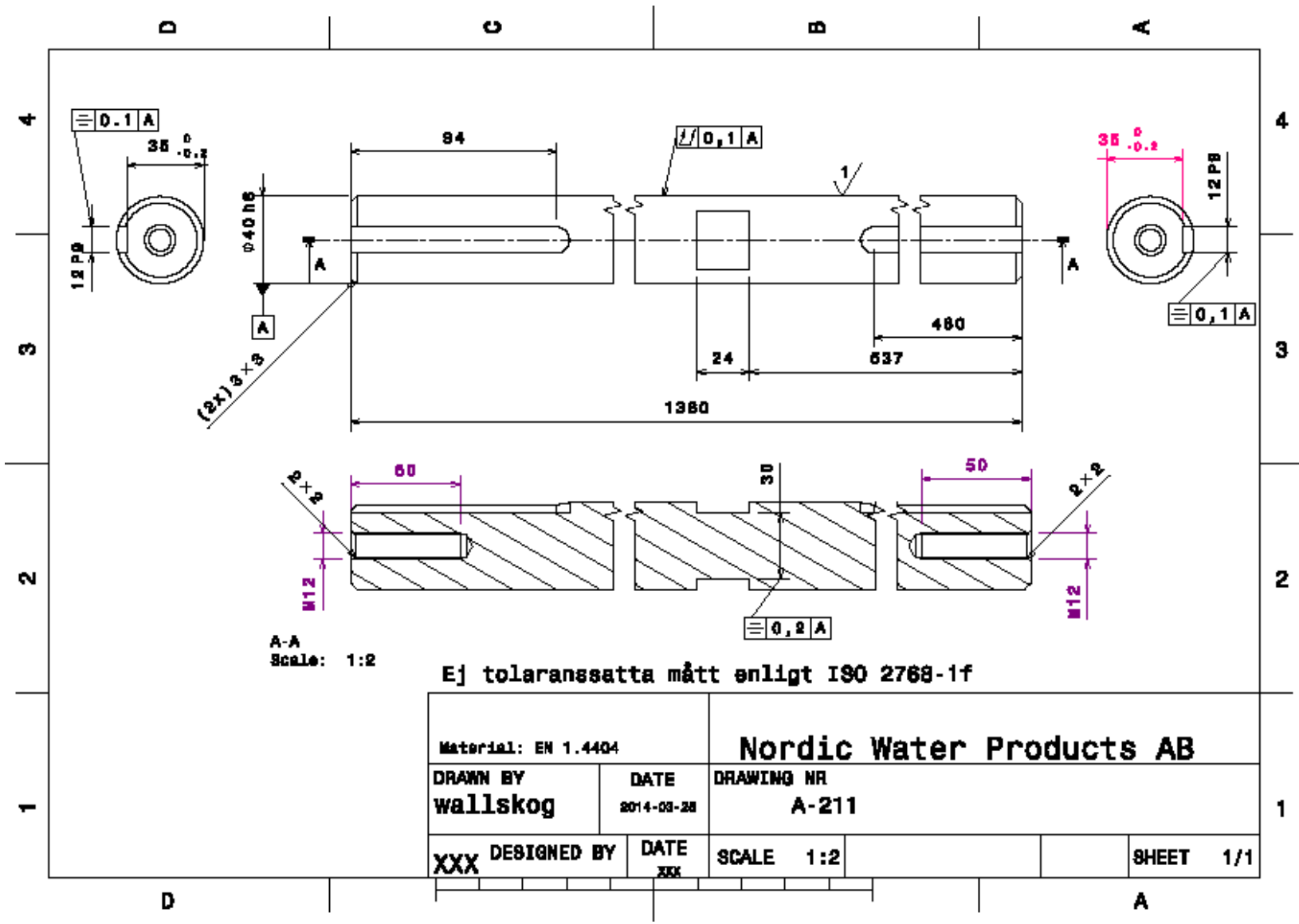
Befintlig Omrörare

Komponent	Need to...le part	Grippin...y hand	Reachability	Insertion	Tolerances	Holdin... parts	Fasten...ethod	Separat...rations	Score	Score (%)	Agg Score	Agg Score (%)	Time	Agg Time	Agg Time (%)
☐ Omrörare [1]									0		520	52%		212,1	505%
☑ Axel [2] [1 st]	9	1	9	9	9	9	9	9	64	89%			4		
☑ Skopa [5] [1 st]	9	1	3	3	3	1	1	3	24	33%			20,9		
☑ Arm [3] [1 st]	9	3	9	1	3	1	1	3	30	42%			15,7		
☑ Ändplåt [4] [1 st]	9	9	9	1	9	1	1	3	42	58%			15,5		
☑ Arm [3] [1 st]	9	3	9	1	3	1	1	3	30	42%			15,7		
☑ Ändplåt [4] [1 st]	9	9	9	1	9	1	1	3	42	58%			15,5		
☑ Arm [3] [1 st]	9	3	9	1	3	1	1	3	30	42%			15,7		
☑ Ändplåt [4] [1 st]	9	9	9	1	9	1	1	3	42	58%			15,5		
☑ Arm [3] [1 st]	9	3	9	1	3	1	1	3	30	42%			15,7		
☑ Ändplåt [4] [1 st]	9	9	9	1	9	1	1	3	42	58%			15,5		
☑ Arm [3] [1 st]	9	3	9	1	3	1	1	3	30	42%			15,7		
☑ Ändplåt [4] [1 st]	9	9	9	1	9	1	1	3	42	58%			15,5		
☑ Arm [3] [1 st]	9	3	9	1	3	1	1	3	30	42%			15,7		
☑ Ändplåt [4] [1 st]	9	9	9	1	9	1	1	3	42	58%			15,5		

