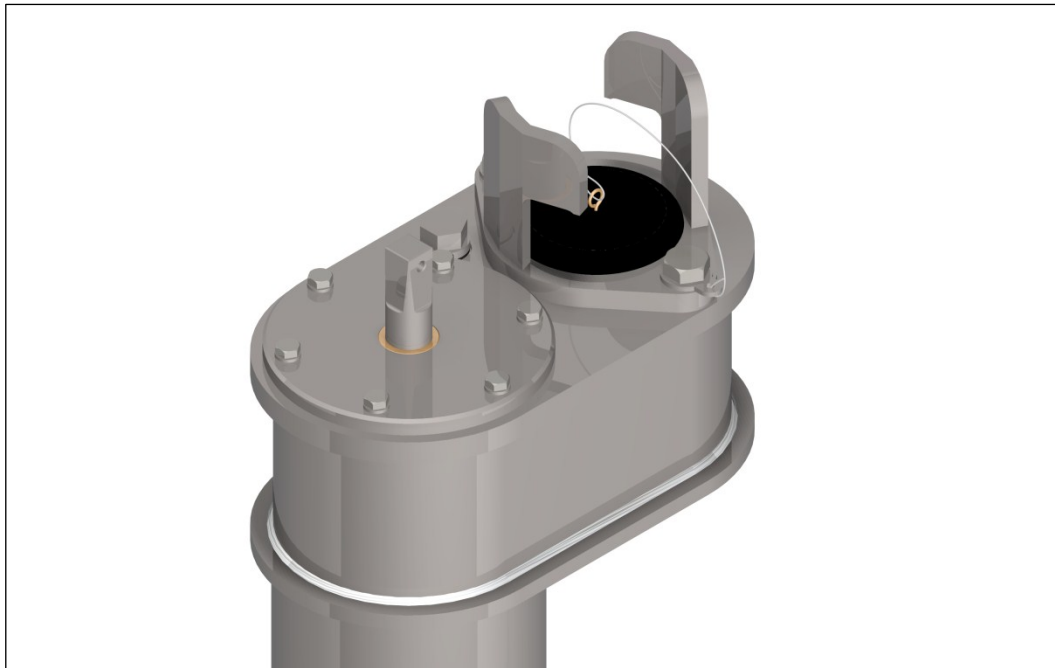


CHALMERS



Produktutveckling av rostfri brandpost för ökad lönsamhet och driftsäkerhet

– CAD och konstruktion

Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Maskinteknik

CARL JOHAN FAGERSTRÖM

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen för Produktutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige, 2012

EXAMENSARBETE INOM CIVILINGENJÖRSPROGRAMMET MASKINTEKNIK

Produktutveckling av rostfri brandpost för ökad lönsamhet och driftsäkerhet

– *CAD och konstruktion*

CARL JOHAN FAGERSTRÖM

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen för Produktutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2012:NN

Produktutveckling av rostfri brandpost för ökad lönsamhet och driftsäkerhet
– CAD och konstruktion
CARL JOHAN FAGERSTRÖM

© CARL JOHAN FAGERSTRÖM, 2012

Examensarbete
Institutionens för Produkt- och produktionsutveckling
Avdelningen för Produktutveckling
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
SE-412 96 Göteborg
Sweden
Telefon + 46 (0) 31-772 1000

Omslag:
Rendering av slutkoncept i Solid Edge ST4

ACKNOWLEDGEMENTS

This report presents my final degree project at Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. The project was mainly carried out at KZ Service in Kungälv between January 2008 and May 2008. I would like to take the opportunity to especially thank the two following people. Samuel Nyman at KZ service for constantly taking the time to listen and discuss different ideas, concepts and for sharing his experience within the area. I would also like to thank my wife Anne Mari for pushing me and encouraging me to finally take the time to finish the report and get my degree.

I would also like to thank my supervisor Professor Hans L Johannesson at the department of Product and Production development for support and for not forgetting the project during the years between when it was carried out and presented.

Finally I send my grateful appreciation to all staff at KZ Service AB and KZ Handels AB for helping out in the workshop and providing me with experience and information.

FÖRORD

I denna rapport presenteras mitt examensarbete på Chalmers tekniska högskola, Göteborg, Sverige. Projektet utfördes i huvudsak vid KZ Service i Kungälv mellan januari 2008 och maj 2008. Jag skulle vilja ta det här tillfället i akt för att särskilt tacka två personer. Samuel Nyman på KZ service för att han ständigt tog sig tid att lyssna och diskutera olika idéer och koncept och för att han delade sin erfarenhet inom området. Jag vill också tacka min fru Anne Mari för att driva på mig att slutligen ta mig tiden att avsluta rapporten och min examen.

Jag vill också tacka min handledare professor Hans L Johannesson vid Institutionen för Produkt-och produktionsutveckling för stöd och för att han inte glömde bort projektet mellan de åren som projektet genomfördes och när det nu slutligen presenteras.

Avslutningsvis riktar jag min tacksamhet och uppskattning till alla anställda vid KZ Service AB och KZ Handels AB för att de hjälpte till i verkstaden och delade med sig av både erfarenheter och information.

Carl Johan Fagerström
Göteborg, april 2012

Product development of stainless steel fire hydrant for greater efficiency and reliability

CAD and construction

CARL JOHAN FAGERSTRÖM

Department of Product and Production Development

Division of Product Development

Chalmers University of Technology

SUMMARY

Fire hydrants are installed below ground level on the local water network to transport water from the water network to the street level when needed. KZ Service has produced and sold stainless steel hydrants since the start of 2002. The main part of the project was carried out on KZ Service at the spring of 2008 but was never finalized or presented. During winter 2011 and spring 2012, the project was finalized.

Overall, the project is divided into three parts, and these three parts will result in three separate goals.

Part A - Documentation and production drawings for the existing fire hydrant

The original production drawings were insufficient already from the beginning. Since it was developed there have also been several changes to the design in different proportions. These changes have not been included on the production drawings, which in the current situation might create problems and KZ Service depends entirely on the current manufacturer. The purpose of Part A of the project includes documentation of the existing hydrants, especially the production drawings.

Part B - Solving existing hydrant

This part of the project aimed to create a better and more reliable hydrant with lower manufacturing costs. The existing hydrants have problems with leakage at the top, bad lifetime on the base gasket and high manufacturing costs. When installing the hydrants the surrounding land needs to be dug up and therefore the possibilities are very restricted in terms of taking up a fire hydrant for repair or replacement. The redesign was therefore limited to only include the insert. The new technical solution should be implementable in existing fire hydrants. Prototypes were made on two occasions, those were tested and evaluated.

Part C - Idea generation of new hydrant

The aim was to develop a concept and create the guidelines for a future new fire hydrant without limitations regarding the existing hydrants. Requests from KZ Service for a future new product is lowered manufacturing costs and a hydrant mainly to be made of polyethylene. Several concepts were developed and a proposal for a future fire hydrant was presented.

A significant part of working in this project has been focused on construction and CAD modelling. To ensure that the rapport in spite of this will be easy to comprehend, the use of pictures to present concepts and construction has been used frequently. The appendix includes drawings of all the details which are significant to study while reading the rapport.

The report is written in Swedish.

Keywords: Fire hydrant, concept development, modelling, prototypes.

Produktutveckling av rostfri brandpost för ökad lönsamhet och driftsäkerhet

CAD och konstruktion

CARL JOHAN FAGERSTRÖM

Institutionen för produkt- och produktionsutveckling

Avdelningen för produktutveckling

Chalmers Tekniska Högskola

SAMMANFATTNING

Brandposterna monteras under marknivå på kommunala vattenledningsnät för att vid behov transportera vatten från vattenledningsnätet till gatunivå. KZ Service har tillverkat och sålt rostfria brandposter sedan starten 2002. Större delen av projekt utfördes på KZ Service under våren 2008 men avslutades inte. Under vintern 2011 och våren 2012 avslutades projektet.

Övergripande är projektet indelat i tre delar och dessa tre delar skall resultera i tre separata mål.

Del A – Dokumentering samt ritningsunderlag för befintlig brandpost

Det ursprungliga ritningsunderlaget var redan från början bristfälligt. Sedan det togs fram har det dessutom skett flera förändringar i konstruktionen i olika stor omfattning. Dessa förändringar har ej förts in på ritningsunderlaget vilket i dagsläget riskerar att skapa problem och KZ Service är helt beroende av nuvarande tillverkare. Syftet med del A på projektet innefattar dokumentation av den befintliga brandposten, främst rörande ritningsunderlaget.

Del B – Åtgärda problem med befintlig brandpost

Syftet med projektet var att skapa en bättre och mer tillförlitlig brandpost med lägre tillverkningskostnader. De befintliga brandposterna har problem med läckage i toppen, dålig livslängd på bottenpackning samt höga tillverkningskostnader. Vid montering av brandposter grävs omkringliggande mark upp, således är möjligheterna väldigt begränsade vad gäller att ta upp en brandpost för reparation eller utbyte. Omkonstruktionen avgränsades således till att endast röra insatsen. Den nya tekniska lösningen skulle vara implementerbar i de befintliga brandposterna. Prototyper tillverkades vid två tillfällen, testades och utvärderades.

Del C – Idégenerering av ny brandpost

Syftet var att ta fram ett koncept och skapa grunderna/riktlinjer för en framtida ny brandpost utan hänsyn till den befintliga brandposten. Utryckta önskemål från KZ Service för en framtida ny produkt är sänkta tillverkningskostnader samt att brandposten till stor del skall gärna skall vara tillverkad i polyeten. Ett flertal koncept togs fram och ett förslag på en framtida brandpost presenterades.

Stor del av arbetet under projektet har varit fokuserat på konstruktion och CAD-modellering. För att rapporten trots detta skall vara lätt att följa och förstå har det därför genererats mycket bilder för att presentera koncept och konstruktion på ett tydligt sätt. Appendix innehåller ritningar på samtliga detaljer och är viktiga att beakta parallellt med studie av rapporten.

Rapporten är skriven på svenska.

Nyckelord: Brandpost, konceptutveckling, modellering, prototyp tillverkning.

Terminologi och förkortningar

Sättestätning: Tätning som tätar plant mellan två ytor.

Dött vatten: Vatten som stannar kvar i brandposten efter att den är dränerad.

Trapetsgänga: Typ av gänga med hög stigning som ofta används när linjära rörelser eftersträvas.



Figur 1. Fotografi av trapetsgängad stång.

Innehåll

ACKNOWLEDGEMENTS	I
FÖRORD.....	I
SUMMARY	II
SAMMANFATTNING.....	III
Terminologi och förkortningar.....	IV
1. Inledning.....	1
1.1. KZ Service.....	1
1.2. Bakgrund	1
1.3. Syfte & Mål	1
1.4. Problemdefinition.....	2
1.5. Avgränsningar	2
2. Förstudie.....	2
2.1. En brandposts syfte och funktion	2
2.2. Funktionsstruktur.....	4
2.3. Fiskbensdiagram.....	4
2.4. Monteringsarbete	5
2.5. Konkurrentanalys.....	6
3. Del A – Studie av befintlig brandpost.....	9
3.1. Bakgrund	9
3.2. Syfte & Mål	9
3.3. Metod.....	10
3.4. Ritningsnumrering	10
3.5. Resultat.....	11
4. Del B – Omkonstruktion av befintlig brandpost.....	11
4.1. Bakgrund	11
4.2. Syfte.....	12
4.3. Metod.....	12
4.4. Identifierade problem	12
4.5. Kravspecifikation.....	15
4.6. Koncept.....	16
4.7. Utvärdering.....	23
4.8. Prototyp tillverkning, omgång 1	29
4.9. Prototyp testning, omgång 1	30
4.10. Beräkningar.....	32
4.11. Utvärdering av prototypomgång 1	36
4.12. Nytt identifierat problem - Ocentrerad axel.....	37
4.13. Utvärdering - Axelcentrering.....	39
4.14. Prototyp tillverkning, omgång 2	41
4.15. Prototyp testning, omgång 2	41
4.16. Vald lösning	42
4.17. Produktion.....	44
4.18. Resultat och rekommendationer	46
5. Del C – Konceptgenerering av ny brandpost	48
5.1. Bakgrund	48
5.2. Syfte & Mål	48
5.3. Metod.....	48
5.4. Krav & identifierade problem.....	49
5.5. Koncept.....	50

5.6.	Utvärdering.....	55
5.7.	Föreslagen lösning.....	58
5.8.	Resultat och rekommendationer.....	58
6.	Diskussion.....	59
6.1.	Felkällor.....	59
6.2.	Val av metoder.....	59
6.3.	Metodanvändning.....	59
6.4.	Arbetsätt.....	60
7.	Referenser.....	61
7.1.	Tryckta källor.....	61
7.2.	Kontakter.....	61
7.3.	Internet källor.....	61

1. Inledning

1.1. KZ Service

KZ Handels startades 1987 i Kungsbacka och huvudinriktning har sedan starten varit utveckling och försäljning av nya produkter för römnätsservice inom den kommunala VA-sektorn samt vatten- och avloppstekniska innovationsuppdrag. KZ Service är ett företag inom KZ Handels-koncernen sedan 2002. Företaget är auktoriserad serviceverkstad för tekniska och mekaniska arbetsredskap för VA branschen, såsom elektrosvetsar och skrapverktyg. Verksamheten har sedan starten utökats med, förutom försäljning, även uthyrning av maskiner samt ett större produktutbud. Förutom återförsäljaruppdrag säljer man idag även egentillverkade stumsvetsade rördelar i polyeten samt en egenutvecklad brandpost tillverkad i rostfritt stål.

1.2. Bakgrund

Sedan 2004 tillverkar och säljer KZ Service brandposter tillverkade i rostfritt stål. Produkten togs fram i samband med en anbudsförfrågan¹ från Göteborgs Vatten AB. Göteborgs Vatten hade i samband med förfrågan uttryckt en önskan om höga krav på korrosionsbeständighet och ingående material i brandposterna.

KZ Service såg detta som en möjlighet att ta fram en produkt som skiljde sig från det befintliga utbudet på marknaden som till majoritet bestod av brandposter gjutna i segjärn. Den färdiga produkten blev en brandpost tillverkad i rostfritt stål.

Göteborgs Vatten AB utsåg KZ Services nya rostfria brandpost till vinnare av anbudsförfrågan och ett avtal tecknades för 2004 vilket senare förlängdes med ytterligare ett år. Sedan 2006 står KZ Service utan avtal och försäljningen av brandposter sker nu löpande tillsvidare utan något avtal. Försäljningen låg under 2008 på cirka 150 brandposter per år och Göteborgs Vatten ABs står för cirka 80 % av denna försäljning.

Under kvartalet 2009 lade Göteborgs Vatten AB ut en ny anbudsförfrågan, KZ Service var återigen intresserade av att delta i denna men deras brandpost hade dock en del brister som man önskade att åtgärda inför upphandlingen för att öka konkurrensen mot resterande företag som skulle delta i anbudsförfrågan.

1.3. Syfte & Mål

Övergripande är projektet är indelat i tre delar och dessa tre delar skall resultera i tre separata mål.

1. Del A – Dokumentering samt ritningsunderlag för befintlig brandpost
2. Del B – Åtgärda problem med befintlig brandpost
3. Del C – Idégenerering av ny brandpost

De olika delmålen finns beskrivna mer detaljerat under respektive avsnitt. Slutmålet med projektet är att förse KZ Service med fullständigt ritningsunderlag över den ursprungliga brandposten samt ta fram en konkurrenskraftig produkt som vid en framtida ny anbudsförfrågan från Göteborgs Vatten AB är konkurrenskraftig gentemot andra företag och deras produkter.

Avslutningsvis presenteras idéer och riktlinjer för en helt ny brandpost vilka skall ligga till grund för ett framtida utvecklingsarbete. Huvudfokus med projektet är del B.

¹ Bilaga A – Anbudsförfrågan från Göteborgs Vatten AB

1.4. Problemdefinition

Vid projektets start fanns inget fullständigt tillverkningsunderlag för den befintliga brandposten. Då den ursprungliga produkten utvecklades anlätades en extern konsult för att ta fram ritningsunderlag på produkten, detta eftersom KZ Service varken hade den kompetens eller mjukvara inom företaget som hade krävts för detta.

Sedan det ursprungliga ritningsunderlaget togs fram har det skett flera förändringar i konstruktionen i olika stor omfattning. Dessa förändringar har ej förts in på ritningsunderlaget vilket i dagsläget riskerar att skapa problem eftersom man är beroende av nuvarande tillverkare då dessa sitter ensamma på kunskapen om förändringarna på produkten. Detta gör det svårt att byta leverantör då man inte har något aktuellt underlag att skicka som underlag för offerter.

Produkten har ett antal identifierade problem vilka är relaterade till följande områden;

- Läckage
- Livslängd
- Kostnad

1.5. Avgränsningar

För att säkerställa att projektet rör relevant information har ett antal avgränsningar gjorts. Främsta avgränsningen är materialteknisk. Materialen som kommer vara aktuella att tillverka brandposterna i är begränsade till rostfritt, mässing och polyeten eftersom detta är material som idag används av, och godkända inom VA-branschen. Vidare är del B av projektet begränsad till att endast röra insatsen i brandposten, detta för att lösningen skall vara applicerbar på samtliga brandposter som är redan i bruk. En mer detaljerad förklaring till denna avgränsning är att förklarad under avsnitt 4.1.

2. Förstudie

Förstudien syftade till att ge kunskap om den befintliga brandposten, hur den är uppbyggd, tillverkad och används. För att ge en strukturerad och tydlig bild användes ett antal olika teoretiska verktyg för att bryta ner produktens funktionsstruktur och dess egenskaper i fiskbensdiagram vilket finns redovisat i avsnitten nedan. Därefter ägnades en vecka åt montering av brandposter för att få en djupare kunskap om produkten. Därutöver genomfördes en konkurrentanalys, närmre bestämt ett urval av de mest intressanta konkurrerande produkterna vilka presenteras under avsnitt 2.5.

2.1. En brandposts syfte och funktion

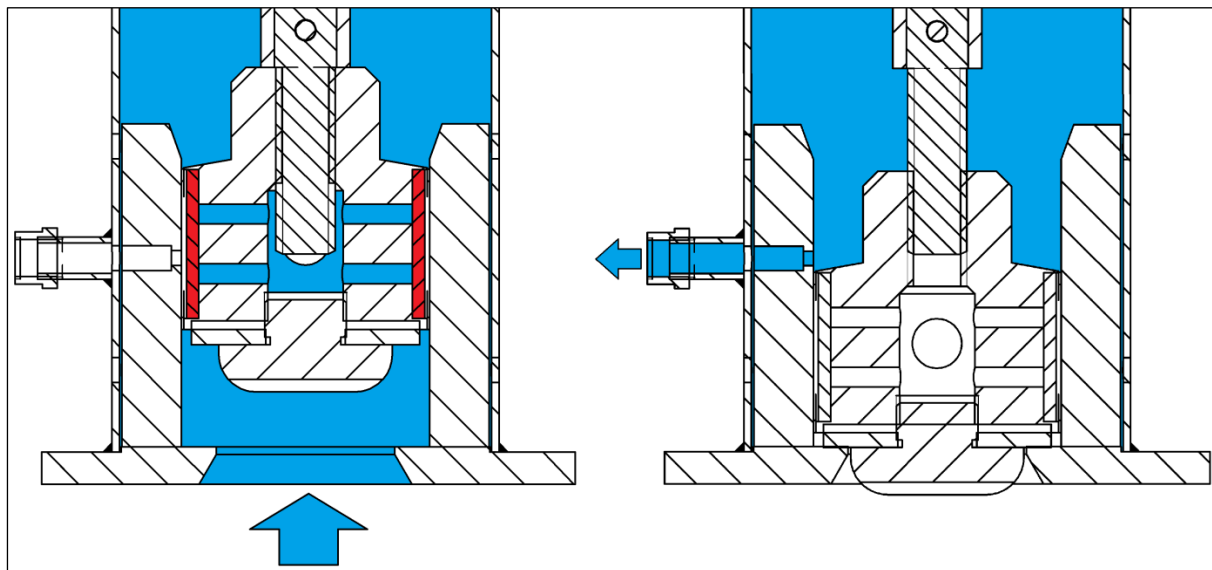
Brandposterna monteras under marknivå på kommunala vattenledningsnät för att vid behov transportera vatten från vattenledningsnätet till gatunivå. Användningen kan vara antingen att förse brandförsvaret med vatten vid släckningsarbete eller förse vald plats med dricksvatten. Brandpostens har till syfte att öppna och stänga detta vattenflöde.



Figur 2. Brandpost ansluten till vattenledningsnätet samt cutout-view från CAD-program

Brandposten består av en brandpostkropp vilken monteras på vattenledningsnätet, brandpostkroppen leder vattnet från ledningsnätet upp till marknivå. I Brandpostkroppen placeras en insats vars uppgift är att öppna och stänga hålet i botten på brandpostkroppen och på så sätt öppna och stänga tillflödet av vatten. Det görs med hjälp av en kägla som är gängad i botten av insatsen, käglan styrs på två sidor av styrklackar så att den inte kan vrida sig, det resulterar i att käglan rör sig upp och ner när man skruvar på insatsen.

När brandposten stängs frigörs ett dräneringshål i den ena styrklacken så att vattnet i brandposten rinner ut. När brandposten är öppen stängs det hålet igen av en tätning på sidan av käglan. Denna tätning pressas ut mot styrklacken med hjälp av vattentrycket via kanaler som är borrarade i käglan. Detaljerade ritningar på samtliga ingående detaljer i brandposten finns bifogat i appendix.



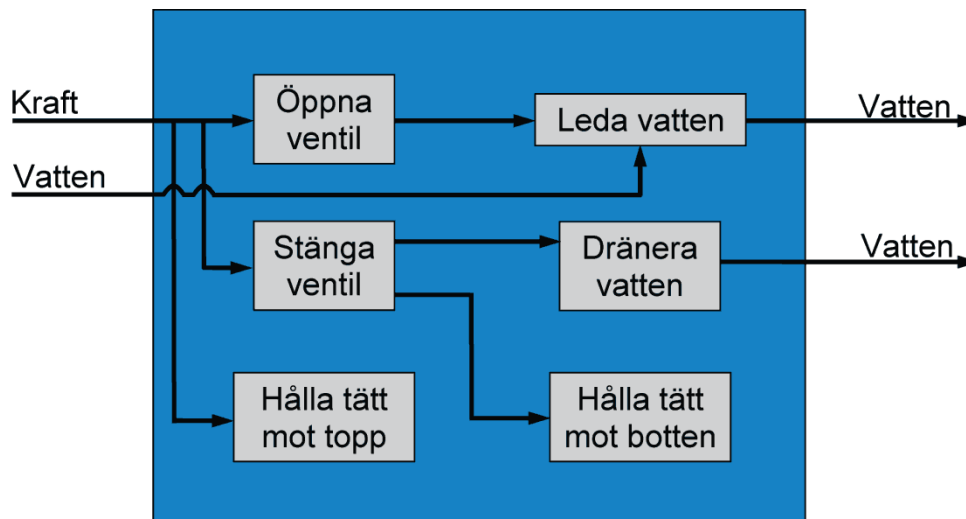
Figur 3. T.V. Öppen brandpost, T.H. Stängd brandpost.

2.2. Funktionsstruktur

I samband med förstudien gjordes en funktionsanalys för brandposten och beskrivs nedan med hjälp av funktionsdiagram. Detta gjordes för att överskåda produktens funktioner genom att bryta ner systemet i mindre delsystem och funktioner, samt för att visa vilka inputs och outputs som ingår i systemet. Denna struktur användes som ett underlag vid konceptgenereringen för att finna lösningar på respektive delfunktion inom systemet.

Funktionsstrukturen nedan delar upp systemet i följande funktioner:

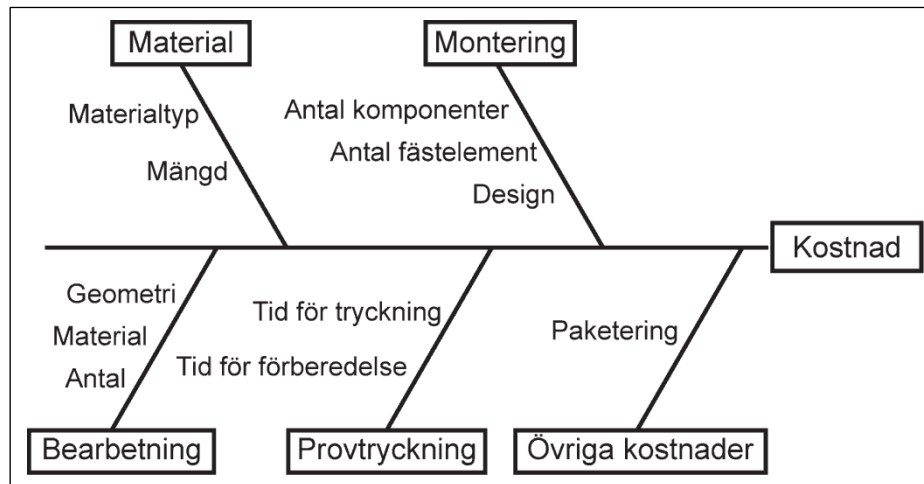
Huvudfunktion: Leda vatten & stoppa vatten
Delfunktioner: Öppna/stänga ventil
Hålla tätt i toppen då brandposten är öppen
Hålla tätt i botten då brandposten är stängd
Dränera vatten då brandposten är stängd



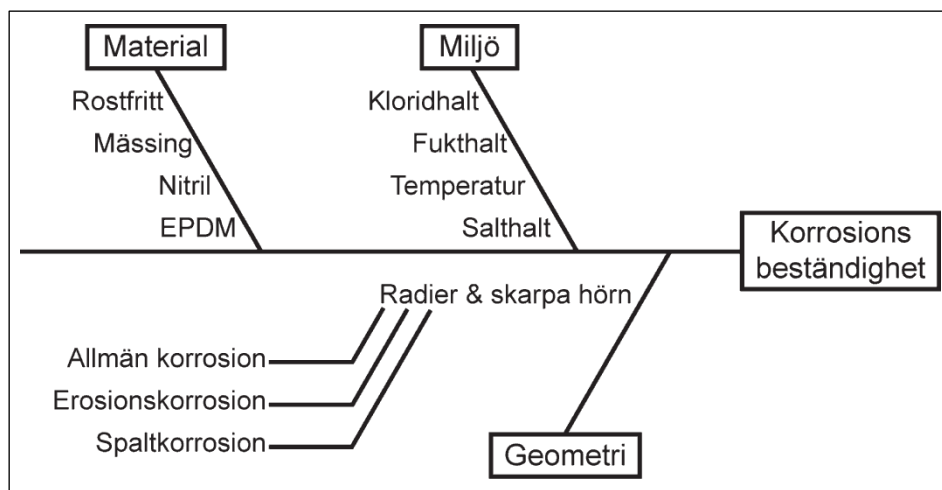
Figur 4. Funktionsstruktur beskriven i blackbox diagram

2.3. Fiskbensdiagram

Under förstudien användes fiskbensdiagrammen för att identifiera de viktigaste egenskaperna hos en brandpost. För respektive fiskbensdiagram utgår man ifrån en egenskap i taget. Denna egenskap bryts sedan ner i degenheter vilka i sin tur kan brytas ner ytterligare. När dessa egenskaper illustreras i fiskbensdiagram ger det en relativt lättöverskådlig bild av vad som påverkar egenskapen man är intresserad av. Det har gjorts fiskbensdiagram över kostnad samt korrosionsbeständighet.



Figur 5, Fiskbensdiagram över kostnaden.



Figur 6, Fiskbensdiagram över korrosionsbeständighet

2.4. Monteringsarbete

Under en vecka gavs möjligheten att medverka vid montering av brandposter. Detta gav en god insikt i produktens uppbyggnad och funktion. Det gav även mycket god förståelse för monteringen samt vilka problem som kan uppkomma i samband med detta. Följande problemområden iaktogs och analyserades;

- Läckage i toppen
- Bottentätningen
- Kostnader

Dessa problemområden beskrivna i detalj under avsnitt 4.4.1 till 4.4.3. I samband med detta uppmättes tiden för montering av en brandpost, detta för att användas som referens då de nya prototyperna var klara.

Monteringstider för befintlig brandpost		
	Moment	Medeltid (min)
1	Förberedelse av mantelrör med flänsar	5,5
	- Fasning av hål	2,3
	- Gängning av hål	2,2
	- Montering av istinings plugg	1,0
2	Övre del till insats	8
3	Montering av kägla	3,5
4	Montering av insats i brandpostkropp	4
1 - 4	Total tid för montering av komplett brandpost	21
5	Provtryckning	20
	- Montering av BP på provtryckningsanordning + efterdragning	5
	- Provtryckning inkl fyllning & tömning	15
Tot.	Total monterings tid inkl provtryckning	41

Tabell 1. Monteringstider för befintlig brandpost

2.5. Konkurrentanalys

Det finns flera företag i branschen som tillverkar konkurrerande produkter. Flera av dem har försökt att göra sin produkt unik på olika sätt men i stora drag är grundprincipen densamma. Det finns dock ett par som skiljer sig ifrån mängden på några punkter vilka förklaras i detalj i avsnitten nedan.

2.5.1. Schmieding Underground Hydrant 394

Schmieding Underground Hydrant 394 är till grunden samma princip som flertalet brandposter med mekanism och vattenflöde i ett och samma rör. Schmieding-posten har dock dubbel avstängning, dels en vanlig kägla som tätar mot rörväggen och dels en extra avstängning i form en fjäderbelastad konformad kropp som fungerar som tätning.

Käglans sidor tätar mot rörväggen då brandposten är stängd, då brandposten öppnas skruvas kägla neråt, eftersom brandpostkroppen har större diameter längre ner släpps således vatten igenom runt om kägla. Samtidigt pressas den fjäderbelastade konen nedåt och bägge avstängningarna är då öppnade. Denna dubbla avstängning hindrar vattentrycket från att konstant pressa mot tätningen mellan kägla och brandpostkroppen. Schmieding brandposten är delvis möjlig att renovera ifrån ovan, men man får då endast med sig kägla upp och inte den fjäderbelastade konen. Brandposten är tillverkad i gjutjärn och har ingen tätning som klassas som sätestätning. Begreppet sätestätning beskrivs i detalj under avsnittet *Terminologi och förkortningar*.

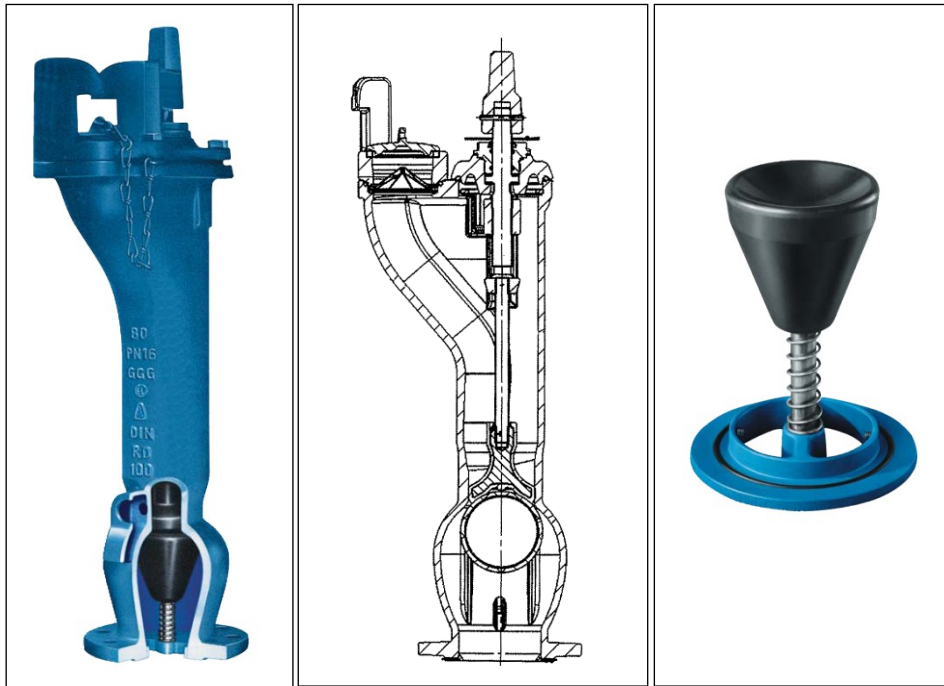


Fig 7. Schmieding Underground Hydrant 394

2.5.2. Hawle 5060

Hawle 5060 skiljer sig på så sätt att det är en så kallad fri-flödes brandpost. Brandposten består av två parallella rör, ett rör för vattenflödet och ett rör innehållande mekaniken. Detta gör att vattenflödet färdas raka vägen genom brandposten. Ventilmekanismen har man löst genom en så kallad skjutspjällsventil som ligger i ett eget rör. Skjutspjällsventilen kan liknas med en horisontell giljotinmekanism. Denna produkt är ej möjlig att renovera ifrån ovan utan måste vid problem grävas upp. Avstängningsmekanismen klassas ej som sätestätning.

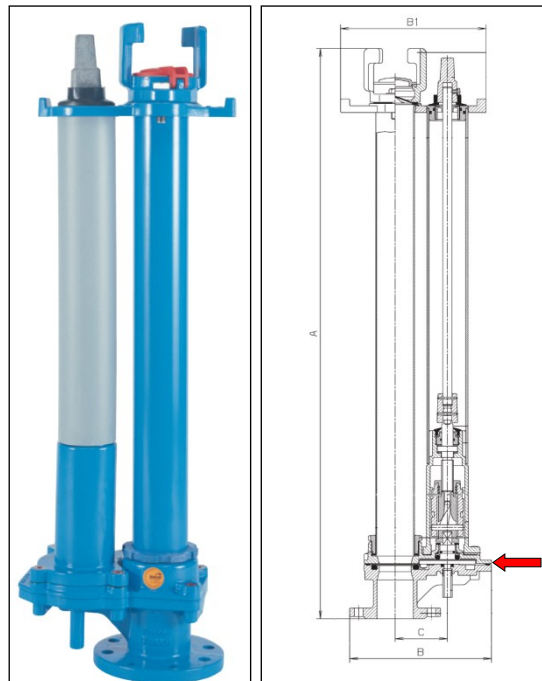
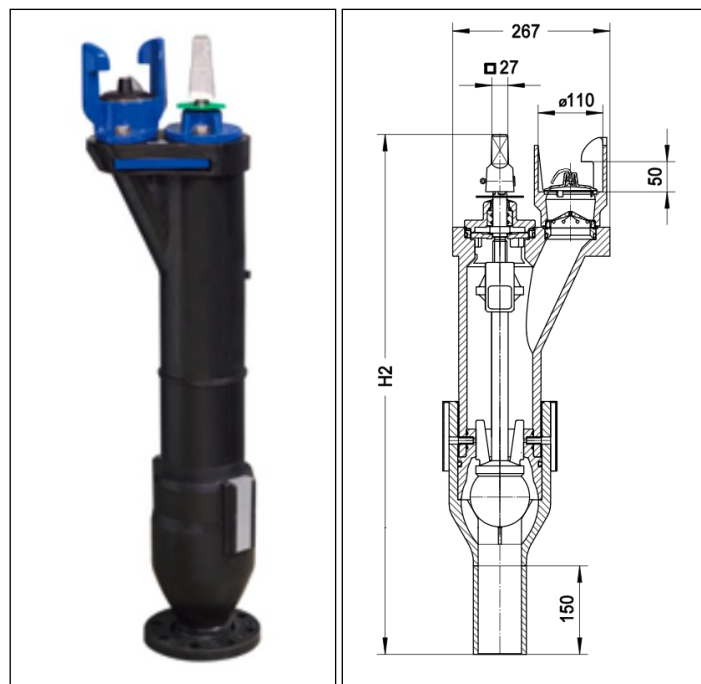


Fig 8. Hawle 5060 brandpost med pil som markerar skjutspjällsventilen

2.5.3. VAG Hydrus PE Underground Hydrant

VAG Hydrus PE Underground Hydrant har en kropp tillverkad i polyeten. Fanns ej på marknaden då projektarbetet startade. Den finns att få med dubbel avstängning som tillval. Mekanismen påminner till stor del om Schmieding brandposten som beskrevs i avsnitt 2.5.1. Den primära avstängningen består av en kägla vars sida tätar mot brandpostväggen. Eftersom polyeten ej är lika stabil som metalliska material finns en insats i metall mellan de två polyeten delarna som kroppen består av. Den sekundära avstängningen består av en styck gummikula vilken pressas upp mot metallinsatsen med hjälp av vattentrycket. Delarna som polyetenkroppen består av är formsprutade. VAG brandposten är möjlig att renovera ifrån ovan så när som på gummikulan och metallinsatsen. Brandposten har dock ett inlopp som endast är DN 80. Tätningen klassas ej som sätestätning.



Figur 9. VAG Hydrus PE Underground Hydrant

2.5.4. Jämförelse mellan brandposter

För att göra en jämförelse mellan de olika konkurrenterna viktades de olika produkterna i en Kesselringsmatris. Kesselringsmatrisen är lämplig för detta eftersom det är en kriterieviktmatris, där respektive utvärderingskriterier får en fastlagd vikt samt en kopplad betygsskala. Betygsskalan 1 till 5 användes för samtliga kriterier då det ansågs vara tillräckligt med fem olika värden.

Eftersom det inte funnits tillgång till produkterna i verkligheten har bedömningarna baserats på information från produktdatablad och rena antaganden. Det räcker dock för att skapa sig en bild om att samtliga produkter inklusive KZ Services egen brandpost har stora utrymmen för förbättringar. Speciellt intressanta iakttagelser är exempelvis kriteriet *Dött vatten* eftersom Hawle 5060 fick värdet 0 på det. Anledningen är att Hawle 5060 inte har någon dräneringsfunktion och måste därför tömmas med hjälp av pump. Materialkriteriet är också intressant, KZ Service brandposten är tillverkad i rostfritt och får således ett högt betyg, VAG brandposten är till stor del tillverkad i polyeten och erhåller av den anledningen ett högt betyg. De övriga två produkterna är däremot tillverkade i gjutjärn samt en blandning av material och är därför mer känsliga för korrosion och därav de låga betygen.

Kriterium	Lösningalternativ										
	Ideal			KZ Service Rostfri Brandpost		Schmieding Underground Hydrant 394		Hawle 5060		VAG Hydrus PE Underground Hydrant	
	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Renoverbar	3	5	15	4	12	3	9	1	3	3	9
Kostnad	3	5	15	1	3	3	9	3	9	4	12
Driftsäkerhet	5	5	25	3	15	4	20	2	10	3	15
Material	3	5	15	5	15	2	6	2	6	5	15
Flöde	3	5	15	5	15	3	9	4	12	3	9
Livslängd	3	5	15	2	6	3	9	3	9	3	9
Dött vatten	2	5	10	2	4	3	6	0	0	3	6
$T=\sum t_j$	110			70		68		49		75	
T/T_{max}	1,00			0,64		0,62		0,45		0,68	
Rangordning				2		3		4		1	

Tabell 2. Jämförelse i Kesselringmatris.

3. Del A – Studie av befintlig brandpost

3.1. Bakgrund

När den ursprungliga brandposten utvecklades arbetade man ej efter någon produktutvecklingsmetod. Man tittade på konkurrenternas produkter och grundaren av KZ Handels AB, Klaus Zickert utvecklade brandposten tillsammans med verkstadsarbetarna som tillverkade delarna och anpassade dessa efterhand.

När produkten ansågs färdig outsourcade man ritningsarbetet då man ej hade denna kompetens inom företaget. Till en början tillverkade KZ Handels brandposterna men på grund av hög beläggning med bättre betalda arbeten under en tid valde KZ Service att lägga tillverknigen på en extern legotillverkare. Efter detta har det gjorts flera ändringar och förbättringar vilka, som tidigare nämnt ej förts in på det befintliga ritningsunderlaget.