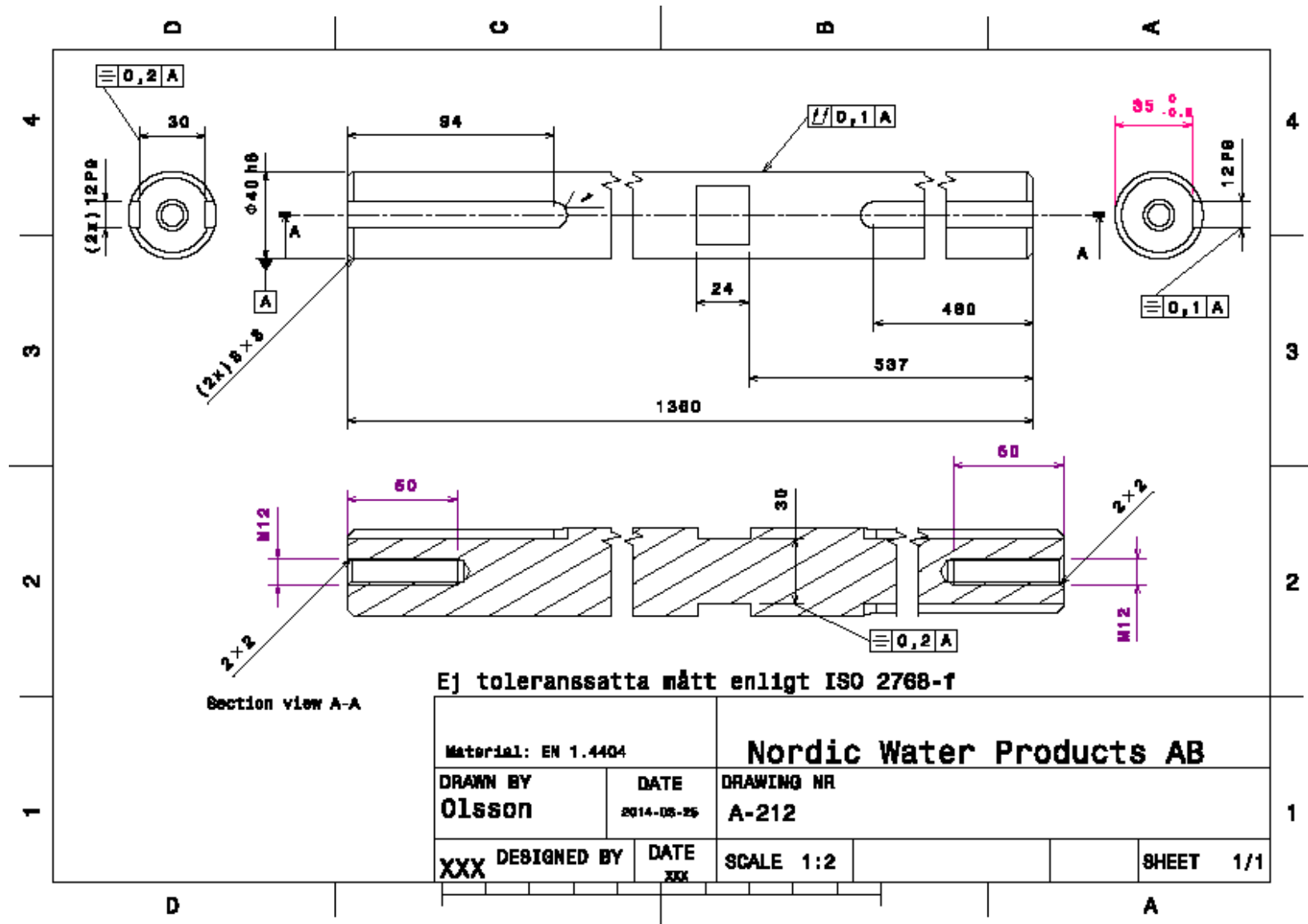
Bilaga 11 Ritningar- Axlar



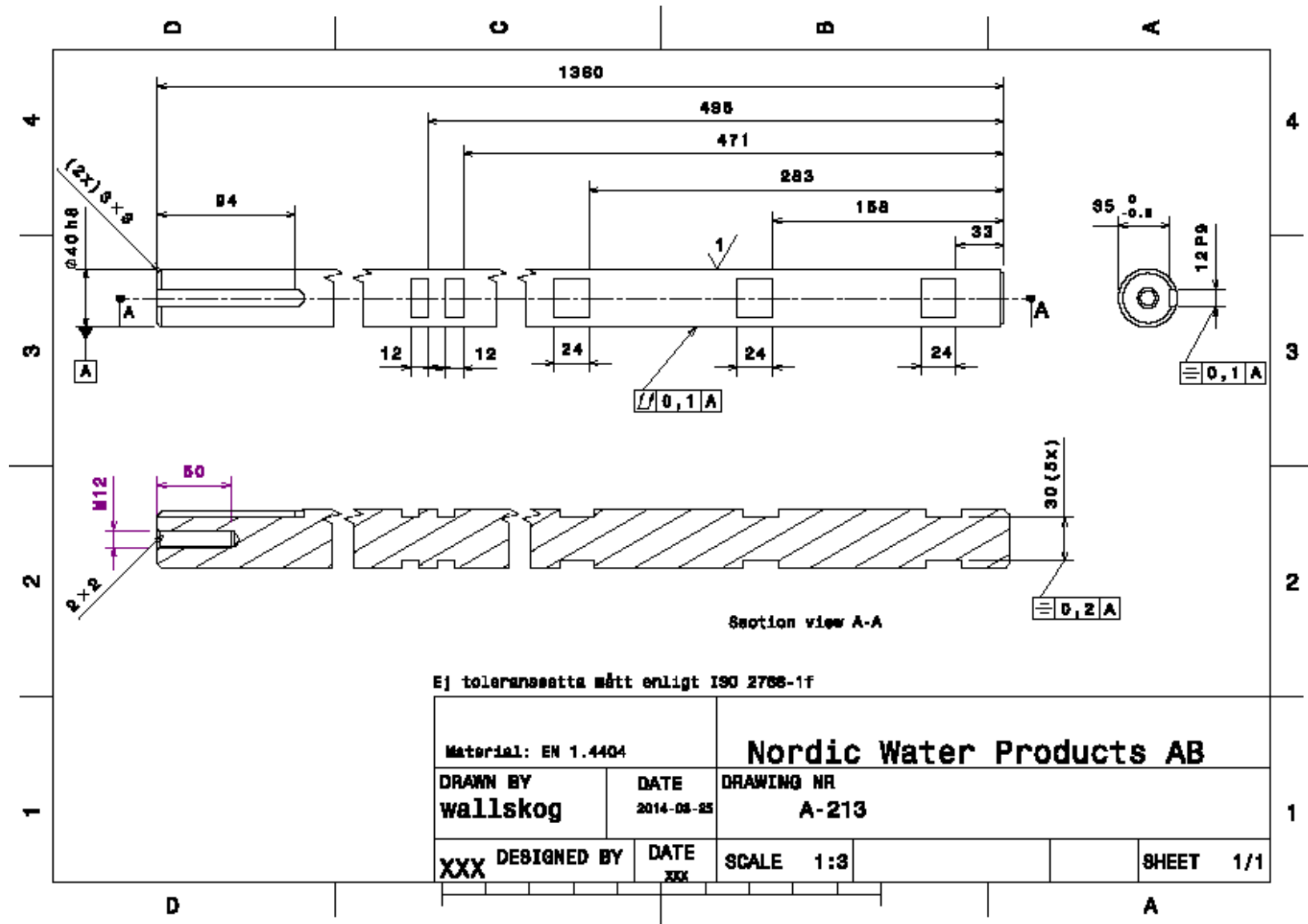
Ritning sexkantsaxel



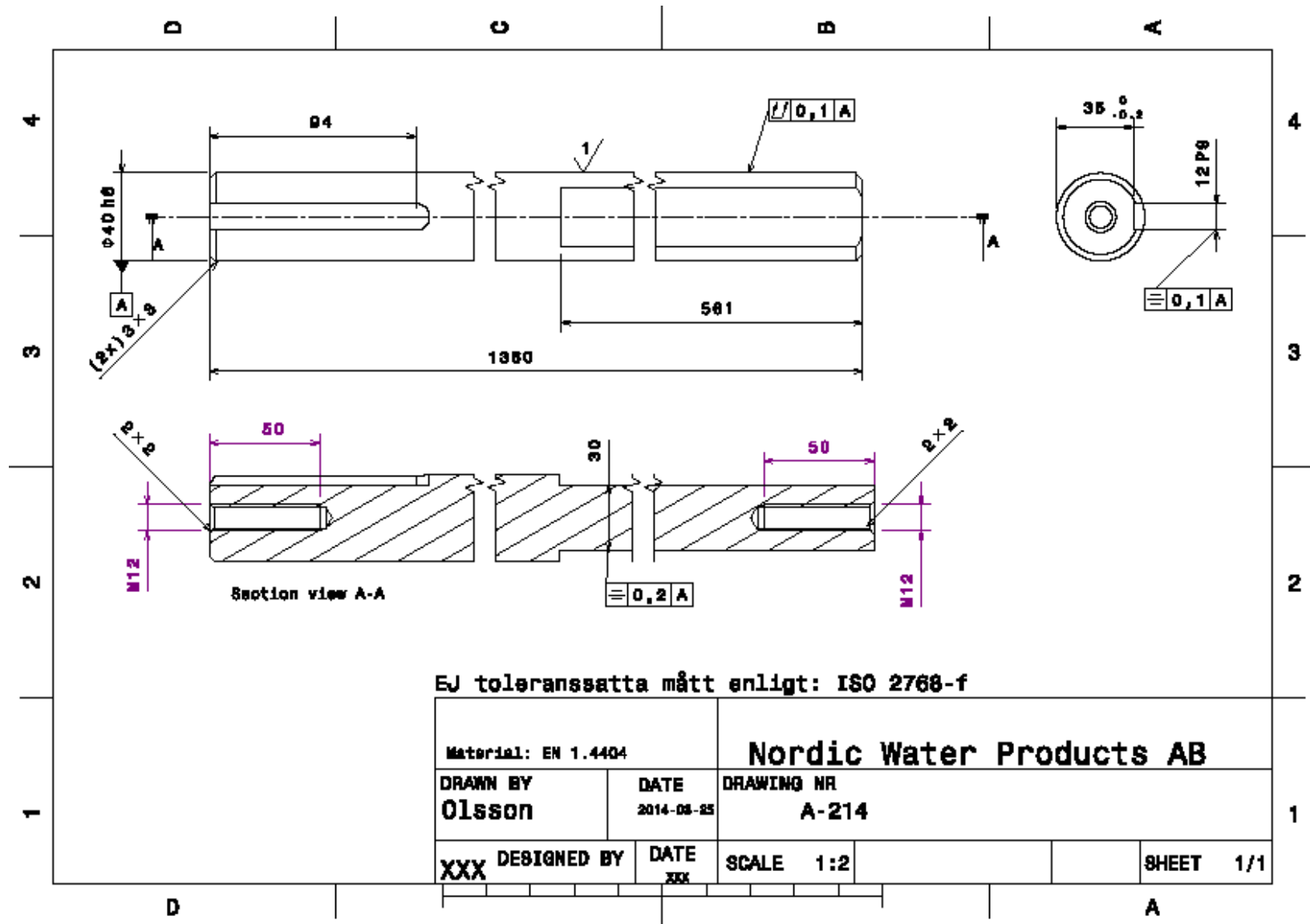
Ritning av axel med ett kilspår



Ritning av axel med två kilspår



Ritning av axel med frästa spår



Ritning av axel med två planspår

Bilaga 12 Pughs matris Sandnivåmätare

Resultat för Pughs matris av sandnivåmätare

Chalmers Tekniska Högskola		Pughs matris Sandnivåmätare						
Utfärdare: Max Wallskog, Joel Olsson		Utfärdad: 3/4 2014	Koncept					
nr	Önskemål	Referens Befintlig omrörare	1	2	3	4	5	6
1	Enkel justering från utsidan	0	0	0	-1	-1	-1	-1
2	Underhållsfri	0	0	0	-1	-1	-1	-1
3	Konkurrenskraftigt pris	0	1	1	1	1	1	1
4	Låg höjd	0	-1	0	-1	-1	-1	-1
5	Okänslig mot omgivningen	0	0	0	0	0	0	0
6	Lång livslängd	0	0	1	0	0	0	0
	Antal +	0	1	2	1	1	1	1
	Antal 0	6	4	4	2	2	2	2
	Antal -	0	-1	0	-3	-3	-3	-3
	Netto	0	0	2	-2	-2	-2	-2

Bilaga 13 Pughs matris Omrörare

Resultat för Pughs matris av omrörare

Chalmers Tekniska Högskola		Pughs matris Omrörare																														
Utfärdare: Max Wallskog, Joel Olsson		Utfärdad: 3/4 2014	Koncept																													
nr	Önskemål	Referens: Befintlig omrörare	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Urtagbar omrörare uppåt	0	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2	1	1	1	3	1	2	2	2	2	2
2	Urtagbar omrörare nedåt	0	1	1	1	2	1	3	3	3	3	3	1	1	1	2	1	3	3	3	3	3	1	1	1	2	1	3	3	3	3	3
3	Utbytbarhet av armar uppåt	0	2	2	2	3	2	1	1	1	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	2	1	1	1	1	
4	Utbytbarhet av armar nedåt	0	2	2	2	3	2	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	