På grund av det bristande ritningsunderlaget är man numera låst vid nuvarande leverantör då deras verkstadspersonal har kunskapen om vilka ändringar som är gjorda och vilka revisioner som gäller. Samarbetet med nuvarande underleverantör har pågått sedan brandposten började tillverkas. Kvaliteten har varit av olik karaktär och det finns en del återkommande fel på komponenter vilka KZ Service har påtalat vid flera tillfällen. Efter möten med leverantören har kvaliteten på dessa återkommande felen blivit bättre, men det förekommer fortfarande brister vid en stor del av leveranserna.

3.2. Syfte & Mål

Syftet med denna del på projektet innefattar dokumentation av den befintliga brandposten, främst rörande ritningsunderlag men även inventering av kostnader samt vilka leverantörer som används i dagsläget. Med detta underlag blir det möjligt för KZ Service att ta in offerter

från flera olika underleverantörer, jämföra och på så sätt välja den mest kostnadseffektiva. Det blir även lättare se om det är mer fördelaktigt att låta KZ Handels tillverka olika utvalda delar som lämpar sig bra för deras maskinpark istället för att anlita externa tillverkare.

3.3. Metod

CAD-verktyget Solid Edge användes för att modellera upp befintlig brandpost. Utifrån det ursprungliga ritningsunderlaget skapades en temporär 3D-modell. Därefter analyserades en befintlig brandpost och kontrollmättes. De felaktiga komponenterna och måtten korrigerades på den genererade 3D-modellen. Med 3D-modellen som grund skapades tillverkningsritningar. Samtliga tillverkningsritningar är direkt kopplade till 3D-modellen. På så sätt kommer alla konstruktionsändringar som görs på 3D modellen automatiskt slå igenom på tillverkningsritningarna och minimera arbetsinsatsen vid framtida förändringar. För att undvika dubbla versioner med samma revisionsnummer eller att gamla revisioner sparas över och försvinner har allt underlag för konstruktionen sparats på KZ koncernens server och skrivskyddats. Vid samtliga framtida ändringar måste dessa sparas som en ny revision av så väl 3D-modellen som för ritningarna. Det har även uppförts en dokumentnummerlista² vilken visar aktuell revision på respektive detalj. På så sätt minimeras risken att det figurerar flera versioner av samma revision samtidigt. Utöver detta har samtliga kostnader inventerats och förts upp i dokument³.

3.4. Ritningsnumrering

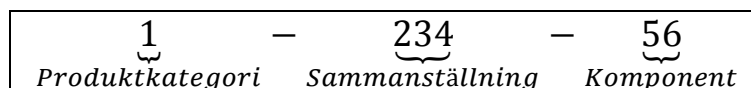
Tidigare ritningsnumrering var ej anpassat efter brandpostens uppbyggnad, samtliga dokument var ej heller numrerade. De numreringar som fanns följde två olika serier vilka ej var relaterade till varandra.

Efter kontakt med *Svensk Industristandard* visade det sig att det ej finns någon svensk eller internationell standard rörande maskintekniska ritningar, dock finns det standarder för andra områden så som till exempel byggteknik. Olika förslag på ritningsnumrering diskuterades med Samuel Nyman på KZ Service och sedan togs beslut att lägga upp ritningsnumreringen enligt följande:

Första siffergruppen anger produktgrupp, andra siffergruppen anger del på produkten och den sista gruppen anger vilken komponent det rör. Den nya enhetliga numreringen gör det översiktligt och lättare att se vilken sammanställning som komponenterna hör till och är en förutsättning för att i efterhand finna sökta ritningar, underlätta dialogen och undvika missförstånd med komponenttillverkarna.

Exempel:

- Produktkategori (Huvudsammanställning): *Bil, kylskåp etc.*
- Undersammanställning: *Motor, dörr, etc.*
- Komponent: *Kolv, handtag etc.*



² Bilaga E, Dokumentnummerlista

³ Bilaga H, Samtliga kostnader för brandposter

3.5. Resultat

En komplett 3D-modell har skapats till vilken ritningsunderlag är kopplat. Ritningsnumreringen har reviderats med hänsyn till nya modellen, tidigare ritningsnummer finns kopplat till dessa i framtaget Excel dokument⁴. En pärm har levererats till KZ Service med utskrifter av komplett ritningsunderlag samt utskrifter av tillhörande Excel dokument. Samtliga ritningar finns bifogade som bilagor.



Figur 10. – 3D Modell av befintlig brandpost; f.v. 1. Komplet brandpost 2. Endast kropp 3. Endast insats

4. Del B – Omkonstruktion av befintlig brandpost

4.1. Bakgrund

Vid montering av brandposter grävs omkringliggande mark upp, således är möjligheterna väldigt begränsade vad gäller att ta upp en brandpost för reparation eller utbyte. Detta illustreras i figur 11 nedan. Av just den anledningen gjordes befintlig brandpost renoverbar ovanifrån. Hela insatsen kan monteras ur vid eventuellt underhåll eller reparation, detta inkluderar samtliga rörliga delar.

Detta var utgångsläget för utvecklingsarbetet rörande omkonstruktion av den befintliga brandposten, det efterlystes tekniska lösningar som skulle vara implementerbara i dagens nedgrävda och monterade brandposter. Omkonstruktionen avgränsades till att endast röra insatsen. Den nya tekniska lösningen skulle vara implementerbar i de befintliga brandposterna.

⁴ Bilaga X, Koppling mellan tidigare ritningsnummer och nya.



Figur 11 – Montering av brandpost i fält

4.2. Syfte

Syftet med projektet var att skapa en bättre och mer tillförlitlig brandpost med lägre tillverkningskostnader. Då själva brandpostkroppen ej går att påverka när den väl är på plats berörde omkonstruktionen endast insatsen. Denna nya insats skulle vara möjlig att köpa separat som reservdel eller uppgradering för alla befintliga brandposter som är i bruk i dagsläget, men framförallt kommer den implementeras i alla framtida brandposter som tillverkas och skapa en mer driftsäker, billigare och mer konkurrenskraftig produkt.

4.3. Metod

Brandposten studerades först i detalj, bland annat i samband med montering och provtryckning av brandposter vilket beskrevs i avsnitt 2.4. Med den kunskapen som grund genererades ett flertal. Dessa koncept har därefter rangordnats och utvärderats med hjälp av olika teoretiska verktyg, vilka presenteras under avsnitt 4.7. Utifrån utvärderingarna diskuterades koncepten med KZ Service och ett antal valdes ut för vidare utveckling. Dessa koncept detaljkonstruerades, tillverkades som prototyper och testades.

4.4. Identifierade problem

Problemen rörande den befintliga brandposten delades in i tre olika problemområden, läckage i toppen, botten tätningen samt kostnader. Dessa beskrivs i detalj under avsnitten nedan.

4.4.1. Läckage i toppen

Vid provtryckning av brandposterna upptäcktes att det bubblar vatten från skruvarna som fäster lagerhuset⁵ i insatsen via den övre flänsen⁶, samt från skruvarna som fäster insatsen⁷ i själva brandpostkroppen⁸. KZ Service har tidigare inte funnit anledningen till hur detta kan

⁵ Ritning: 1-022-03 Lagerhus

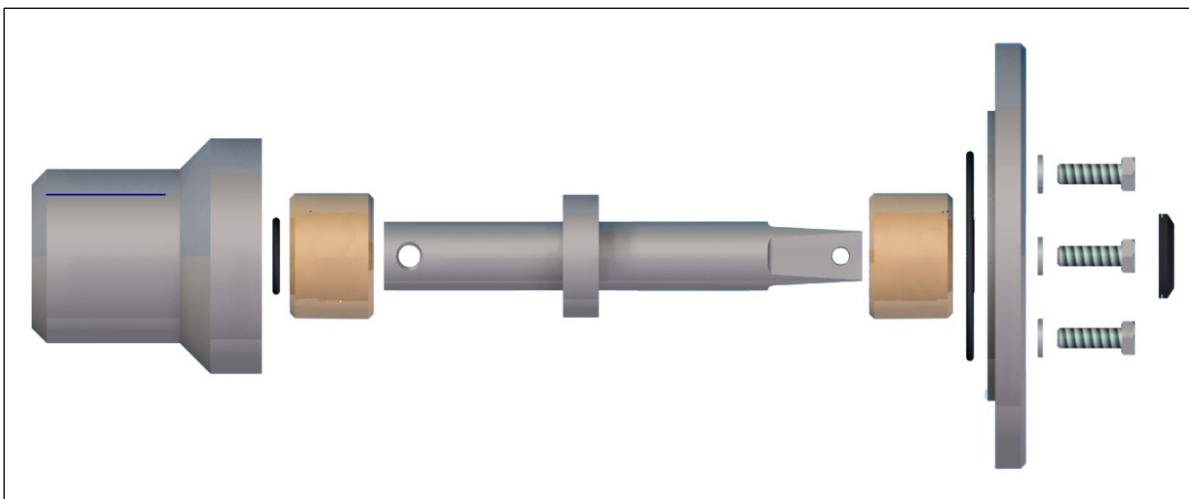
⁶ Ritning: 1-022-04 Fläns vid trycklager

⁷ Ritning: 1-020-00 Insats sammanställning

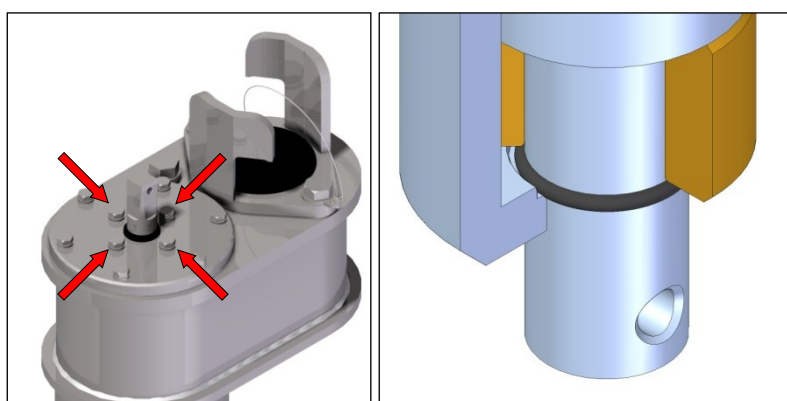
⁸ Ritning: 1-010-00 Brandpostkropp

vara möjligt då det inte skall finnas något vatten innanför de inre skruvarna på insatsens övre del⁹. Under arbetet med monteringen iaktogs brandposten och hur den betedde sig vid de tillfällen då läckage upptäcktes. Vid ett stort antal tillfällen iaktogs det att axeln¹⁰ som sticker upp ur brandposten plötsligt hoppade upp ett par millimeter. Efter att studerat toleranserna för insatsen och placeringen av O-ringarna i lagerhuset drogs slutsatsen att vattentrycket vid dessa tillfällen trycker på den nedre O-ringens underifrån och tvingar O-ringen tillsammans med axeln uppåt, detta möjliggjorde för vatten att ta sig in i lagerhuset, enligt figur 13 nedan. Vattnet trängde igenom eftersom KZ Service ej använde sig av rätt anpassade o-ringar och o-ringspår. Istället användes avfasning i botten av lagerhuset. I denna avfasning låg o-ringen, (Illustreras i figur 12b nedan.)

Efter att axeln hoppade upp var lagerhuset ej längre fritt från vatten. När trycket sjönk gled axeln ner i läge igen och O-ringen tätade istället då mot botten på lagerhuset. Den nedre o-ringen fungerade alltså tvärtemot vad som var tänkt. Istället för att hindra vatten från att tränga in i lagerhuset, släpper den in vatten och hindrar sedan vatten från att rinna ut ur lagerhuset. Då brandposten befinner sig strax under marknivå fanns stora risker för köldsprängning under vintertid om det står vatten i lagerhuset.



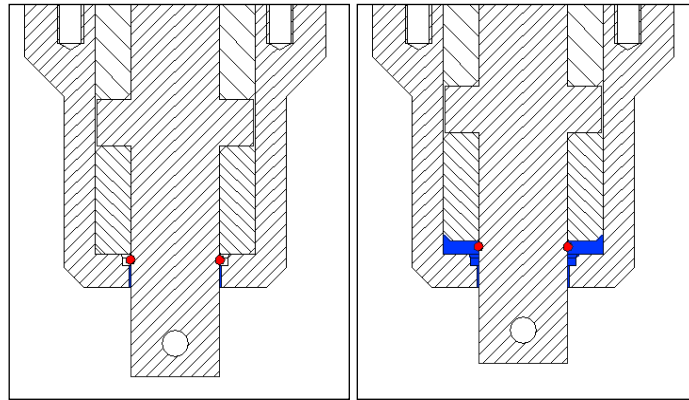
Figur 12a. Sprängskiss på av ursprungligt lagerhus.



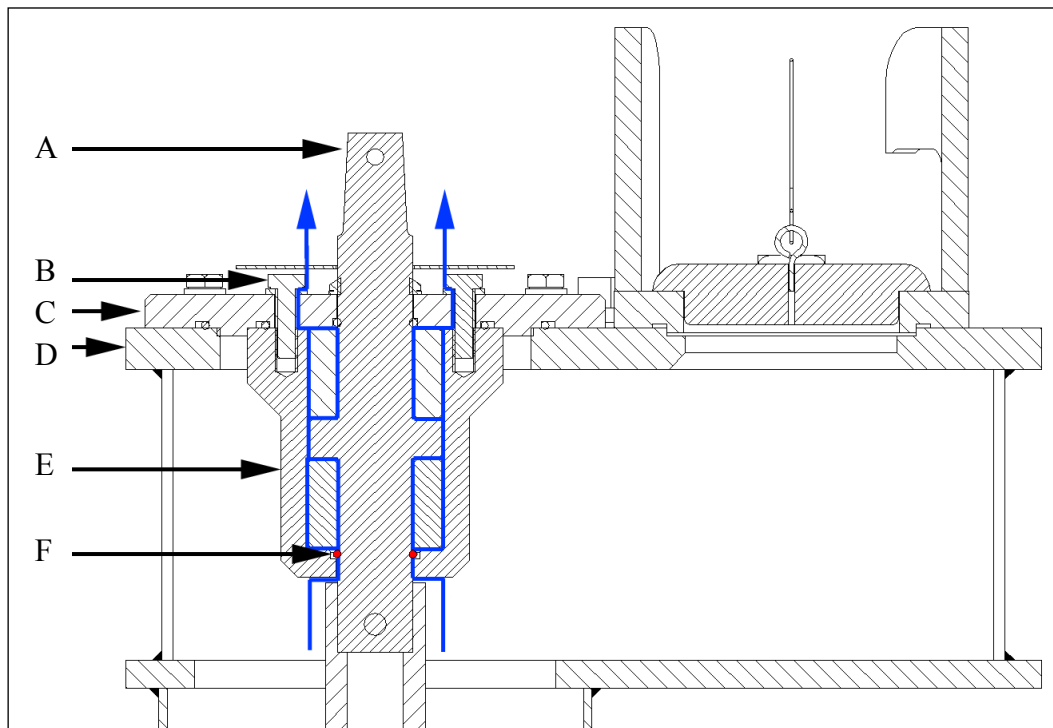
Figur 12b. (f.v.) 1. Markering av läckage 2. Illustration av o-ringen i ursprungligt lagerhus.

⁹ Ritning: 1-022-00 Insats övre del

¹⁰ Ritning: 1-022-01 Insats axel övre del



Figur 13. (f.v.) 1. Lagerhus utan vattentryck 2. Lagerhus med vattentryck



Figur 14. Genomskärbild, svarta pilar markerar delar, blå pilar visar läckagets väg.
 A) Insats axel övre del B) Skruv för festsättning av lagerhus C) Fläns vid trycklager
 D) Brandpostkropp E) Lagerhus F) Nedre O-ring.

4.4.2. Bottentätningen

Kunder till KZ Service har vid ett antal tillfällen rapporterat att bottentätningen¹¹ ej längre fungerat som den skulle. Tätningen har vid dessa tillfällen krupit utåt från centrum som ett resultat av trycket mellan kägla och botten vilket till slut resulterade i att brandposten ej längre höll tätt i botten. Tidigare användes tätningar av andra material, först naturgummi och senare EPDM. KZ Service använde vid projektets start vävförstärkt EPDM, vilken fungerade bättre än de tidigare två materialen. Dock var det fortfarande problem med läckage. Ytan i botten av brandposten vilken tätningen tätar emot är obearbetad, vilket försämrar förutsättningarna för tätningen att hålla tätt eftersom den inte är så slät.

¹¹ Ritning: 1-023-03 Bottentärning



Figur 15. Bottentätning som skadats svårt och ej längre fyller sin funktion

4.4.3. Kostnader

Vinstmarginalerna för den befintliga brandposten var små, dessutom hade många av storkunderna fått förmånliga avtal som minskade vinstmarginalen ytterligare. KZ Service låg på en vinstmarginal på cirka 4-9% beroende på avtal och kund. Således var alla möjligheter till ökad vinstmarginal på brandposten efterlysta, både rörande materialkostnader men även kostnader relaterade till tillverkningen. Alla möjligheter att reducera antalet bearbetningsmoment samt tid för montering var därför viktiga. Tabell 3 visar sammanställning av kostnader och vinstmarginaler. Detaljerad tabell med samtliga ingående finns att tillgå i appendix H.

Befintlig – Nuvarande tillverkare				
Del	Ritnings nr.	Material	Antal	Total kostnad
Brandpost sammanställning	1-000-00	SS2333	1	■■■■ kr
Anslutning typ A	1-040-01	SS5204 (Rödgoods)	1	■■■ kr
Övriga delar (O-ringar, skruvar etc.)				■■■ kr
Montering			1	■■■ kr
Försäljningspris (GBG Vatten AB)				■■■■■ kr
Vinstmarginal (kr)				■■■ kr
Vinstmarginal (%)				4 %
Försäljningspris (Grossist)				■■■■■ kr
Vinstmarginal (kr)				■■■ kr
Vinstmarginal (%)				9 %

Tabell 3. Sammanställning kostnader och vinstmarginal vid tillverkning hos nuvarande leverantör.

4.5. Kravspecifikation

Kravspecifikationen har till uppgift att säkerställa att samtliga inblandade parter har överensstämmande bild av den tänkta produkten. Den skall främst fastlägga de funktionella kraven, men kan även innehålla eventuella önskemål för en produkt.

En grundläggande kravspecifikation upprättades och respektive punkt upprättades som krav alternativt önskemål. Därefter sattes mätbara mål på respektive punkt för att i efterhand möjliggöra kontroll av de uppsatta kraven och önskemålen som blivit uppfyllda och vilka som eventuellt måste åtgärdas. Kraven togs dels från Göteborgs Vatten ABs upphandling och dels från erfarenheterna från den befintliga brandposten. Största delen av arbetet syftade till att

finna mätbara mål för respektive punkt. Den färdiga kravspecifikationen presenterades för Samuel Nyman på KZ Service som godkände den.

Kravspecifikation - Befintlig brandpost			
Kriterium	Kontrollmetod	Målvärde	Krav/Önskemål
Funktion			
Temperatur intervall	Termometer	0°C till +50°C	Krav
Temperatur intervall	Termometer	-30°C till +50°C	Önskemål
Max höjd	Mätning	1100 mm	Krav
Anslutning		DN100 Fläns	Krav
Anslutning		Älmhultsfläns	Önskemål
Kemikaliebeständighet	Dokumentation	Klara av låga halter av klor	Krav
Kemikaliebeständighet	Dokumentation	Klara av låga halter av oljor	Krav
O-Ringar	Dokumentation	Oljebeständiga	Krav
Dräneringstid	Tid	15 min	Krav
Tryckklass	Manometer	PN16	Krav
Anslutning		Kompatibel med typ A, B & C	Krav
Flöde	Beräkning	Minimum 160m ³ /h	Krav
Undertryck	Test	Klara av undertryck	Krav
Stängning		Medurs	Krav
Öppning	Test	Fullt öppen efter 7-15 varv	Krav
Öppning	Test	Rimligt flöde efter 3 varv	Krav
Märkning		ID-nummer på ovansida	Krav
Dött vatten	Mätning	0 liter	Önskemål
Underhåll			
Serviceintervall	Test	Aldrig	Önskemål
Smörjmedel	Dokumentation	Livsmedelsgodkända	Krav
Smörjintervall	Test	Aldrig	Önskemål
Verktyg		Standard	Krav
Demonteringstid	Test	Max 15 min	Önskemål
Renoveringsbar		Ifrån ovan	Krav
Tillverkning			
Tillverkningskostnad	Kostnadsberäkning	10 153 kr	Krav
Monteringstid	Tid	1 timme	Önskemål
Verktyg		Standard	Önskemål
Kvalitet			
Livslängd - Mantel med flänsar		100 år	Krav
Livslängd - Insatts		100 år	Önskemål
Miljö			
Demonterbar för materialåtervinning	Test	Fullt demonterbar med standardverktyg	Krav
Materialåtervinning	Dokumentation	100% återvinningsbara material	Krav

Tabell 4. Kravspecifikation befintlig brandpost.

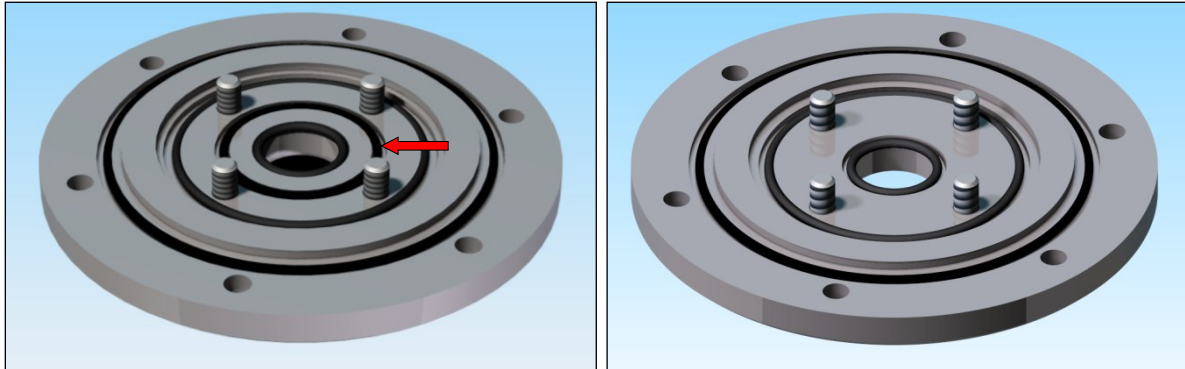
4.6. Koncept

Ett flertal koncept togs fram och detaljnivån på koncepten varierar. En del av koncepten är grundläggande idéer och andra mer detaljspecifika lösningar. CAD-modeller skapades för att förtydliga respektive koncept. Koncepten har delats in i problemområdena, läckageproblem, tätningen i botten samt kostnadssänkning. Dessa är nedan indelade under koncept A, B respektive C beroende på vilket problem de huvudsakligen avser att lösa.

- **Koncept A** – Läckage i toppen
- **Koncept B** – Bottentätningen
- **Koncept C** – Kostnader

4.6.1. Koncept A1 – Extra O-ring.

För att undvika att vatten tränger ut genom skruvhålen i toppen kan ett extra spår svarvas precis utanför de inre skruvarna och i detta spår placeras en O-ring. Denna O-ring kommer därmed hindra vätska som trängt in i lagerhuset att ta sig fram till skruvhålen och ut genom dessa. På grund av trångt utrymme får eventuellt de inre skruvarna flyttas en bit längre ut från centrum. Detta koncept löser dock inte problemet att det samlas vatten i lagerhuset.



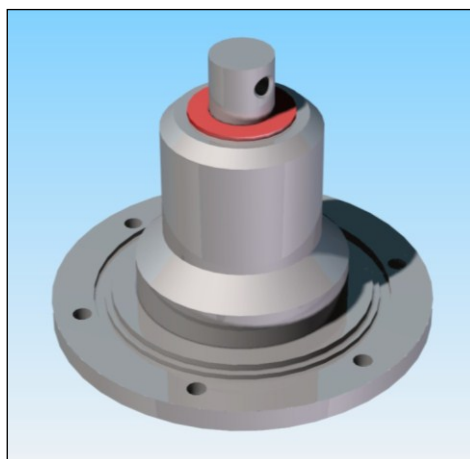
Figur 16. T.v. Koncept A1 – Extra O-ring. T.h. Ursprunglig fläns

4.6.2. Koncept A2 – Gängtätning.

Genom att tätta de inre skruvarna som håller lagerhuset förhindras att vattnet som trängt in i lagerhuset tar sig vidare ut genom hålen i toppen. Detta kan göras genom att använda gängtejp på skruvarna alternativt genom att använda flytande gängtätning av typen Loctite eller liknande. I det senare fallet blir det dock svårare att lossa skruvarna vid eventuell reparation eller underhåll. Med denna lösning stoppas läckaget genom skruvarna ovanpå brandposten men det samlas fortfarande vatten i lagerhuset.

4.6.3. Koncept A3 – Fläns på undersidan av lagerhus.

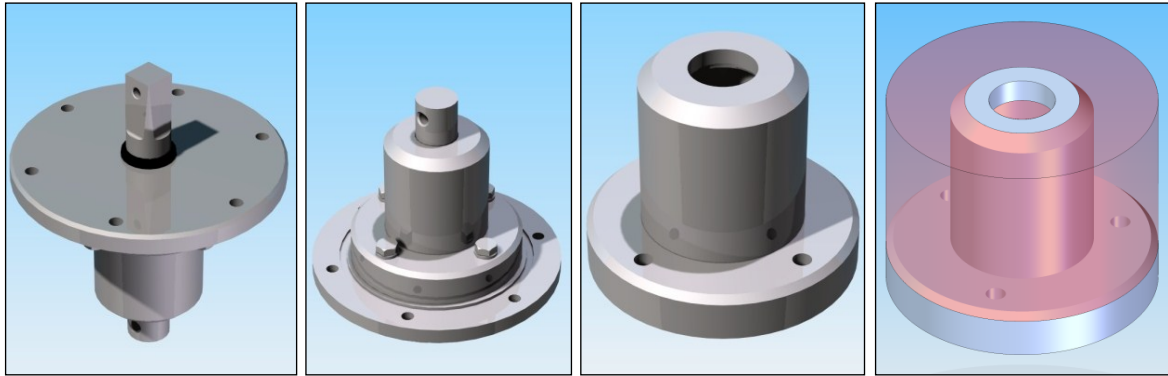
Ett nytt spår fräses på undersidan av lagerhuset, i detta spår placeras en O-ring. Denna O-ring har syftet att hindra vatten att tränga in i lagerhuset. Utanför O-ringens placeras en bricka/fläns som med hjälp av axeln pressas upp mot lagerhuset och på så sätt undviker att vatten tränger in. Detta kräver dock omkonstruktion av mellandelen i insatsen då denna måste pressa brickan upp mot lagerhuset och det är ej möjligt med dagens konstruktion av mellandelen. Denna lösning bör hindra att det tränger in vatten i lagerhuset.



Figur 17. Koncept A3 – Fläns markerad i rött på undersidan av lagerhus.

4.6.4. Koncept A4 – Ny typ av lagerhus 1.

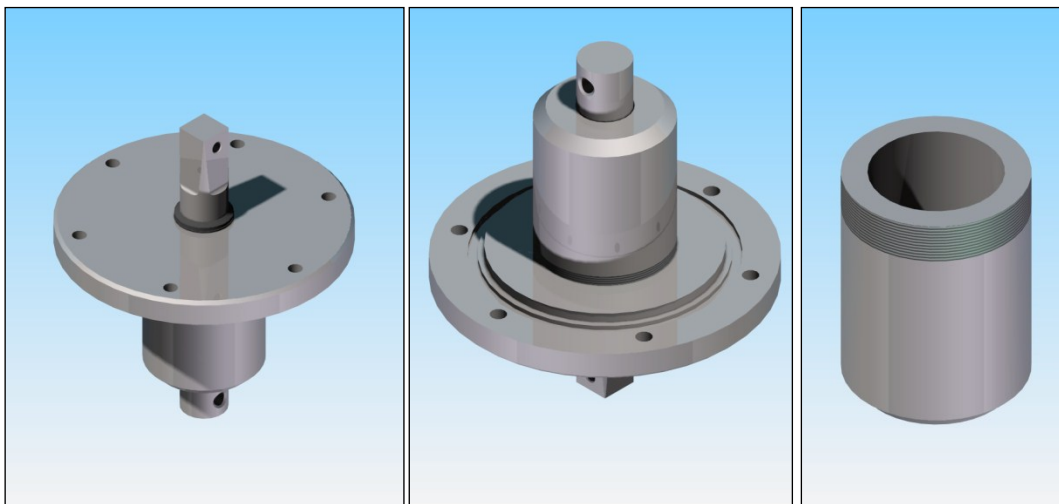
Ett nytt lagerhus konstrueras. I grunden har det samma syfte som det befintliga lagerhuset och utseende invändigt är detsamma. Det nya lagerhuset skruvas fast i toppflänsen från insidan. Problemet med vatten som läcker ut genom de inre hålen i toppen elimineras helt då det inte längre existerar några genomgående hål. Det krävs dock mer material då lagerhuset skall svarvas fram eftersom det måste finnas plats för skruvarna. Problematiken med att det samlas vatten inuti lagerhuset kvarstår dock vid denna lösning.



Figur 18. Koncept A4 – Ny typ av lagerhus 1, bilden till vänster visar materialet som måste svarvas bort.

4.6.5. Koncept A5 – Ny typ av lagerhus 2.

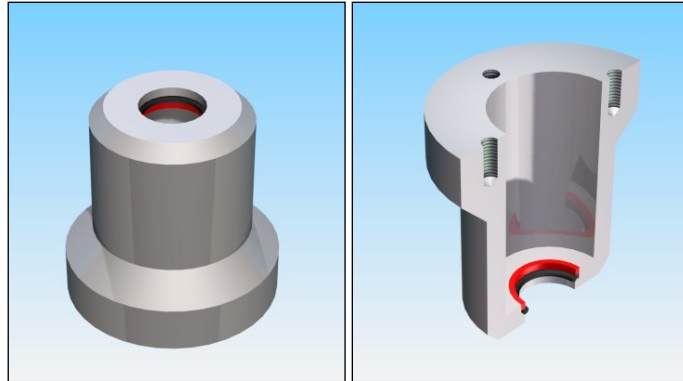
Samma grundkoncept som koncept A4 men istället för att skruva det nya lagerhuset i flänsen med skruvar från insidan gängas det nya lagerhuset på utsidan och flänsen på insidan. Med detta koncept minskas dessutom antalet bearbetningsmoment både vid tillverkning av lagerhuset samt vid montering. Det är möjligt att använda samma storlek på diametern på hela delen. Förslagsvis anpassas antingen ytterdiametern eller innerdiametern till standarddimensioner på rör och kan således förmodligen sänka materialkostnaden.



Figur 19. Koncept A5 – Ny typ av lagerhus 2

4.6.6. Koncept A6 – Stödring

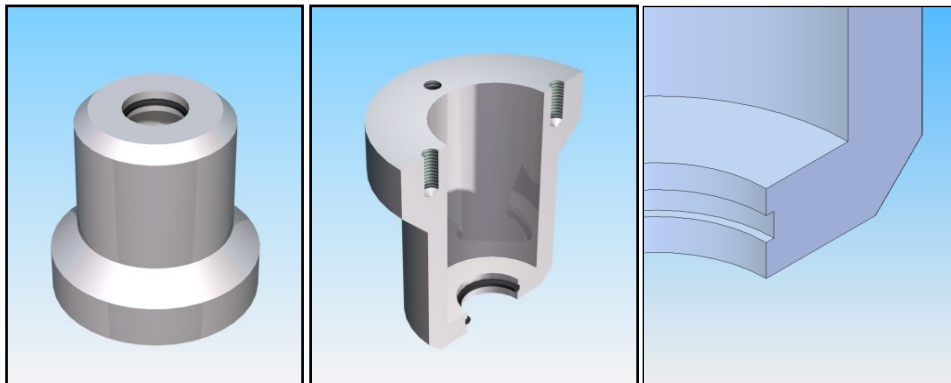
För att lagerhuset skall tätas bättre i botten ändras nedsänkningen för O-ringen och anpassas så att även en stödring kan placeras ovanför. Stödringar används i applikationer där det av olika anledningar är svårt eller dyrt tillverka riktiga spår för o-ringar. Vald stödring skall vara anpassad för storleken på O-ringen och hjälper O-ringen att sitta på plats och täta mellan ytorna. Denna lösning hade hindrat vattnet att tränga in i lagerhuset.



Figur 20. Koncept A6 - Stödring

4.6.7. Koncept A7 – Spår för O-ringar

Till grunden samma tanke som koncept A6 nämligen att O-ringarna skall täta bättre genom att garantera korrekta förutsättningar. Dagens konstruktion har en fasad nedsänkning som tillåter O-ringen att röra på sig upp och ner. I detta koncept svarvas ett korrekt anpassat spår för O-ringen så att den inte kan komma ur sitt läge. Tillverkare och distributörer av o-ringar och packningar har ofta rekommendationer på hur spår för O-Ringar skall vara dimensionerade. Vid studier av detta koncept användes *Teknikprodukters*¹² rekommendationer för att se om det var möjligt att få plats med korrekt dimensionerade spår.



Figur 21. Koncept A7 – Spår för o-ringar

4.6.8. Koncept B1 – Mer förstärkning i packningen

I dagsläget använder KZ Service en packning med två lager vävförstärkning. Detta koncept bygger på att undvika att den med tiden kryper utåt genom att använda en botten tätning med ännu mer vävförstärkning. Önskar man mer vävförstärkning krävs dock att packningen tillverkas tjockare. Det är få leverantörer som erbjuder denna typ av packning när det handlar om små kvantiteter. KZ Service beställer 20 till 30 packningar åt gången, men kan dock tänka sig att dubbla kvantiteten per beställning om det ökar möjligheterna att beställa en bättre

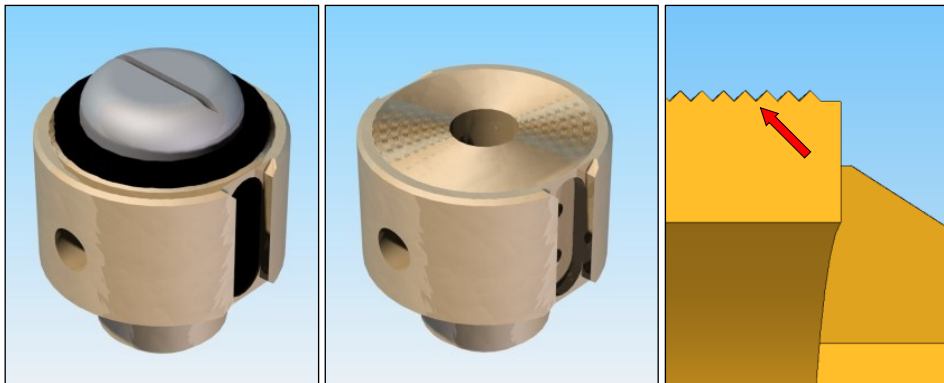
¹² Bilaga C: Teknikprodukter; Tätningskatalogen, Mars 2007

packning. Eftersom gummiföretagen stansar ut packningarna från en stor gummiduk krävs det att en helt ny duk. För att det skall vara lönsamt krävs dock mycket högre kvantiteter än så vad KZ Service har behov av.

National Gummi AB i Halmstad som är KZ Service nuvarande leverantör av packningen har dock en gummiduk med 3 lager vävförstärkning. Denna duk är tillverkad av SBR¹³, och har inte samma mekaniska egenskaper som dagens packning. Den är även 9 mm tjock istället för 6mm. Största hindret för SBR är att det är en typ av naturgummi, något som Göteborgs Vatten uttryckt att man ej vill att skall användas p.g.a. riskerna för ökad bakterietillväxt. Lennart Eriksson på National Gummi AB hävdar dock att riskerna för detta är överdrivna och att det är lika liten risk för bakterietillväxt som vid användandet av EPDM eller Kloropren.

4.6.9. Koncept B2 – Spår i käglan

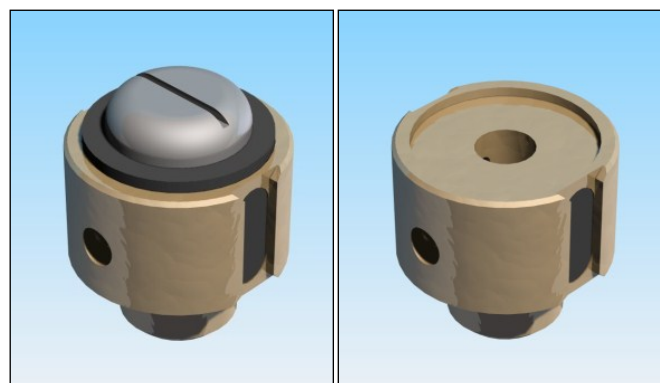
På undersidan av käglan svarvas flera små spår som håller kvar packningen och hindrar den från att krypa utåt då den pressas ner mot botten på brandposten. När käglan pressas ner mot botten trycks de små spåren ner i tätningen och hindrar den från att vandra ut mot sidorna. Kan dock tänkas att botten tätningen på lång tid tar skada av denna behandling då spåren kommer nöta sönder gummit.



Figur 22. Koncept B2 – Spår i käglan

4.6.10. Koncept B3 – Försänkning i käglan

En försänkning svarvas i käglan, i denna placeras packningen. Packningen måste således vara tjockare nu än tidigare, spåret kan dock minska behovet av vävförstärkning vilket ökar utbudet av material för packningen. Nedsänkningen tvingar packningen att behålla sin form och förhindrar den att vandra utåt då kägla pressas ner mot botten.



Figur 23. Koncept B3

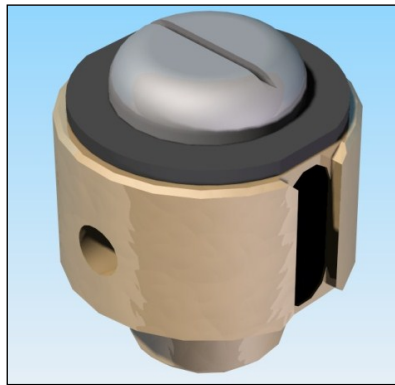
¹³ Bilaga G: Materialdatablad för SBR

4.6.11. **Koncept B4 – Annat material**

Tillverka packningen i ett annat material som är mindre elastiskt men likväl klarar av att täta mot botten. Efter samtal med *Lennart Eriksson* på National Gummi AB i Halmstad visade det sig att botten tätningen ej är tillverkad i vävförstärkt EPDM utan i Kloropren. Egenskaperna för de två materialen är liknande, Kloropren har något bättre mekaniska egenskaper samt motståndskraft mot oljor och fetter. EPDM har bättre beständighet mot syror och baser. I övrigt är de båda materialen likvärdiga. Kloroprenen finns dock som vävförstärkt till skillnad från EPDM. *Lennart Erikssons* rekommendation var att fortsätta med Kloropren alternativt byta till SBR som finns med ytterligare vävförstärkning.

4.6.12. **Koncept B5– Större packning**

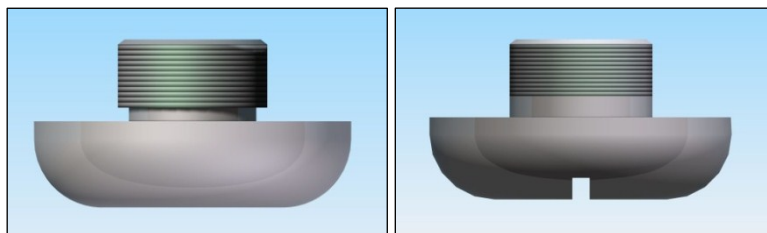
Använda sig av en så stor packning som möjligt för att minska eller undvika effekterna av krypningen. Tanken är att den skall täta med fullgod effekt även om den kryper, på grund av spåren för styrningen i sidan finns det risk för att packningen inte kan vara helt cirkulär.