5	Få antal tillverkningsmetoder	0	0	0	0	-1	0	-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-3	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-3	-2
6	Ej svetsnings som tillv.metod	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0
7	Lång livslängd	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
8	Armar tillåter ej ansamling	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
9	Enkel montering av omrörare	0	-3	0	-1	-1	0	-1	1	0	0	1	-3	0	-1	-1	0	-1	1	0	0	1	-2	1	0	0	1	-1	1	1	1	
10	Billig tillverkning	0	3	3	3	-2	3	2	2	2	-3	2	3	3	3	-2	3	2	2	2	-3	2	-1	-1	-1	-3	-3	0	0	0	-3	0
	Summa av +	0	16	16	16	18	13	18	19	18	16	16	14	14	14	16	11	16	17	16	14	14	11	12	11	16	9	14	15	15	15	12
	Summa av 0	10	1	2	1	0	3	0	0	1	1	1	0	1	0	0	2	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	2
	Summa av -	0	3	0	1	4	0	2	1	1	-5	1	-4	1	2	-5	1	3	-2	2	6	2	4	2	2	5	4	3	2	2	6	2
	Netto	0	13	16	15	14	13	16	18	17	11	15	10	13	12	11	10	13	15	14	8	12	7	10	9	11	5	11	13	13	9	10

Bilaga 14 Kesselringmatrix Sandnivåmätare

Resultat för Kesselringmatrix av sandmätare

Chalmers Tekniska Högskola		Kesselringmatrix Sandmätare													
Utfärdare: Max Wallskog & Joel Olsson					Utfärdad: 3/4 2014										
Kriterier			Alternativ												
			Ideal		Koncept 1		Koncept 2		Koncept 3		Koncept 4		Koncept 5		Koncept 6
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Enkel justering från utsidan	2	5	10	4	8	4	8	2	4	2	4	2	4	2	4
Underhållsfri	3	5	15	3	9	5	15	2	6	2	6	2	6	2	6
Konkurrenskraftigt pris	5	5	25	2	10	4	20	2	10	3	15	2	10	2	10
Låg höjd	3	5	15	2	6	5	15	3	9	3	9	2	6	2	6
Okänslig mot omgivningen	4	5	20	3	12	4	16	3	12	3	12	3	12	3	12