Figur 24. Koncept B5 – Större packning

4.6.13. **Koncept B6 – Ny geometri på packningshållaren.**

Den befintliga packningshållaren är smalare intill huvudet vilket tillåter packningen att röra på sig. Genom att tillverka hållaren med större diameter intill huvudet kan packningen ej röra lika mycket på sig.



Figur 25. Koncept B6 – T.V. Befintlig packningshållare. T.H. Ny geometri på packningshållaren

4.6.14. **Koncept C1 – Minskad godstjocklek**

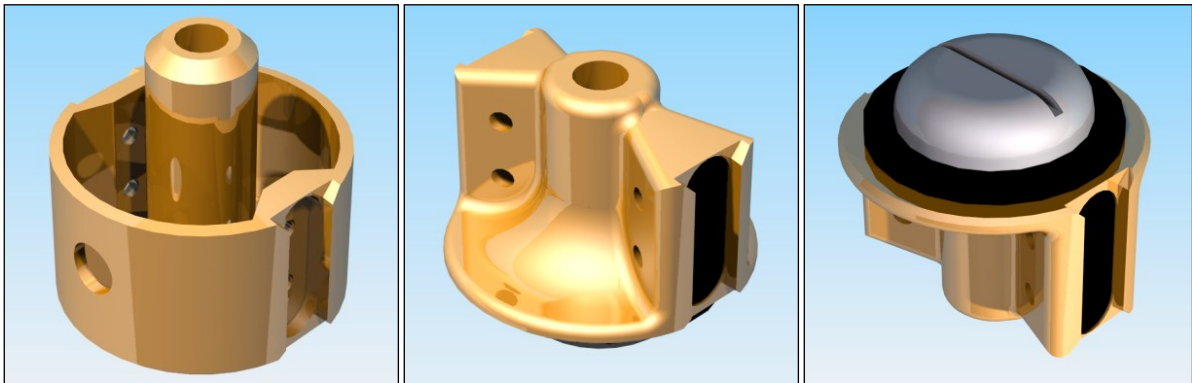
Dagens tjocklek på röret¹⁴ har valts godtyckligt utan beräkningar. Genom beräkningsarbete optimeras godstjockleken på röret för att på så sätt sänka materialkostnaden.

¹⁴ Ritning: 1-021-01 Rör D=36 d=20 L=735

4.6.15. Koncept C2 – Mindre material i kägla

Kägla är i dagsläget den enskilt dyraste detaljen i brandposten, materialkostnaden är 950 kr/kägla och därefter tillkommer 400 kr/kägla i bearbetning. Koncept C2 bygger på att på olika sätt minska materialåtgången. Utöver lägre materialkostnader är erhålls en kägla med lägre vikt. En lösning är att minska materialåtgången genom att minimera höjden på kägla och endast tillverka den så hög som den behöver vara för att fylla funktionen. Höjden är i dagsläget godtyckligt vald med god marginal för hur långt upp och ner kägla skall vandra vid öppet respektive stängt läge. Tanken är att till en början eliminera den översta smala biten på kägla.

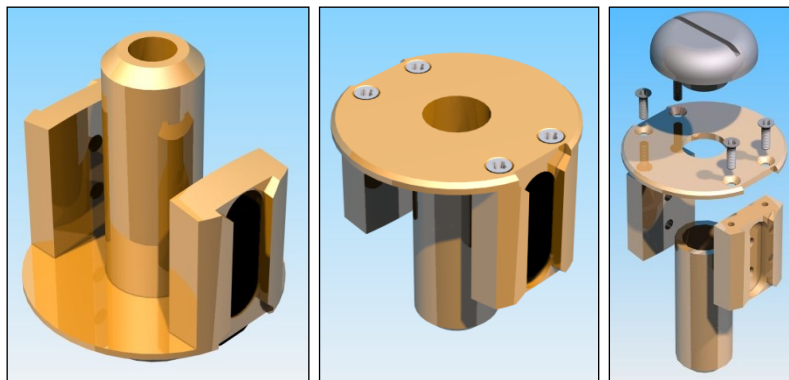
Efter en noggrannare analys konstaterades det att röret¹⁵ i mellandelen på detta konceptet görs 765 mm långt istället för 735 mm, samt att den trapetsgängade insatsdelen¹⁶ förlängs 10 mm. Dessa ändringar krävs för att kompensera den lägre höjden på den nya kägla så att den i det nya utförandet fortfarande skall kunna röra sig upp och ner som så pass mycket att samma genomströmningsflöde erhålls.



Figur 26. Koncept C2 – Mindre material i kägla

4.6.16. Koncept C3 – Kägla tillverkad i delar

Ett annat sätt att minimera materialåtgången är att tillverka kägla i fyra delar. Kägla består då av följande delar; en del för styrning på respektive sida, en del för botten samt en del för gängan. Dessa delar skruvas samman med försänkta skruvar. Den centrala delen för gängan är trapetsgängad i toppen. I botten är den gängad på insidan för att hållaren för botten tätningen¹⁷ skall passa. När packningshållaren skruvas in för att spänna fast packningen spänns samtidigt den centrala delen fast i botten delen av kägla.



Figur 27. Koncept C4 – Kägla tillverkad i delar.

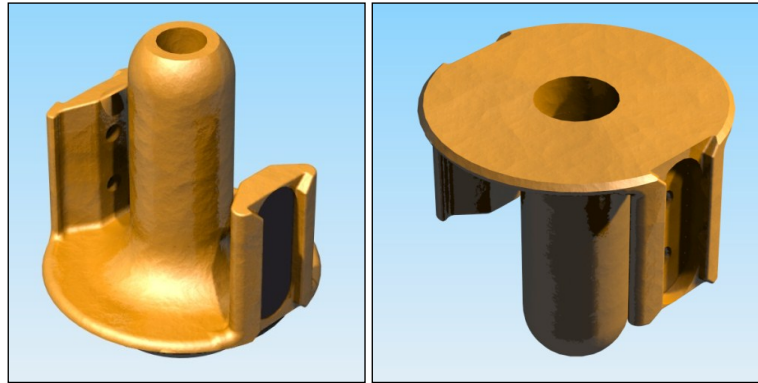
¹⁵ Ritning: 1-021-01 Rör D=36 d=20 L=735

¹⁶ Ritning: 1-021-02 Trapetsgängad insats del

¹⁷ Ritning: 1-023-04 Hållare botten tätning

4.6.17. **Koncept C4 – Gjuten kägla.**

Genom att gjuta käglan istället för att bearbeta fram den minimeras materialåtgången. För att detta skall vara möjligt måste designen anpassas för att gjutning. Det gjutna stycket måste dock bearbetas i efterhand eftersom den måste gängas i toppen och eventuellt fräsas för sidopackningarna. Detta koncept innebär att materialåtgången minimeras och förmodligen även den totala tillverkningstiden för käglan, lönsamheten beror på kostnader för gjutform samt beställningskvantiteter.



Figur 28. Koncept C5 – Gjuten kägla

4.7. **Utvärdering**

Samtliga koncept har utvärderats med hjälp av fyra olika typer av matriser, SWOT-analys, Pugh-matris samt Morfologisk matris. Dessa verktyg syftar till att på olika sätt skapa underlag för en kvalitativ eliminering av ej lovande koncept. Vid användandet av samtliga fyra utvärderingsverktyg har koncepten delats upp i samma områden som tidigare;

- **Koncept A** – Läckage i toppen
- **Koncept B** – Bottentätningen
- **Koncept C** – Kostnader

Nedan beskrivs tillvägagångssättet för respektive utvärderingsverktyg samt tillämpningen av dem.

4.7.1. **SWOT-analys**

SWOT analysen avser att ta fram konceptens styrkor, svagheter, möjligheter och hot. Konceptens förmodade egenskaper och tyngsta argument nedtecknades och sattes in i illustrativa SWOT-diagram. Denna analys hjälper till att definiera och förtydliga vilka områden på respektive koncept som det bör arbetas vidare på. På samma sätt kan analysen göra det lättare att jämföra svagheter och hot mellan koncepten som kan vara svåra att jämföra annars. I detta projekt användes SWOT-analysen främst som ett kompletterande underlag vid diskussionen med KZ Service då koncepten presenterades, förklarades och diskuterades. Respektive koncepts egenskaper utifrån SWOT-analysen kommer ej diskuteras under detta avsnitt utan finns bifogat som appendix F.

4.7.2. **Pugh matriser**

Pugh matriserna har används för att relatera koncepten till varandra utifrån ett antal valda kriterier. Ett flertal kriterier togs fram och diskuterades därefter igenom med KZ Service vilka

som skulle användas för att på bästa sätt täcka upp samtliga krav på den framtida lösningen, slutligen valdes sju stycken ut för att användas i matriserna.

- **Komplexitet** – resulterar lösningen i att produkten totalt sätt blir mer komplex?
- **Bearbetningsmoment** – skapar lösningen fler eller färre bearbetningsmoment?
- **Driftsäkerhet** – hur driftsäker är lösningen?
- **Montering** – blir monteringsarbetet lättare?
- **Underhåll** – behöver lösningen underhållas?
- **Implementerbar** – är det möjligt att implementera lösningen utan större modifieringar?
- **Tillverkningskostnad** – blir produkten totalt sätt billigare att tillverka?

Första Pugh-utvärderingen för A-koncepten eliminerade genast de tre första koncepten, de var svaga på flera punkter, troligen svåra att genomföra i praktiken alternativt mer svårmonterade än dagens produkt. Dessa tre koncept som eliminerades i första rundan kan snarare ses som lösningar på problemen än koncept som eliminerar problemen.

Andra rundan delades upp i två olika matriser eftersom dessa koncept var liknande lösningar på samma problem och den ena typen av lösning ej uteslöt den andra. Jämförelsen mellan alternativ A6 och A7, koncepten som syftar till att skapa bättre förutsättningar för O-ringarna visade sig vara lika på många punkter. Att göra ett riktigt spår för O-ringen, koncept A6 är dock mer lättmonterat och kräver inga extra delar. I matrisen som jämförde koncept A4 och A5 var den totala skillnaden ej särskilt stor och efter diskussion med KZ Service togs beslutet att arbeta vidare med båda två.

Pugh matris A: Läckage i toppen – Nr. 1								
Kriterium	Nuvarande	Lösningalternativ						
		Extra O-ring	Gångtätning	Fläns	Lagerhus 1	Lagerhus 2	Stödtring	Spår för O-ring
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
Komplexitet	0	-	-	-	+	+	0	-
Bearbetningsmoment	0	-	0	0	0	+	0	0
Driftsäkerhet	0	+	+	+	+	+	+	+
Montering	0	-	-	-	0	+	0	-
Underhåll	0	0	-	0	0	0	+	+
Implementerbar	0	+	+	-	+	+	+	+
Tillverkningskostnad	0	-	0	-	-	+	0	-
Antal +		2	2	1	3	6	3	3
Antal 0		1	2	2	3	1	4	1
Antal -		4	3	4	1	0	0	3
Nettovärde		-2	-1	-3	2	5	1	2
Rank	4	6	5	7	2	1	3	2
Fortsatt arbete		Nej	Nej	Nej	Ja	Ja	Ja	Ja

Tabell 5.

Pugh matris A: Läckage i toppen – Nr. 2		
Kriterium	Lösningalternativ	
	Lagerhus 1	Lagerhus 2
	A5	A4
Komplexitet	0	-
Bearbetningsmoment	0	+
Driftsäkerhet	0	-
Montering	0	-
Underhåll	0	0
Implementerbar	0	0
Tillverkningskostnad	0	-
Antal +	0	1
Antal 0	7	2
Antal -	0	4
Nettovärde	0	-3
Rank	1	2
Fortsatt arbete	Ja	Ja

Tabell 6.

Pugh matris A: Läckage i toppen – Nr. 3		
Kriterium	Lösningalternativ	
	Spår för O-ring	Stödning
	A7	A6
Komplexitet	0	-
Bearbetningsmoment	0	0
Driftsäkerhet	0	0
Montering	0	-
Underhåll	0	0
Implementerbar	0	0
Tillverkningskostnad	0	0
Antal +	0	0
Antal 0	7	5
Antal -	0	2
Nettovärde	0	-2
Rank	1	2
Fortsatt arbete	Ja	Nej

Tabell 7

Koncepten rörande tätningen i botten, koncept B, utvärderades i två rundor. I första rundan eliminerades två koncept som ansågs icke lovande; *Koncept B2, Spår i kägla* eftersom tillverkningen av spåren i kägla ansågs vara allt för tidskrävande och kostsam att tillverka. *Koncept B5, Större packning* eliminerades helt enkelt för att sannolikhet att det skulle fungera praktiskt i verkligheten var allt för låg.

I andra rundan eliminerades endast *B6, Ny geometri på packningshållare*, monteringen antogs bli svårare eftersom friktionen mellan hållaren och packningen redan i dagsläget med den ursprungliga, den ansågs heller ej besitta några större styrkor.

Pugh matris B: Bottentätningen - Nr. 1							
Kriterium		Lösningalternativ					
		Mer förstärkning	Spår i kågjan	Försänkning	Annat material	Större packning	Ny geometri på packningshållare
	Nuvarande	B1	B2	B3	B4	B5	B6
Komplexitet	0	0	-	0	0	-	0
Bearbetningsmoment	0	0	-	-	0	-	0
Driftsäkerhet	0	+	+	+	+	0	+
Montering	0	0	0	+	0	0	-
Underhåll	0	+	+	+	+	0	0
Implementerbar	0	+	+	+	+	+	+
Tillverkningskostnad	0	-	-	-	-	-	0
Antal +		3	3	4	3	1	3
Antal 0		3	1	1	3	3	4
Antal -		1	3	2	1	3	1
Nettovärde		2	0	2	2	-2	2
Rank		1	4	1	1	5	1
Fortsatt arbete		Ja	Nej	Ja	Ja	Nej	Ja

Tabell 8.

Pugh matris B: Bottentätningen – Nr. 2				
Kriterium	Lösningalternativ			
	Mer förstärkning	Försänkning	Annat material	Ny geometri på packningshållare
	B1	B3	B4	B6
Komplexitet	0	0	0	0
Bearbetningsmoment	0	-	0	0
Driftsäkerhet	0	+	0	0
Montering	0	+	0	-
Underhåll	0	+	0	0
Implementerbar	0	0	0	0
Tillverkningskostnad	0	0	0	0
Antal +	0	3	0	0
Antal 0	7	3	7	6
Antal -	0	1	0	1
Nettovärde	0	3	0	-1
Rank	2	1	2	3
Fortsatt arbete	Ja	Ja	Ja	Nej

Tabell 9.

I Pugh utvärderingen gällande *Koncept C*, *Lägre kostnader* eliminerades koncept *C2*, *Mindre material i kägla* i första omgången. Detta eftersom konceptet i helhet inte innebar en direkt lösning på problemet utan i verkligheten hade medfört ökade kostnader för tillverkningen av kägla. Andra rundan eliminerade ytterligare ett koncept, *C3 Kägla tillverkad i delar baserat på samma grunder som C2*. Det antogs att det fanns en överhängande risk att tillverknings- och monteringskostnaderna skulle öka samt riskera att tillförlitligheten eventuellt kunde blivit sämre då flera detaljer skall skruvas ihop. De två återstående koncepten *C1*, *Minskad godstjocklek på röret i mellandelen* samt *C4 Gjuten kägla* ansågs lovande och det togs beslut om att arbeta vidare med dessa två.

Pugh matris C: Kostnader – Nr. 1					
Kriterium	Lösningalternativ				
		Minskad godsjocklek	Mindre material i kågla	Kågla tillverkad i delar	Gjuten kågla
	Nuvarande	C1	C2	C3	C4
Komplexitet	0	0	-	0	0
Bearbetningsmoment	0	0	-	0	+
Driftsäkerhet	0	0	0	0	0
Montering	0	0	0	0	0
Underhåll	0	0	0	0	0
Implementerbar	0	+	+	+	+
Tillverkningskostnad	0	+	-	+	+
Antal +		2	1	2	3
Antal 0		5	3	5	4
Antal -		0	3	0	0
Nettovärde		2	-2	2	3
Rank		2	4	2	1
Fortsatt arbete		Ja	Nej	Ja	Ja

Tabell 10.

Pugh matris C: Kostnader – Nr. 2			
Kriterium	Lösningalternativ		
	Gjuten kågla	Minskad godsjocklek	Kågla tillverkad i delar
	C4	C1	C3
Komplexitet	0	+	-
Bearbetningsmoment	0	0	-
Driftsäkerhet	0	-	0
Montering	0	0	-
Underhåll	0	0	0
Implementerbar	0	0	0
Tillverkningskostnad	0	+	-
Antal +	0	2	0
Antal 0	7	4	3
Antal -	0	1	4
Nettovärde	0	1	-4
Rank	2	1	4
Fortsatt arbete	Ja	Ja	Nej

Tabell 11.

4.7.3. Morfologisk matris

Då flera av koncepten inte utesluter varandra utan kan kombineras användes en Morfologiskmatris för att ta fram alla möjliga kombinationer. Efter elimineringen med hjälp av Pugh matriserna placerades de återstående koncepten i en morfologisk matris och därefter genererades ett antal olika kombinationer, de två mest lovande kombinationerna presenteras i matriserna nedan. Det togs beslut om att tillverka dessa två kombinationer för att kunna utvärdera dem praktiskt i verkligheten.

Morfologisk matris			
Delproblem	Dellösningalternativ		
Läckage genom toppen	A4	A5	
Vatten i lagerhus	A6	A7	
Längre livslängd på packning	B1	B3	B4
Sänkta kostnader	C1	C4	

Tabell 12.

Morfologisk matris			
Delproblem	Dellösningalternativ		
Läckage genom toppen	A4	A5	
Vatten i lagerhus	A6	A7	
Längre livslängd på packning	B1	B3	B4
Sänkta kostnader	C1	C4	

Tabell 13.

4.8. Prototyp tillverkning, omgång 1

Som tidigare beskrivet togs det beslut att arbeta vidare med båda koncepten som innefattar nya typer av lagerhus, A4 och A5 och således tillverkades prototyper av båda varianterna. I enlighet med kombinationerna framtagna med de morfologiska matriserna kombinerades dessa prototyper med spår för O-ring i botten av lagerhusen, koncept A7.

Efter utvärderingen kontaktades olika leverantörer som tillverkar packningar. För koncept B1 beställdes den typ av packning med tre lager vävförstärkning som beskrevs i avsnitt 4.6.8 och en 9mm tjock packning utan vävförstärkning för test av koncept B3, försänkningen i kägla. Parallellt svarvades en befintlig kägla om som prototyp för test av koncept B3, försänkning i kägla.

För C-koncepten konstruerades en kägla anpassad för gjutning. Denna modell skickades till gjuteri för kostnadsförslag. Tyvärr fanns det ingen möjlighet att tillverka någon prototyp av den gjutna kägla på grund av för höga kostnader för gjutform. Under prototyp tillverkningen utfördes beräkningar för att optimera godstjockleken på röret i mellandelen samt lönsamheten för att gjuta kägla. Dessa beräkningar är redovisade under avsnitt 4.10.

4.9. Prototyptestning, omgång 1

Under följande avsnitt beskrivs test och resultat av tillverkade prototyper under omgång 1.

4.9.1. Prototyp A4/A7

Koncepten A4 och A7 kombinerades och en prototyp tillverkades i svart material. Ritningarna visade sig ha ett par brister i form av dubbelmåtsättning vilket innebär att samma längd måttsätts på flera olika ställen och det orsakar således problem vid tillverkaren då det ej går att härleda vilket mått som är viktigast. Dessa ändringar fördes in på ritningsunderlaget. Efter montage vattenfylldes brandposten och provtrycktes till 15 bar under 10 minuter enligt provtryckningsprotokoll¹⁸. Därefter ökades trycket ytterligare till totalt 20 bar. Efter provtryckning monterades brandposten isär för statuskontroll av lagerhuset. Det visade sig vara fritt från vatten. Medeltiden för montering lagerhus A4 var totalt 1 minut och 45 sekunder

4.9.2. Prototyp A5/A7

Även prototyp A5 tillverkades i kombination med koncept A7. Även denna prototyp gjordes i svart material och inga korrigeringar krävdes på prototypen före montage. Enligt samma förfarande som för *Prototyp A4/A7* monterades och provtrycktes brandposten för att därefter monteras isär och kontrolleras. Lagerhuset var även för denna prototyp fritt från vatten. Lagerhuset gick mycket enkelt att passa in i den övre flänsen för att därefter skruvas fast. En potentiell risk med detta koncept är att lagerhuset rent teoretiskt kan gängas ur flänsen, detta hände dock ej under något av testförsöken.

Medeltiden för montering av lagerhus A5 var totalt 1 minut och 25 sekunder.



Figur 29. Till vänster Prototyp A4/A7 och till höger Prototyp A5/A7

¹⁸ Bilaga X, provtryckningsprotokoll

4.9.3. Prototyp B1

Genom mer förstärkning var tanken att bottentätningen inte skulle resa sig längst ut då packningshållaren spänns hårt. Vid testerna visade det sig dock att det extra lagret av vävförstärkning ej hade någon inverkan överhuvudtaget. Därför avslutades arbetet med detta koncept.



Figur 30. Vävförstärkt bottentätning

4.9.4. Prototyp B3

I den omsvarvade käglan placerades de nya 9mm packningarna i den svarvade nedsänkningen och spändes fast med packningshållaren. Vanligtvis är det möjligt att se hur packningen reser sig från käglan när packningshållaren spänns hårt. Detta skedde ej i denna prototyp, detta trots att den nya packningen ej hade någon vävförstärkning.



Figur 31. Prototyp B3

4.9.5. Prototyp B6

Syftet med denna prototyp var att packningen inte längre skall kunna röra sig i sidled, resultatet blev dock ej vara som förväntat. Packningen blev svår att trä på plats och tillverkningen av gängan blev svårare enligt personalen i verkstaden. Det arbetades således inte vidare med detta koncept.

4.10. Beräkningar

4.10.1. Beräkning C1

När brandposten är stängd skall röret i insatsen ta upp minst den kraft som vattentrycket från vattenledningarna bidrar med för att hålla tätt. När brandposterna stängs är det dock vanligt att personalen drar åt hårdare än så för att vara säker på att de är stängda. Detta innebär att röret sätts i spänning när kägla skruvas mer och mer ned mot botten och överdelen på insatsen sitter fastskruvad. För att ta reda på den kraft detta utsätter röret för stängdes brandposterna med handkraft så hårt det gick. Därefter användes en momentnyckel för att fastställa med vilket moment brandposterna var stängda med.

Med hjälp av formeln för lyftskruvens/domkraftens mekanik är det möjligt att beräkna vilken axiell kraft åtdragningsmomentet påverkar röret.

$$\text{Formel för lyftskruvens mekanik}^{19} \quad M \cdot \eta = G \cdot r_m \cdot \tan(\varepsilon_1 + \varphi_m) \rightarrow G = \frac{M}{r_m \cdot \tan(\varepsilon_1 + \varphi_m)}$$

$$\text{Uppmätt åtdragningsmoment} \quad M = 175 \text{ Nm}$$

$$\text{Friktionstal}^{19} \quad \mu = 0,3$$

$$\text{Gängans profilvinkel}^{19} \quad \beta = 30^\circ$$

$$\text{Gängans medeldiameter i millimeter} \quad d_m = 21,5 \text{ mm}$$

$$\text{Gängans medelradie i meter} \quad r_m = 10,75 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Gängans stigning} \quad P = 5 \text{ mm}$$

$$\text{Medelstigningsvinkel} \quad \varphi_m$$

$$\text{Friktionsvinkel} \quad \varepsilon_1$$

$$\text{Verkningsgrad} \quad \eta$$

$$\text{Kraften som belastar röret axiellt} \quad G$$

$$\tan \varepsilon_1 = \frac{\mu}{\cos(\frac{\beta}{2})} \rightarrow \varepsilon_1 = \tan^{-1}\left(\frac{\mu}{\cos(\frac{\beta}{2})}\right)$$

$$\rightarrow \varepsilon_1 = \tan^{-1}\left(\frac{0,3}{\cos(\frac{30}{2})}\right) = 17,2539^\circ$$

$$\tan \varphi_m = \frac{P}{\pi \cdot d_m} \rightarrow \varphi_m = \tan^{-1}\left(\frac{5 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 21,5 \cdot 10^{-3}}\right)$$

$$\rightarrow \varphi_m = 4,23363^\circ$$

$$\eta = \frac{\tan \varphi_m}{\tan(\varepsilon_1 + \varphi_m)} \rightarrow \eta = \frac{\tan(4,23363)}{\tan(17,2539 + 4,23363)} = 0,18805$$

$$G = \frac{M}{r_m \cdot \tan(\varepsilon_1 + \varphi_m)} = \frac{175}{10,75 \cdot 10^{-3} \cdot \tan(17,25 + 4,23)} = 41353 \text{ N}$$

$$G_\eta = G \cdot \eta = 41353 \cdot 0,18805 = 7776,26 \text{ N} \approx 7,8 \text{ kN}$$

Röret belastas alltså under stängning med upp till 7,8kN

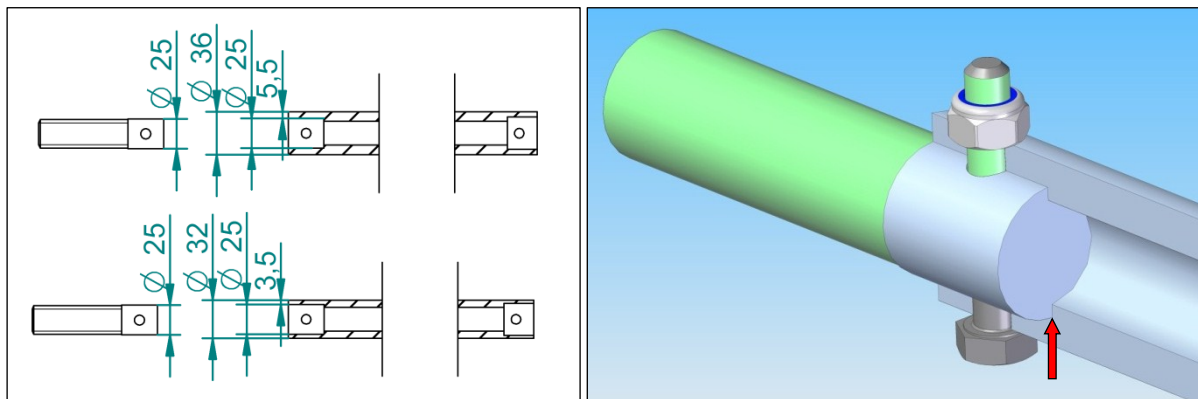
¹⁹ Enl. Formler och tabeller för mekanisk konstruktion, Karl Björk, 6:e upplagan, s. 20.

För att inte påverka antalet vridningsvarv som krävs för öppning och stängning av brandposten måste det vara samma dimension och stigning på den gängan som skruvar upp och ner käglan vid manövrering av brandposten. Det innebär att ytterdiametern på *1-021-02 Trapetsgängad insats del* måste vara samma storlek som tidigare; 25 mm. Detta ställer krav på att också innerdiametrarna på *1-021-01 Rör D=36 d=20 L=735* är samma som tidigare vilket resulterar i att det endast finns ett fåtal ämnesrör att välja mellan. Dessa mått visas i Tabell 14 nedan.

Det är inte sprinten i form av en skruv som tar upp kraften utan en plan yta inuti röret, den tunnare godstjockleken i ändarna av röret påverkas således inte hållfastheten lika mycket som det hade gjort om det var sprinthålen som tog upp kraften. Däremot så får hela röret en mindre godstjocklek vilket påverkar hållfastheten. Figur 32 illustrerar ytan som tar upp kraften.

Dimensioner Ämnesrör		
Ytterdiameter	Innerdiameter	Erhållen godstjocklek
32 mm	16 mm	3,5 mm
32 mm	20 mm	3,5 mm
36 mm	20 mm	5,5 mm

Tabell 14. Urval av tillgängliga standarddimensioner på ämnesrör, Källa BE Group.



Figur 32. T.V. Måtten på respektive rör. T.H. Cutout-view som visar ytan som tar upp kraften vid stängning, grön färg symboliserar gängade profiler.

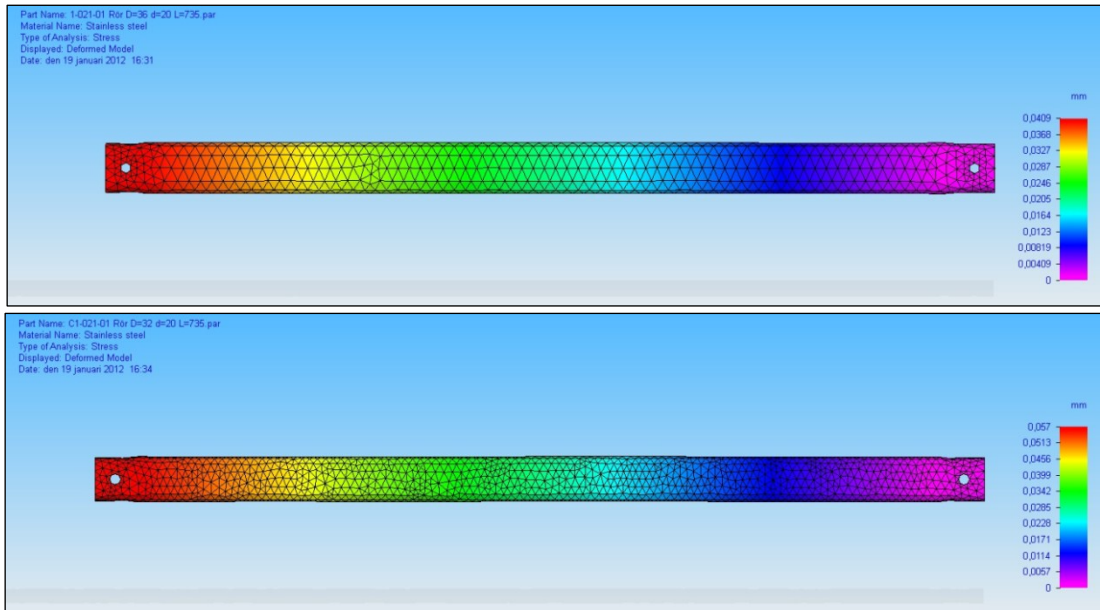
Med hjälp av mjukvaran FEMAP Express samt ovan ingångsvärden och beräkningar gjordes en enklare FEM-beräkning på respektive rör. FEM-analysen illustrerar deformationer samt relation till säkerhetsfaktor. Enligt kravspecifikationen skall samtliga delar som påverkas av krafter dimensioneras med en säkerhetsfaktor på minst 2. Beräkningarna och resultaten diskuterades med Anders Boström på Institutionen för Tillämpad Mekanik på Chalmers.

FEM-analys

De båda rören belastades axiellt med den framräknade kraften från avsnitt 4.10.1; 7,8kN. Vid analyser med hjälp av FEMAP Express måste det väljas en yta som är fast och inte rör sig. Vid denna beräkning valdes den ena änden av röret som fast och den andra änden belastades med kraften.

1. Deformation

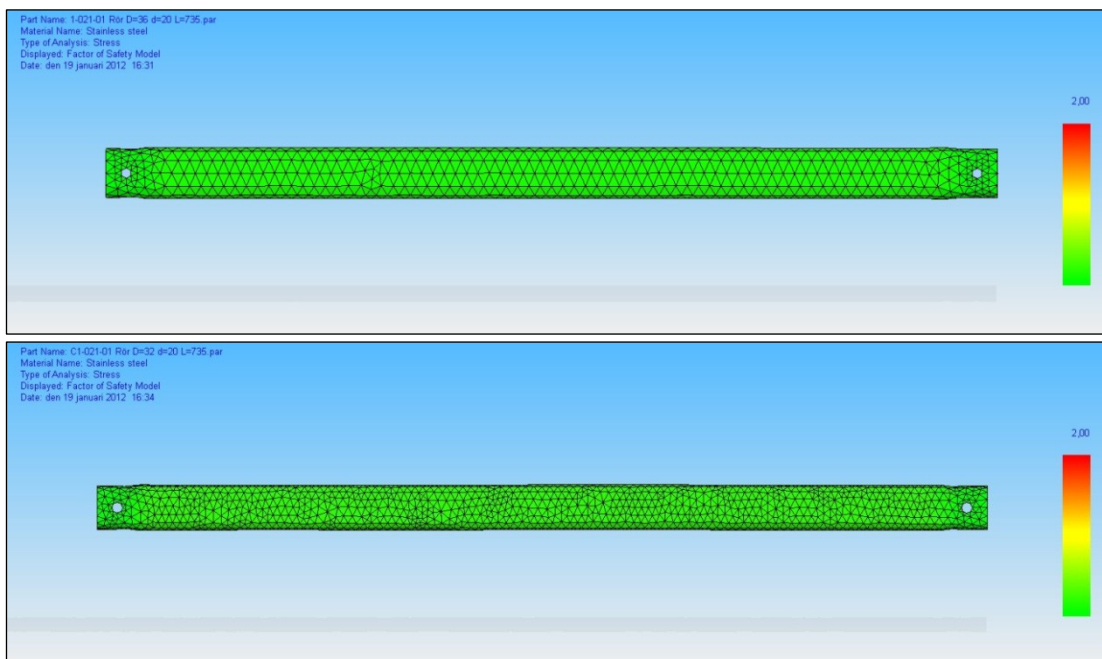
Vid jämförelse av de två olika rören konstaterades att den största deformationen vid 7,8kN belastning är 0,057mm för det ursprungliga Ø36mm röret och 0,0409mm för det nya Ø32 mm röret. Det skiljer alltså endast 0,008 mm vilket är försumbart. Anledningen att deformationen i beräkningarna ökar med längden är att den nedersta punkten i rören valdes som fix punkt i beräkningarna.



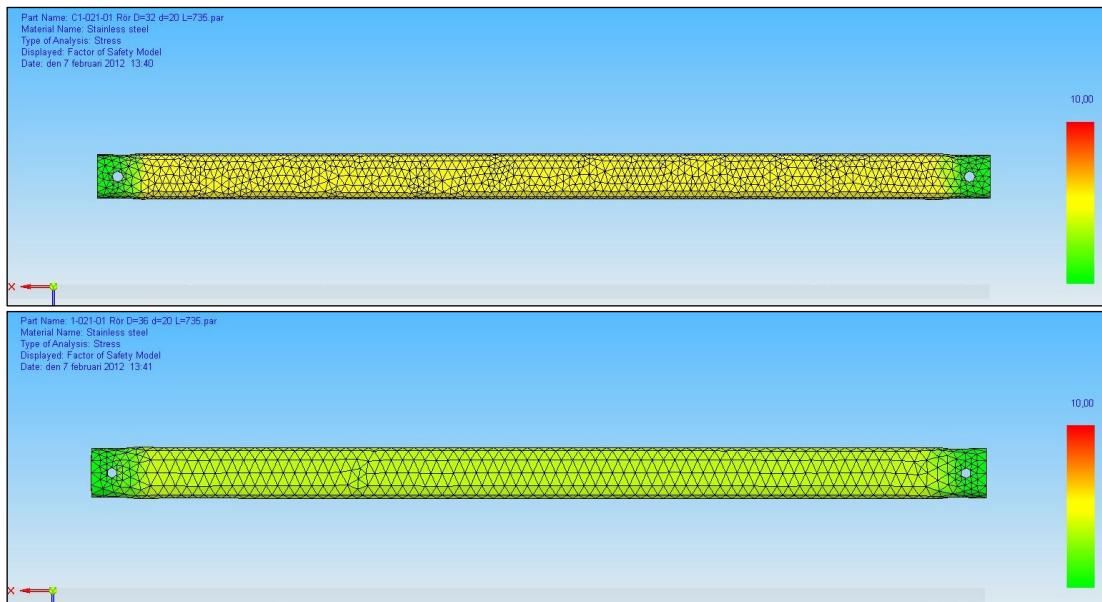
Figur 33. Urklipp från FEM-beräkning som visar deformationen. Överst: Ø32mm, Nederst Ø36mm.

2. Säkerhetsfaktor

Enligt kravspecifikationen skall belastade delar konstrueras med en säkerhetsfaktor på 2. Vid beräkning av säkerhetsfaktorn vid 7,8kN belastning var det ingen märkbar skillnad på resultaten mellan de båda rören vid en säkerhetsfaktor på 2. Först när man räknade mot en säkerhetsfaktor på 5 respektive 10 kunde det tydas en skillnad på de visuella resultaten. I beräkningsrapporten visade det sig att Ø36mm röret har en säkerhetsfaktor på 9,833 vid belastning med 7,8kN och Ø32mm rörets säkerhetsfaktor vid samma belastning är 9,230. Således är båda rören kraftigt överdimensionerade och borde dimensioneras betydligt mindre. Detta hade varit möjligt om det inte funnits krav på att använda samma dimension på den trapetsgångade delen.



Figur 34. Överst. Säkerhetsfaktor 2 – 36mm, Nederst: Säkerhetsfaktor 2 – 32mm



Figur 35. Överst: Säkerhetsfaktor 10 – 36mm, Nederst: Säkerhetsfaktor 10 – 32mm

4.10.2. Beräkning C4

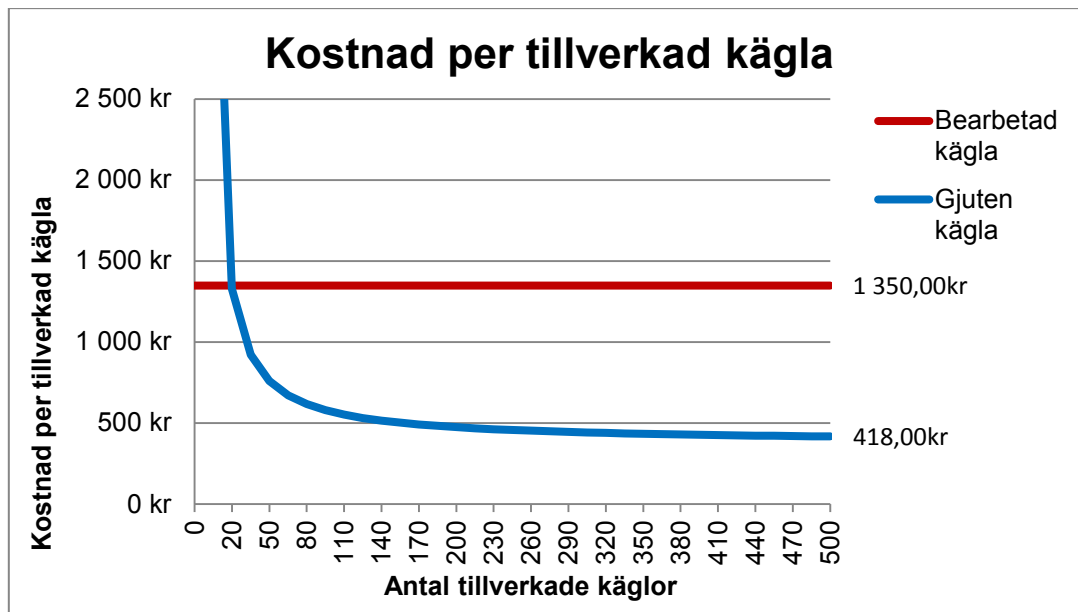
Att gjuta kägla resulterar i effektivare användning av material eftersom minimal mängd material behöver bearbetas bort. Före bearbetning utgår man i dagsläget från ett stycke som väger 9,5kg. Vid gjutning erhåller man en kägla vars totalvikt innan bearbetning är cirka 1,7kg. Kostnaden för modellutrustning och gjutanpassning offererades ifrån *Blomstermåla Metall Gjuteri* på 19.000kr och en kostnad per gjuten kägla på 130kr, därefter måste spåren för packningarna på sidan av kägla fräsas samt trapetsgången svarvas, vilket i diskussion med Karl Zickert på KZ Handels uppskattades till 250kr, baserat på att motsvarande moment görs på den befintliga bearbetade kägla. Den årliga produktionen är som tidigare nämnt 150 till 200 brandposter. Beräkningarna baserades på en årlig produktion på cirka 150 brandposter, detta resulterar i en kostnad på cirka 500 kronor per kägla första året, andra året blir totalkostnaden cirka 445 kronor per kägla. Beräkningarna redovisade i bilaga visar att det blir lönsamt att använda sig av en gjuten kägla redan då det tillverkats 19 stycken gjutna kägla. Vanligvis skrivs investeringar av under flera år vilket skulle innebära en lägre kostnad per kägla det första året.