Lång livslängd	4	5	20	3	12	5	20	3	12	4	16	4	16	4	16
Total		30	105	17	57	27	94	15	53	17	62	15	54	15	54

Bilaga 15 Kesselringmatrix Omrörare

Resultat för Kesselringmatrix av omrörare

Chalmers Tekniska Högskola			Kesselringmatrix Omrörare																			
Utfärdare: Max Wallskog & Joel Olsson			Utfärdad: 28/3 2014																			
Kriterier			Koncept																			
			Ideal			2		3		4		6		7		8		10		17		18
Namn	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t	
Urtagbar omrörare uppåt	2	5	10	2	4	3	6	3	6	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	
Urtagbar omrörare nedåt	2	5	10	1	2	2	4	2	4	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	
Utbytbarhet av armar uppåt	3	5	15	3	9	3	9	4	12	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	
Utbytbarhet av armar nedåt	3	5	15	2	6	2	6	3	9	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	
Få antal tillverkningsmetoder	3	5	15	5	15	5	15	3	9	5	15	5	15	5	15	5	15	3	9	3	9	
Undvika svetsnings som tillverkningsmetod	4	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	0	0	5	20	5	20	
Lång livslängd	3	5	15	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	3	9	3	9	
Armar tillåter ej ansamling	2	5	10	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	4	8	2	4	2	4	
Enkel montering av omrörare	3	5	15	3	9	2	6	2	6	2	6	4	12	3	9	4	12	4	12	3	9	
Billig tillverkning	5	5	25	4	20	4	20	2	10	4	20	4	20	4	20	4	20	4	20	4	20	
Total		50	150	33	105	34	106	32	96	37	113	39	119	38	116	34	99	34	106	33	103	

Bilaga 16 FMEA Sandnivåmätare

Resultat för FMEA av Kapacitiv givare

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis - Feleffektanalys)