Bearbetad kägla:

- *Materialkostnad:* 950kr
- *Bearbetning:* 450kr

Gjuten kägla:

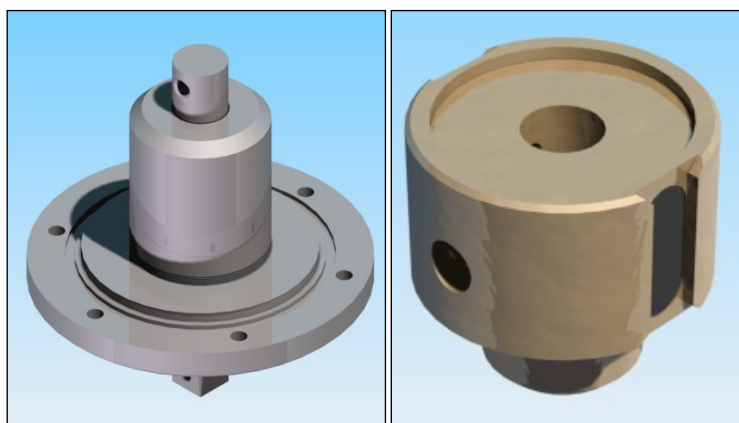
- *Gjutform:* 19.000kr
- *Materialkostnad:* 130kr
- *Bearbetning:* 250kr



Figur 36. Kostnad för gjuten kägla relativt bearbetad.

4.11. Utvärdering av prototypomgång 1

Efter att de båda lagerhusprototyperna tillverkats, monterats och provats utvärderades dessa med hjälp av Pugh-matrisen nedan. I diskussion med Samuel Nyman värderades egenskaperna för respektive prototyplagerhus och ingen av prototyperna ansågs vara mer komplexa än det ursprungliga lagerhuset. Däremot kräver Prototyp A4/A7 mer bearbetning i form av svarvning, samt mer material och tog längre tid att montera. Således prioriterades koncept A5 då detta var bättre på alla dessa punkter vilket även Pugh-matrisen visade. Gällande resultatet av *Koncept A7, Korrekta spår för O-Ringar* innebär detta att lagerhuset hölls fritt från vatten som önskat. Koncept A5/A7 med det skruvade lagerhuset och korrekt utformade spår för O-ringar kommer det arbetas vidare på i enlighet med Pugh Matrisen nedan.

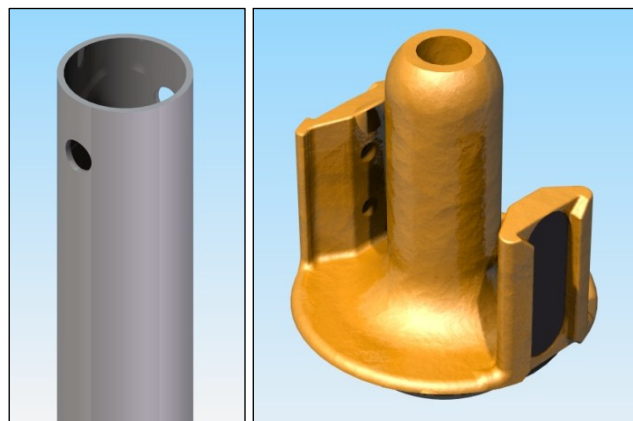


Figur 37. Koncepten det togs beslut om att arbeta vidare med, A5/A7 & B3.

Pugh matrix - Tillverkade A-prototyper			
Kriterium	Lösningalternativ		
		Lagerhus 1 & spår för O-Ring	Lagerhus 2 & spår för O-Ring
	Ursprunglig	A4/A7	A5/A7
Komplexitet	0	0	0
Bearbetningsmoment	0	-	+
Driftsäkerhet	0	+	+
Montering	0	0	+
Underhåll	0	+	+
Implementerbar	0	+	+
Tillverkningskostnad	0	-	+
Antal +	0	3	6
Antal 0	7	2	1
Antal -	0	2	0
Nettovärde	0	6	6
Rank	3	2	1
Fortsatt arbete		Nej	Ja

Tabell 15.

Gällande koncepten det gjordes beräkningar på ansågs båda beräkningarna vara underlag nog för att arbeta vidare med dessa. För det tunnare röret i insatsen togs det beslut om att tillverka en prototyp för test i samband med en ny omgång prototyper. Kostnaderna för gjutform för *Koncept C4, Gjuten kägla* ansågs fortfarande för höga för att tillverka en prototyp och istället önskade man att arbeta vidare med 3D-modellen för att eventuellt tillverka en prototyp vid ett senare tillfälle.

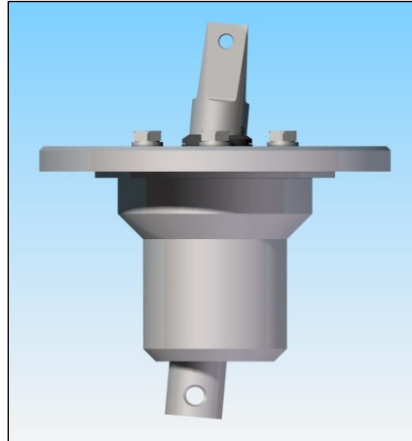


Figur 38. Koncepten det togs beslut om att arbeta vidare med, C1 & C4.

4.12. Nytt identifierat problem - Ocentrerad axel

I samband med att prototyperna testades påpekade KZ Service ett tidigare problem. Det har nämligen visat sig att då axeln monteras i lagerhuset finns det ibland problem med att denna ej centreras. Detta hade KZ:a vid ett tidigare tillfälle försökt åtgärda genom att använda sig av

noggrannare toleranser mellan axeln och hålet i den övre flänsen²⁰. Det resulterade dock i att de båda rostfria delarna skar fast i varandra och således ökades toleranserna igen. Problemet med centreringen kvarstår därför. Det togs fram två snarlika lösningar på problemet vilka presenteras i avsnitten nedan.

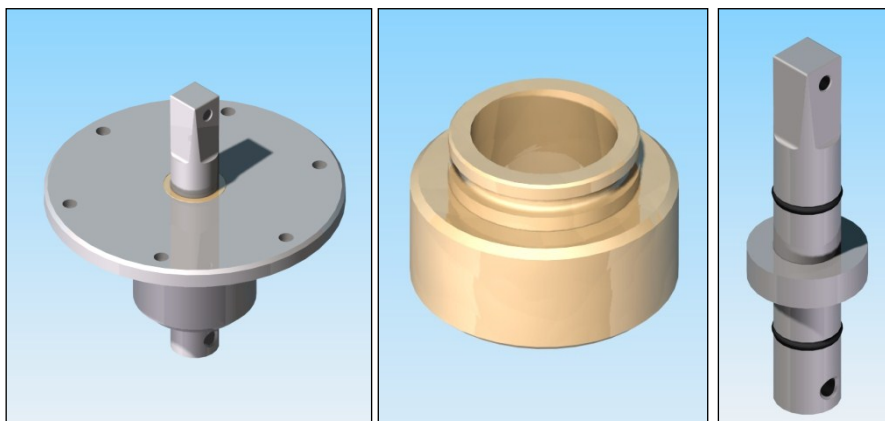


Figur 39. Överdriven illustration på dåligt centrerad axel

4.12.1. Koncept A8 – Axelcentrering 1

Syftet med konceptet är att kunna tillämpa noggranna toleranser utan att delarna skär fast i varandra. Genom att använda olika material undviks detta. I koncept A8 svarvas lagerbussningarna²¹ ner i ena änden och placeras i övre delen av lagerhuset²². På så sätt undviks att axeln och den övre delen av lagerhuset skar fast i varandra trots att man använder sig av noggranna toleranser.

Ytan mellan den nya lagerbussningen och den övre delen tätas med hjälp av korrekt utformade spår för o-ringar. För att undvika att öka antalet ingående komponenter i produkten så ersätts även den undre lagerbussningen med samma typ av ny lagerbussning. På så sätt förhindras att detaljerna i rostfritt skar fast i varandra även i nedre delen av lagerhuset och ingående komponenter ökar inte i antal. I detta läge måste det även tätas mellan själva axeln och lagerbussningarna. Eftersom materialet i lagerbussningen blir tunt i den delen där o-spåret placeras finns där inte godstjocklek som är tjock nog för att rymma även ett spår på insidan för att tätas mot axeln. Istället placeras detta o-ringspår på axeln enligt Figur 40 nedan.



Figur 40. Koncept A8 – Axelcentrering 1

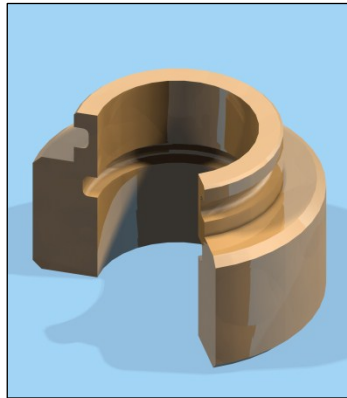
²⁰ Ritning: 1-022-04 Fläns vid trycklager

²¹ Ritning: 1-022-02 Lagerbussning

²² Ritning: 1-022-04 Fläns vid trycklager

4.12.2. **Koncept A9 – Axelcentrering 2**

Till grunden är det samma konstruktion som koncept A8 men skillnaden ligger i att man placerar O-ringarna mot axeln i lagerbussningen istället. För att dessa skall få plats placeras spåren nere i den tjockaste delen av lagerbussningen enligt bilderna nedan. Med denna lösning behövs det inte svarvas några spår i axeln.



Figur 41. Koncept A9 – Axelcentrering 2

4.13. **Utvärdering - Axelcentrering**

De två olika koncepten för axelcentreringen utvärderades med hjälp av Pughmatriser på samma sätt som tidigare. Då koncepten är väldigt lika varandra är det svårt att få fram en klar vinnare genom utvärderingarna. Under diskussion med Samuel Nyman togs beslutet att tillverka båda varianterna för att testa montering och funktion hos båda koncepten. Matriserna nedan visar utvärderingen först i relation med den ursprungliga bussningen och därefter de koncept A9 relativt A8.

Pugh matrix 1 – Axelcentrering			
Kriterium	Lösningalternativ		
	Ursprunglig	Axelcentrering 1 A8	Axelcentrering 2 A9
Komplexitet	0	-	-
Bearbetningsmoment	0	-	-
Driftsäkerhet	0	+	+
Montering	0	-	-
Underhåll	0	+	+
Implementerbar	0	+	+
Tillverkningskostnad	0	-	-
Antal +	0	3	3
Antal 0	7	0	0
Antal -	0	4	4
Nettovärde	0	6	6
Rank	3	2	1
Fortsatt arbete		Ja	Ja

Tabell 16.

Pugh matrix 2 – Axelcentrering		
Kriterium	Lösningalternativ	
	Axelcentrering 1 A8	Axelcentrering 2 A9
Komplexitet	0	-
Bearbetningsmoment	0	-
Driftsäkerhet	0	0
Montering	0	-
Underhåll	0	0
Implementerbar	0	0
Tillverkningskostnad	0	0
Antal +	0	0
Antal 0	7	5
Antal -	0	3
Nettovärde	0	-3
Rank	1	2
Fortsatt arbete	Ja	Nej

Tabell 17.

4.14. Prototyp tillverkning, omgång 2

Efter att det tagits beslut om att integrera de två koncepten för axelcentrering A8 och A9 krävde omkonstruktion av samtliga delar som ingår i *1-022-00 Insats övre del*²³. Följande åtgärder krävdes.

Ritningsnummer	Benämning	Åtgärd
A8-022-02	Lagerbussning	Konstruktion enligt beskrivningen i 4.12.1
A9-022-02	Lagerbussning	Konstruktion enligt beskrivningen i 4.12.2
1-022-01	Insats övre axel	Då höjden totalhöjden på lagerbussningarna är samma som tidigare fast det nu skall ligga i samma höjd som toppen och botten av lagerhuset innebär det att axeln måste göras kortare.
A5-022-03	Hållare för flänslager	Då översta ytan på de nya lagerbussningarna skall ligga i plan med ovansidan på denna detalj måste hålet göras större.
1-022-04	Fläns vid trycklager	Då nedersta delen på lagerbussningen skall ligga i samma plan som undersidan av denna detalj måste hålet i botten göras större. Samtidigt måste hela lagerhuset kortas ner lika mycket som lagerbussningarna sticker ut genom botten och toppen av detaljen.

Tabell 18.

Fyra standard lagerbussningar svarvades om enligt koncept A8 & A9, för att detta skulle vara möjligt skapades ritningarna *A8-022-02* och *A9-022-02* dessa som finns bifogade i appendix. De övriga delarna till lagerhuset fick tillverkas från grunden. Detaljerna vid den första prototyp tillverkningen tillverkades i svart stål, vid andra prototyp omgången tillverkades däremot i rostfritt stål. Detta för att nå så nära den slutliga produkten som möjligt. Samtliga detaljer tillverkas med korrekta toleranser och passningar enligt ritningarna.

4.15. Prototyp testning, omgång 2

Under följande avsnitt beskrivs test och resultat av tillverkade prototyper under omgång 2.

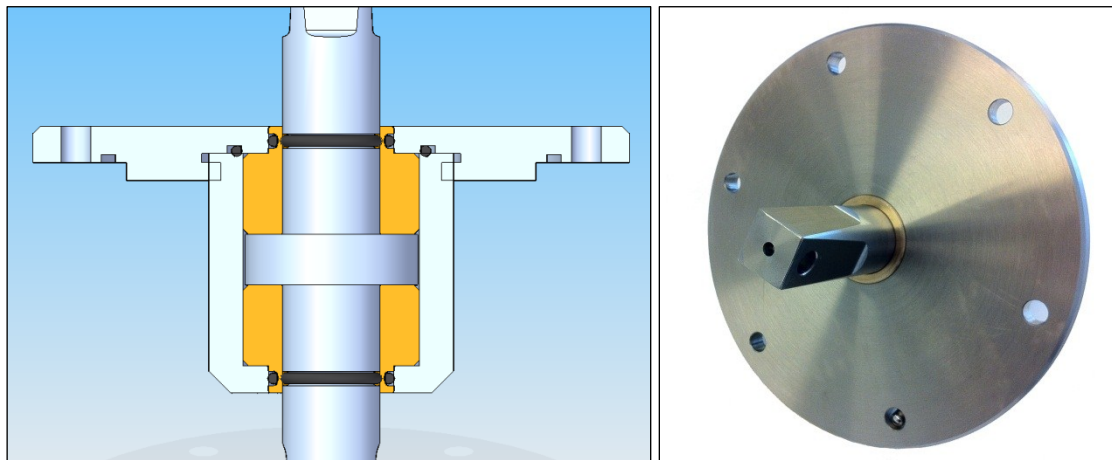
4.15.1. Prototyp A5/A8

Det upptäcktes inga problem vid monteringen av delarna. Monteringen av O-ringarna på *1-022-01 Insats övre axel* krävde viss försiktighet eftersom hörnen i ovankant är skarpa, det var dock ingen större svårighet att montera varken den övre eller undre *A8-022-02 Lagerbussning* på axeln. Därefter placerades de tre ovan nämnda delarna tillsammans i *A5-022-03 Hållare för flänslager*. Viss försiktighet krävdes när den nedre lagerbussningen skulle placeras i hållaren så att O-ringen i botten placerades korrekt, på samma sätt krävdes viss försiktighet när sedan *1-022-04 Fläns vid trycklager*, skulle placeras ovanpå för att sedan skruvas på plats. Sammanfattningsvis gick monteringen förhållandesvis lätt trots att det var nya icke beprövade delar.

Därefter monterades rör och kägla på *1-022-00 Insats övre del* och denna monterades i brandpostkroppen. Brandposten provtrycktes till 20 bar enligt KZ Service uppsatta provtryckningsprotokoll, brandposten tömdes på vatten därefter upprepades denna process totalt 10 gånger. Under provtryckningen upptäcktes inget läckage i toppen av brandposten.

²³ Ritning: 1-022-00 Insats övre del

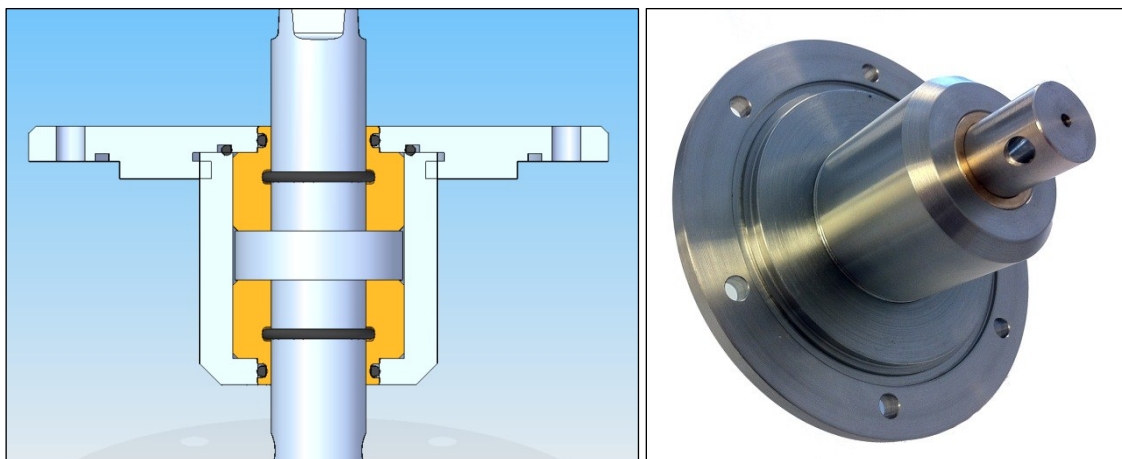
Vid demontering av brandposten och lagerhuset fanns det inga tecken på att vatten skulle ha läckt in i lagerhuset.



Figur 42. Prototyp A5/A8

4.15.2. Prototyp A5/A9

Inte heller vid monteringen av denna prototyp upptäcktes några större problem. Respektive lagerbussning försågs med en utvändig O-ring mot flänsen samt en invändig O-ring mot axeln. När lagerbussningarna skall placeras på axeln innan de förs ned i lagerhuset krävdes försiktighet för att axelns skarpa hörn längst upp ej skall skada O-ringarna eller trycka dem ur sina lägen. Även i detta fall gick monteringen förhållandevis lätt. När den kompletta brandposten var monterad provtrycktes den vid 10 upprepade tillfällen. Vattenläckage upptäcktes vare sig under själva provtryckningen eller vid demonteringen efteråt.



Figur 43. Prototyp A5/A9

4.16. Vald lösning

Efter testerna av prototyperna beslutades det efter diskussioner med KZ Service att den slutgiltiga produkten kommer bygga på följande koncept. Skillnaderna mellan de två prototyperna som tillverkades i omgång 2 var väldigt små, den skillnaden som fanns var att det var aningen lättare att montera bussningarna när O-ringarna satt fast på axeln istället för

på insidan av bussningen. Detta gav -1 på nettovärde i Pugh matrisen nedan och Prototyp A5/A8 valdes.

Pugh matris - Prototyp omgång 2		
Kriterium	Lösningalternativ	
	Prototyp A5/A8	Prototyp A5/A9
	A5/A8	A5/A9
Komplexitet	0	0
Bearbetningsmoment	0	0
Driftsäkerhet	0	0
Montering	0	-
Underhåll	0	0
Implementerbar	0	0
Tillverkningskostnad	0	0
Antal +	0	0
Antal 0	7	6
Antal -	0	1
Nettovärde	0	-1
Rank	1	2
Fortsatt arbete	Ja	Nej

Tabell 19. Utvärdering av prototyp omgång 2

Illustrerat i den Morfologiska matrisen nedan består den slutliga valda lösningen av en kombination av följande koncept.