Huvudsistem/Main system		Artikelbenämning/Part name			Ritn nr/Dwg No.				Leverantör/Supplier							
Sandmätning		Kapacitiv givare							Nordic Water							
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by		Status - hårdvara/Status - hardware				Projekt/Project		Utgåva/Issue				
Mäta sand		2014-04-08								Examensarbete-Omrörare		1				
ARTIKEL/PART		FELKARAKTÄRISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ATGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS						
Nr/No	Funktion/Function	Feltyp/Failure mode	Felorsak/ Causes of failure	Feleffekt på komponent/syst.	Proving/ Testing	Po	S	Pd	RPN	Rekommenderad åtgärd/ Recommendations	Beslutad åtgärd/ Decisions taken	Po	S	Pd	RPN	Ansvar avd/sign
1	Mäta sand	Inkorrekt mätning	Felprogrammerad	Fel sandnivå	Installation	2	2	1	4							
				Tappad funktion	Installation	2	7	1	14							
			Påverkas av omrörare	För låg sandnivå	Prototyp	5	2	2	20							
			Vattenskadad givare	Fel sandnivå	Felmeddelande	2	2	3	12							
				Tappad funktion	Felmeddelande	2	7	3	42							
			Givare defekt från fabrik	Fel sandnivå	Installation	2	2	2	8							
				Tappad funktion	Installation	2	7	2	28							
			Givare skadad pga yttre påverkan	Fel sandnivå	Felmeddelande	3	2	4	24							
				Tappad funktion	Felmeddelande	3	7	4	84							
			Densitetsändring utav sanden	Fel sandnivå	Service	3	2	9	54							
				Tappad funktion	Service	3	7	9	189	Använda sand från aktuellt verk vid inställning	Tillägg i instalationsmanual	2	7	9	126	
			Densitetsändring utav organiskt avfall	Fel sandnivå	Service	3	2	9	54							
				Tappad funktion	Service	3	7	9	189	Använda sand från aktuellt verk vid inställning	Tillägg i instalationsmanual	2	7	9	126	
			Material fastnar framför givare	Fel sandnivå	Regelbunden kontroll	2	2	5	20							
				Tappad funktion	Regelbunden kontroll	2	7	5	70							

Resultat för FMEA av Rörvidare (funktion 1)

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis - Feleffektanalys)

Huvudsystem/Main system		Artikelbenämning/Part name			Ritn nr/Dwg No.				Leverantör/Supplier								
Sandmätning		Rörvidare							Nordic Water								
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by			Status - hårdvara/Status - hardware			Projekt/Project		Utgåvar/Issue					
Mäta sand		2014-04-08								Examensarbete-Omrörare		1					
ARTIKEL/PART		FELKARAKTÄRISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ÅTGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS							
Nr/No	Funktion/Function	Feltyp/Failure mode	Felorsak/Causes of failure	Feleffekt på komponent/syst.	Provning/Testing	Po	S	Pd	RPN	Rekommenderad åtgärd/Recommendations	Beslutad åtgärd/Decisions taken	Po	S	Pd	RPN	Ansvar avd/sign	
1	Ta upp moment	Ta upp för lite moment	För små armar	För mycket sand i tvätten	Prototyp	3	2	3	18								
				Tappad funktion	Prototyp	3	7	3	63								
			Slitna armar	För mycket sand i tvätten	Vid service	7	2	4	56								
				Tappad funktion	Vid service	7	7	4	196	Se till att service görs, bytas vid behov	Se till att service görs, bytas vid behov	7	7	2	98		
			Skadade armar	För mycket sand i tvätten	Vid service	6	2	3	36								
				Tappad funktion	Vid service	6	7	3	126	Se till att service görs, bytas vid behov	Se till att service görs, bytas vid behov	6	7	2	84		
				Skadad sandtvätt	Vid service	6	6	3	108	Se till att service görs, bytas vid behov	Se till att service görs, bytas vid behov	6	6	2	72		
			Låg densitet på sanden	För mycket sand i tvätten	Vid inställning	3	2	8	48								
				Tappad funktion	Vid inställning	3	7	8	168	Använda sand som kommer från aktuellt verk vid inställning	Använda sand som kommer från aktuellt verk vid inställning	1	7	8	56		
		Ta upp för stort moment	Hög densitet på sand	För lite sand i tvätten	Vid inställning	3	2	8	48								
				Motor klarar ej av omrörning	Vid inställning	3	5	8	120	Använda sand som kommer från aktuellt verk vid inställning	Använda sand som kommer från aktuellt verk vid inställning	1	5	8	40		
			Bildats ansamling på armen	För lite sand i tvätten	Regelbunden visuell kontroll	8	2	7	112	Se till att kontroll görs, utforma så att ansamling ej sker	Utforma så att ansamling ej sker	3	2	7	42		
				Motor klarar ej av omrörning	Regelbunden visuell kontroll	8	5	7	280	Se till att kontroll görs, utforma så att ansamling ej sker	Utforma så att ansamling ej sker	3	5	7	105		

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis - Feleffektanalys)

Huvudsystem/Main system		Artikelbenämning/Part name			Ritn nr/Dwg No.				Leverantör/Supplier							
Sandmätning		Tryckfjäder							Nordic Water							
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by			Status - hårdvara/Status - hardware			Projekt/Project		Utgåva/Issue				
Mäta sand		2014-04-08								Examensarbet-omrörare		1				
ARTIKEL/PART		FELKARAKTÄRISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ÅTGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS						
Nr/No	Funktion/Function	Feltyp/Failure mode	Felorsak/Causes of failure	Feleffekt på komponent/syst.	Provning/Testing	Po	S	Pd	RPN	Rekommenderad åtgärd/Recommendations	Beslutad åtgärd/Decisions taken	Po	S	Pd	RPN	Ansvar avd/sign
1	Ta upp moment	Ta upp för lite moment	För små armar	För mycket sand i tvätten	Prototyp	3	2	3	18							
				Tappad funktion	Prototyp	3	7	3	63							
			Slitna armar	För mycket sand i tvätten	Vid service	7	2	4	56							
				Tappad funktion	Vid service	7	7	4	196	Se till att service görs, bytas vid behov	Se till att service görs, bytas vid behov	7	7	2	98	
			Skadade armar	För mycket sand i tvätten	Vid service	6	2	3	36							
				Tappad funktion	Vid service	6	7	3	126	Se till att service görs, bytas vid behov	Se till att service görs, bytas vid behov	6	7	2	84	
				Skadad sandtvätt	Vid service	6	6	3	108	Se till att service görs, bytas vid behov	Se till att service görs, bytas vid behov	6	6	2	72	
			Låg densitet på sanden	För mycket sand i tvätten	Vid inställning	3	2	8	48							
				Tappad funktion	Vid inställning	3	7	8	168	Använda sand som kommer från aktuellt verk vid inställning	Använda sand som kommer från aktuellt verk vid inställning	1	7	8	56	
		Ta upp för stort moment	Hög densitet på sand	För lite sand i tvätten	Vid inställning	3	2	8	48							
				Motor klarar ej av omrörning	Vid inställning	3	5	8	120	Använda sand som kommer från aktuellt verk vid inställning	Använda sand som kommer från aktuellt verk vid inställning	1	5	8	40	
			Bildats ansamling på armen	För lite sand i tvätten	Regelbunden visuell kontroll	8	2	7	112	Se till att kontroll görs, utforma så att ansamling ej sker	Utforma så att ansamling ej sker	3	2	7	42	
				Motor klarar ej av omrörning	Regelbunden visuell kontroll	8	5	7	280	Se till att kontroll görs, utforma så att ansamling ej sker	Utforma så att ansamling ej sker	3	5	7	105	

Fortsättning av resultat för FMEA av tryckfjäder (funktion 2-3)

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis - Feleffektanalys)

Huvudsystem/Main system		Artikelbenämning/Part name			Ritn nr/Dwg No.				Leverantör/Supplier							
Sandmätning		Tryckfjäder							Nordic Water							
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by		Status - hårdvara/Status - hardware		Projekt/Project		Utgåva/Issue						
Mäta sand		2014-04-08						Examensarbet-omrörare		1						
ARTIKEL/PART		FELKARAKTÄRISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ÅTGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS						
Nr/No	Funktion/Function	Feltyp/Failure mode	Felorsak/ Causes of failure	Feleffekt på komponent/syst.	Provning/ Testing	Po	S	Pd	RPN	Rekommenderad åtgärd/ Recommendations	Beslutad åtgärd/ Decisions taken	Po	S	Pd	RPN	Ansvar avd/sign
2	Överföra Moment	Överför ej moment	Brott i axel	Tappad funktion	Regelbunden visuell kontroll	2	7	7	98							
			Bristande arminfastning	Tappad funktion	Prototyp/Hållfasthetsberäkning	2	7	4	56							
			Skuret lager	Momentöverföring via inneraxel	Vid service	4	7	8	224	Se till att service görs, täta lager	Täta lager	2	7	8	112	
				Lager går sönder	Vid service	4	4	8	128	Se till att service görs, täta lager	Täta lager	2	4	8	64	
3	Mätning	Inkorrekt mätning	Felaktigt val av fjäder	Fel sandnivå	Prototyp	2	2	2	8							
				Tappad funktion	Prototyp	2	7	2	28							
			Felaktig kompression utav fjäder	Fel sandnivå	Prototyp	2	2	2	8							
				Tappad funktion	Prototyp	2	7	2	28							
			Dåligt smord mekanik	Fel sandnivå	Regelbundet underhåll	4	2	7	56							
				Ökat slitage	Regelbundet underhåll	4	5	7	140	Rekommendera smörjningsintervall	Använd dragfjäder, regelbunden smörjning	2	5	7	70	
			Felplacerad givare	Fel sandnivå	Inställning	4	2	4	32							
				Tappad funktion	Inställning	4	7	3	84							
			Sliten givare	Felaktig sandnivå	Service	2	2	8	32							
			Vattenskadad givare	Tappad funktion	Felmeddelande	2	7	2	28							
			Givare defekt från fabrik	Tappad funktion	Installation	2	7	1	14							
			Felkopplad givare	Tappad funktion	Installation	4	7	1	28							
			Skadad givare pga yttre påverkan	Fel sandnivå	Felmeddelande	3	2	4	24							
				Tappad funktion	Felmeddelande	3	7	4	84							

Bilaga 17 FMEA Omrörare

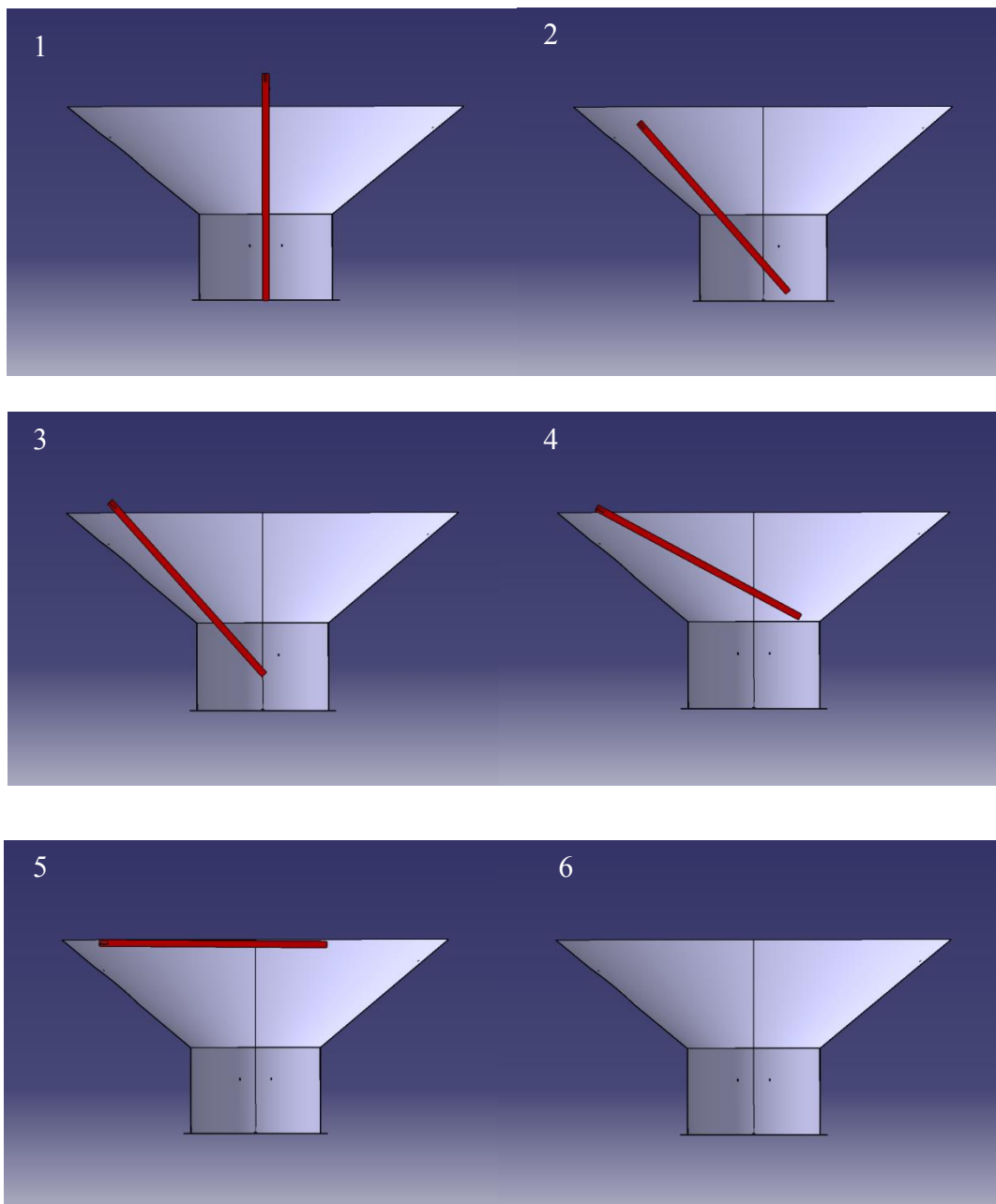
Resultat av FMEA för Frästa spår med rak arm och fästmetod nit

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis - Feleffektanalys)

Huvudsystem/Main system		Artikelbenämning/Part name.				Ritn nr/Dwg No.				Leverantör/Supplier						
Omrörare		FS, nit, rak								Nordic Water						
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by		Status - hårdvara/Status - hardware		Projekt/Project		Utgåva/Issue						
Mäta sand		2014-04-22						Examensarbete-Omrörare		1						
ARTIKEL/PART		FELKARAKTÄRISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ÅTGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS						
Nr/No	Funktion/Function	Feltyp/Failure mode	Felorsak/Causes of failure	Feleffekt på komponent/syst. Effects of failure on part/syst.	Provning/Testing	Po	S	Pd	RPN	Rekommenderad åtgärd/Recommendations	Beslutad åtgärd/Decisions taken	Po	S	Pd	RPN	Ansvar avd/sign
1	Hålla samman armar	Arm lossnar	Sliten nit	Felaktig omrörning	Vid service	2	2	3	12							
				Skada på maskin	Vid service	2	8	3	48							
			Klen nit	Felaktig omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	3	2	2	12							
				Skada på maskin	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	3	8	2	48							
2	Klara av pålagt moment	Böjda armar	Underdimensionerade armar	Felaktig omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	5	2	10							
		Armar brister	Underdimensionerade armar	Felaktig omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	5	2	10							
				Skada på maskin	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	8	2	16							
			Defekter i materialet	Felaktig omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	5	9	45							
				Skada på maskin	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	8	9	72	Kvalitetskrav mot leverantör	Kvalitetskrav mot leverantör	1	8	5	40	
3	Klara av att överföra moment	Moment överförs ej	Felaktigt satta toleranser	Utebliven omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	7	2	28							
			Felaktigt materialval	Utebliven omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	7	2	28							
4	God omrörning	Dålig omrörning	Små armar	Dåligt tvättresultat	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	3	4	2	24							
			Slitna armar	Dåligt tvättresultat	Vid service	5	4	2	40							
			För stora armar	Dåligt tvättresultat	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	4	2	16							
				Överbelastad motor	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	7	2	28							

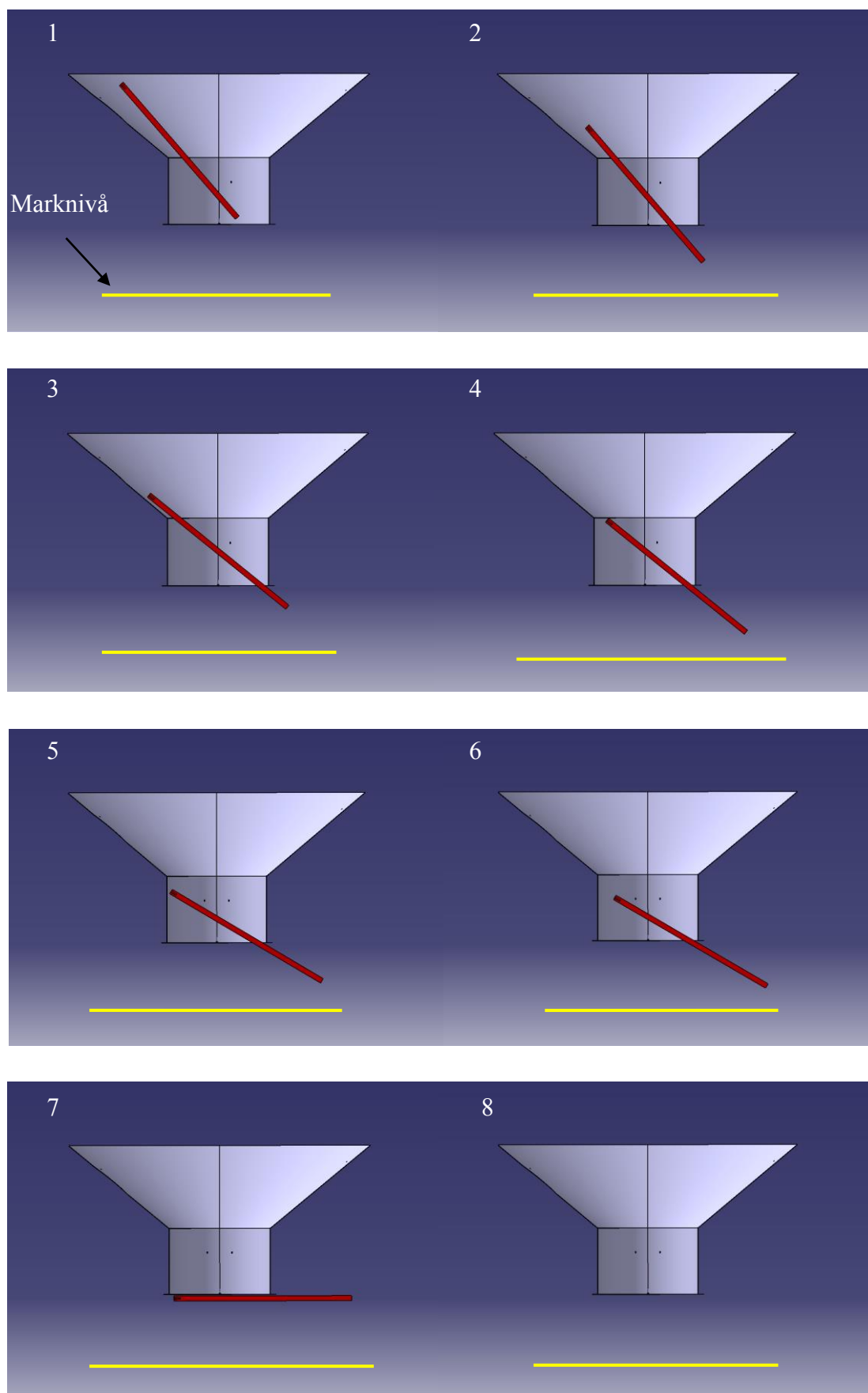
FMEA (Failure Mode and Effects Analysis - Feleffektanalys)

Huvudsystém/Main system		Artikelbenämning/Part name				Ritn nr/Dwg No.				Leverantör/Supplier								
Omrörare		ATPA, Lim, rak								Nordic Water								
Funktion/Function		Datum/Date		Utförd av/Issued by		Status - hårdvara/Status - hardware		Projekt/Project		Utgåva/Issue								
Mäta sand		2014-04-22						Examensarbete-Omrörare		1								
ARTIKEL/PART		FELKARAKTÄRISTIK/CHARACTERISTICS OF FAILURE				RATING				ÅTGÄRD-STATUS/ACTION-STATUS								
Nr/No	Funktion/Function	Feltyp/Failure mode	Felorsak/ Causes of failure	Feleffekt på komponent/syst. Effects of failure on part/syst.	Provning/ Testing	Po	S	Pd	RPN	Rekommenderad åtgärd/ Recommendations	Beslutad åtgärd/ Decisions taken	Po	S	Pd	RPN	Ansvar avd/sign		
1	Hålla samman armar	Arm lossnar	Dåligt lim	Nedsatt omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	2	9	36									
			Sliten skruv	Felaktig omrörning	Vid service	4	5	2	40									
				Skada på maskin	Vid service	4	8	2	64	Skydd mot abrasiv	Försänkning av bottenkruv	2	8	2	32			
				Urgångad skruv	Felaktig omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	5	7	70	Gånga motsatt rotationsriktning, (fästa de nedre armarna i varandra)	Gånga motsatt rotationsriktningen	1	5	7	35		
				Skada på maskin	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	8	7	112	Gånga motsatt rotationsriktning, (fästa de nedre armarna i varandra)	Gånga motsatt rotationsriktningen	1	8	7	56			
2	Klara av pålagt moment	Böjda armar	Underdimensionerade armar	Felaktig omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	5	2	10									
			Armar brister	Underdimensionerade armar	Felaktig omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	5	2	10								
				Skada på maskin	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	8	2	16									
				Defekter i materialet	Felaktig omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	5	9	45								
				Skada på maskin	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	1	8	9	72	Kvalitetskrav mot leverantör	Kvalitetskrav mot leverantör	1	8	5	40			
3	Klara av att överföra moment	Moment överförs ej	Felaktigt satta toleranser	Utebliven omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	7	2	28									
			Felaktigt materialval	Utebliven omrörning	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	7	2	28									
4	God omrörning	Dålig omrörning	Små armar	Dåligt tvättresultat	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	3	4	2	24									
			Slitna armar	Dåligt tvättresultat	Vid service	5	4	2	40									
			För stora armar	Dåligt tvättresultat	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	4	2	16									
				Överbelastad motor	Prototyp/Hållfast hetsberäkning	2	7	2	28									

Bilaga 18 Urtagning av axel uppåt

Bildsekvens för urtagning av bar axel ovanifrån

Bilaga 19 Urtagning av axel nedåt



Bildsekvens för urtagning av bar axel underifrån