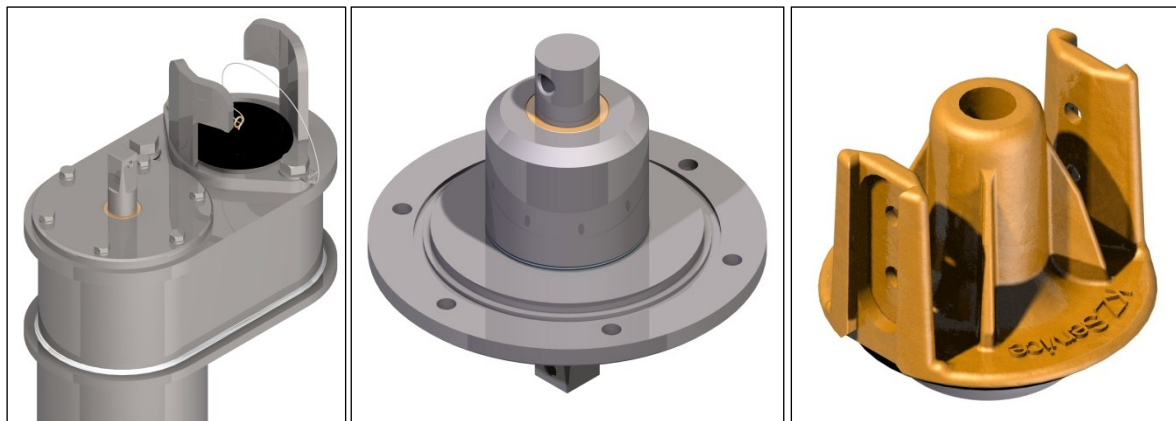
Morfologisk matris					
Delproblem	Dellösningalternativ				
Läckage genom toppen	A1	A2	A3	A4	A5
Vatten i lagerhus	A6	A7			
Längre livslängd på packning	B1	B2	B3	B4	B5
Längre livslängd på packning	B6				
Sänkta kostnader	C2	C3	C4	C5	
Sänkta kostnader	C1				
Ocentrerad axel	A8	A9			

Tabell 20. Utvärdering av prototyp omgång 2

Den slutgiltiga lösningen av insatsen består av ett lagerhus som skruvas upp i den övre flänsen, risken att lagerhuset skall gängas ur ansågs vara låg då det aldrig visade sig några sådana tendenser under eller efter de genomförda testerna. För att ändå säkerställa att detta ej sker kommer det användas flytande gänglåsning vid monteringen. Detta innebär att kunderna ej kommer ha möjligheten att kunna montera isär lagerhusen själva ute på plats vid brandposterna, det görs dock ej heller i dagsläget då det är ytterst sällan kunderna har reservdelarna som krävs. Vidare kommer toppflänsen och lagerhuset förses med riktiga spår för O-ringar samt den valda lösningen för axelcentrering då detta visade sig under testerna fungera mycket bra trots att brandposterna provtrycktes till hela 20 bar, vilket är en säkerhetsfaktor på 2,5.

För att sänka kostnaderna kommer ett smalare och rör användas som axel i insatsen enligt avsnitt 4.10.1.

Nya brandposter bör också levereras med gjuten kägla istället för dagens bearbetade, denna kägla är kombinerad med koncept B3, försänkningen, den inkluderar även delar av koncept C2 på så sätt att den är gjord lägre än den befintliga käglan.



Figur 44. Vald lösning

4.17. Produktion

I samband med uppställning av kostnadskalkyl för brandposten efterfrågades kostnaderna för respektive del för att kunna bestämma hur mycket respektive åtgärd på verkar den totala tillverkningskostnaden. Den nuvarande externa tillverkaren Tremeco AB kunde inte erbjuda detta utan hänvisade till det nuvarande priset baserat på samtliga ingående delar. För att kunna göra en korrekt jämförelse uppskattades tillverkningskostnaderna tillsammans med Karl Zickert på KZ Handels för respektive del i dagens brandpost samt vad kostnaden skulle bli om KZ Handels AB tillverkade dem. Tillverkningskostnaden för den befintliga brandposten jämfördes med totalpriset från Tremeco AB. Därefter jämfördes tillverkningskostnaderna på den befintliga brandposten med brandposten med den nya insatsen.

Kalkylen nedan visar att totalkostnaden för tillverkningen av komponenterna till den befintliga brandposten sjunker med 1954 kr motsvarande 18,3% om tillverkningen läggs hos KZ Handels. Inför ändringarna föreslagna i avsnittet ovan sjunker kostnaderna med ytterligare 1523kr vilket ger en total sänkning av tillverkningskostnaderna på 32,6 % samtidigt återfår man kunskapen om tillverkningen och kan sannolikt även sänka ledtiderna vid tillverkningen då KZ Handels har kommunikation dagligen med KZ Service.

Befintlig - KZ Handels	
Del	Kostnad
Mantelrör med flänsar	██ kr
Insats sammanställning	██ kr
Kägla sammanställning	██ kr
Anslutning typ A	██ kr
Övriga delar (O-ringar etc.)	██ kr
Montering	██ kr
Summa	██ kr
Skillnad mot Tremeco	██ kr

Befintlig med ny insats - KZ Hand.	
Del	Kostnad
Mantelrör med flänsar	██ kr
Insats sammanställning	██ kr
Kägla sammanställning	██ kr
Anslutning typ A	██ kr
Övriga delar (O-ringar etc.)	██ kr
Montering	██ kr
Summa	██ kr
Skillnad mot Tremeco	██ kr

Befintlig – Tremeco	
Del	Kostnad
Brandpost sats	██ kr
Anslutning typ A	██ kr
Övriga delar (O-ringar etc.)	██ kr
Montering	██ kr
Summa	██ kr

GBG Vatten AB	
Försäljningspris	██ kr
Vinstmarginal (kr)	██ kr
Vinstmarginal (%)	30%

GBG Vatten AB	
Försäljningspris	██ kr
Vinstmarginal (kr)	██ kr
Vinstmarginal (%)	42%

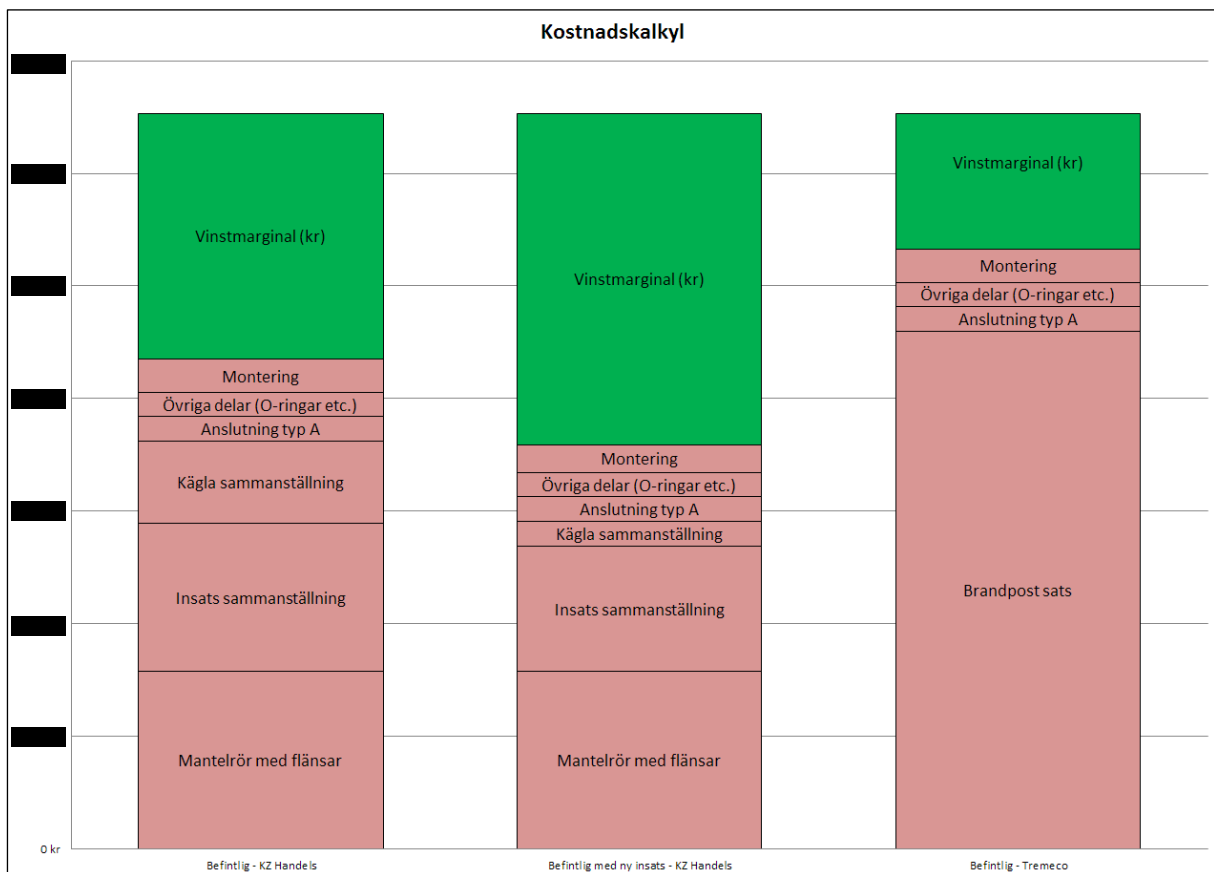
GBG Vatten AB	
Försäljningspris	██ kr
Vinstmarginal (kr)	██ kr
Vinstmarginal (%)	14%

Grossist	
Försäljningspris	██ kr
Vinstmarginal (kr)	██ kr
Vinstmarginal (%)	33%

Grossist	
Försäljningspris	██ kr
Vinstmarginal (kr)	██ kr
Vinstmarginal (%)	45%

Grossist	
Försäljningspris	██ kr
Vinstmarginal (kr)	██ kr
Vinstmarginal (%)	18%

Tabell 21.



Tabell 22.

4.18. Resultat och rekommendationer

Trots begränsningarna att endast omkonstruera insatsen i brandposten ger den nya insatsen relativt stora ekonomiska vinster men framförallt har problemen med läckage och kort livslängd på bottenätningen åtgärdats. Totalt sett kan vinstmarginalen för brandposten ökas från 18% till 33%, det innebär en ökning på hela 83%. Detta under förutsättning att KZ Service tar hem tillverkningen av komponenterna till KZ Handels och samtidigt inför användning av den nya insatsen.

Kravspecifikation - Befintlig brandpost				
Kriterium	Kontrollmetod	Målvärde	Krav/Önskemål	Status
Funktion				
Temperatur intervall	Termometer	0°C till +50°C	Krav	
Temperatur intervall	Termometer	-30°C till +50°C	Önskemål	
Max höjd	Mätning	1100 mm	Krav	
Anslutning		DN100 Fläns	Krav	
Anslutning		Älmhultsfläns	Önskemål	
Kemikaliebeständighet	Dokumentation	Klara av låga halter av klor	Krav	
Kemikaliebeständighet	Dokumentation	Klara av låga halter av oljor	Krav	
O-Ringar	Dokumentation	Oljebeständiga	Krav	
Dräneringstid	Tid	15 min	Krav	
Tryckklass	Manometer	PN16	Krav	
Anslutning		Kompatibel med typ A, B & C	Krav	
Flöde	Beräkning	Minimum 160m ³ /h	Krav	
Undertryck	Test	Klara av undertryck	Krav	
Stängning		Medurs	Krav	
Öppning	Test	Fullt öppen efter 7-15 varv	Krav	
Öppning	Test	Rimligt flöde efter 3 varv	Krav	
Märkning		ID-nummer på ovansida	Krav	
Dött vatten	Mätning	0 liter	Önskemål	
Underhåll				
Serviceintervall	Test	Aldrig	Önskemål	
Smörjmedel	Dokumentation	Livsmedelsgodkända	Krav	
Smörjintervall	Test	Aldrig	Önskemål	
Verktyg		Standard	Krav	
Demonteringstid	Test	Max 15 min	Önskemål	
Renoveringsbar		Ifrån ovan	Krav	
Tillverkning				
Tillverkningskostnad	Kostnadsberäkning	10 153 kr	Krav	
Monteringstid	Tid	1 timme	Önskemål	
Verktyg		Standard	Önskemål	
Kvalitet				
Livslängd - Mantel med flänsar		100 år	Krav	
Livslängd - Insatts		100 år	Önskemål	
Miljö				
Demonterbar för materialåtervinning	Test	Fullt demonterbar med standardverktyg	Krav	
Materialåtervinning	Dokumentation	100% återvinningsbara material	Krav	

Som kravspecifikationen visar är det endast en punkt som inte är uppfylld, det gäller önskemålet om att det skall vara helt fritt från dött vatten. På grund av brandpost kroppens konstruktion fanns inga möjligheter att åtgärda detta med hjälp av en ny insats eftersom dräneringshålen inte sitter i botten på brandpostkroppen.

De orangemarkerade statusrutorna gäller punkter som inte har varit möjliga att verifiera, till exempel 100års livslängd. När det gäller service intervall så har inte den nya insatsen visat

några tecken på att den behöver smörjas löpande, dock är testperioden för kort för att kunna säkerställa detta fullständigt. O-ringarna bör dock ha både bättre tätningsförmåga och livslängd nu när det används enligt rekommendationer från tillverkarna. 100 års livslängd är ett krav för brandpostkroppen och den är inte påverkad av projektet och har således samma livslängd som tidigare. Gällande insatsen så är 100 års livslängd endast ett önskemål.

Rekommendationerna till KZ Service är att snarast möjligt införa samtliga förändringar som innefattas i den valda lösningen, detta då samtliga tester har visat på lyckade resultat. Först den nya överdelen i insatsen för att leverera nya brandposter utan de bristerna som finns i dagsläget. Vidare bör den gjutna kägla tillverkas samt ersätta den gamla axeln i insatsen med den nya smalare varianten för att på så sätt öka vinsten per såld produkt, desto tidigare den gjutna kägla tillverkas desto snabbare täcker man upp kostnaderna för gjutformen. Dessa förändringar tillsammans med inhouse-tillverkning skapar en bättre produkt, ökar marginalerna och skapar mer tillförlitliga leveranstider.

5. Del C – Konceptgenerering av ny brandpost

5.1. Bakgrund

Under avsnitt 4.1 *Bakgrund* beskrevs problematiken kring reparation av nedgrävda brandposter, detta begränsade utvecklingsarbetet under del B av projektet till att endast beröra insatsen i brandposten. Av den anledningen gjordes valet att genomföra en ren konceptstudie utan begränsningar till att endast röra insatsen. Beroende på resultatet av den nya brandposten kan KZ Service i framtiden att bygga vidare på konceptstudien för att antingen utöka sitt utbud av brandposter med den nya brandposten, alternativt ersätta den gamla brandposten med en ny variant.

5.2. Syfte & Mål

Syftet var att ta fram ett koncept och skapa grunderna för en framtida ny brandpost utan hänsyn till den befintliga brandposten. Utryckta önskemål från KZ Service för en framtida ny produkt är sänkta tillverkningskostnader samt att brandposten till stor del skall gärna skall vara tillverkad i polyeten. Detta eftersom stor del av vattenledningsnät i dag tillverkas i polyeten. 22,4% procent av alla vattenledningsnät i Sverige består av polyetenrör och vid nyproduktion så används polyeten till 95%, detta enligt Svenskt Vattens rapport; *Material och åldersfördelning för Sveriges VA-nät och framtida förnyelsebehov*²⁴. En annan fördel som ökar möjligheterna att använda sig av polyeten som material är att KZ Service själva idag har tillgång till maskinpark för att stumsvetsa polyetenrör. Utöver det finns inga preferenser men KZ Service vill dock att en helt ny brandpost skall vara en unik produkt och är inte intresserade av att satsa på en produkt som är alltför lik andra produkter som redan finns på marknaden.

Del C av projektet är en ren konceptstudie och flera av koncepten är endast idéer och i nuvarande form inte möjliga att varken tillverka eller testa. Koncepten är dock intressanta att som diskussionsunderlag när det väl är dags att starta ett utvecklingsprojekt.



Figur 45. Utrustning för stumsvetsning av Polyetenrör.

5.3. Metod

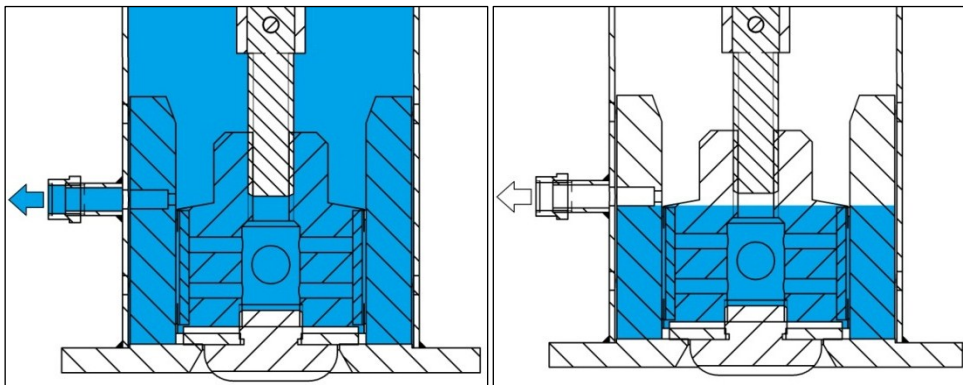
Utvecklingsarbetet har genomförts på samma sätt som föregående del av projektet. Under arbetet med den omkonstruktionen av den befintliga brandposten genererades några olika idéer på tekniska lösningar som är intressanta men inte applicerbara på den befintliga

²⁴ Material och åldersfördelning för Sveriges VA-nät och framtida förnyelsebehov, 2011, Svenskt Vatten.

brandpostkroppen. Dessa idéer vidareutvecklades under två brainstorming tillfällen under vilka även nya idéer och koncept genererades, koncepten rangordnades och utvärderades med en SWOT-analys. De högst rankade koncepten har vidareutvecklats för att ge en tydligare bild av en eventuell framtida produkt.

5.4. Krav & identifierade problem

KZ Service främsta önskan med en ny brandpost är att kunna öka vinstmarginalen och skapa en bättre och med tillförlitlig produkt än dagens brandpost. Det föreligger även ett önskemål från KZ Service att en eventuell ny brandpostkonstruktion skall tillverkas i polyeten, detta för att utan problem tillgodose de önskemål om korrosionsbeständighet som företagets kunder ofta efterfrågar. En kravspecifikation²⁵ för har tagits fram under dialog med KZ Service, i stora drag har denna samma krav och önskemål som kravspecifikationen för omkonstruktionen av den befintliga brandposten. Det finns dock tre skillnader, det föreligger önskemål om att minska mängden dött vatten i brandposten då den är tömd, att tillverkningskostnaden skall understiga 7000kr, samt ett krav att ytterkroppen skall vara tillverkad i polyeten. Dött vatten innebär den mängd vatten som finns kvar i brandposten efter dräneringen när den är stängd och tömd.



Figur 46. T.v. Illustration av dränering. T.h. Dött kvarlämnat vatten efter dränering.

5.4.1. Storlek på gatubrunn.

Brandposterna placeras som tidigare nämnt i en trumma under marknivå och täcks med ett rektangulärt brunnslock²⁶ i nivå med gatan. Trummans innerdiameter är 400 mm och det rektangulära brunnslockets genomföring är 205 x 300 mm. För att brandposten skall klassas som renoverbar ifrån ovan måste eventuella insatser eller liknande kunna tas ut genom denna genomföring. Det finns även runda brunnslock, de har dock större genomföring och är således inte begränsande.



²⁵ Appendix L, Kravspecifikation för ny brandpost

²⁶ Appendix B, Detaljritning av brunnslock.

5.5. Koncept

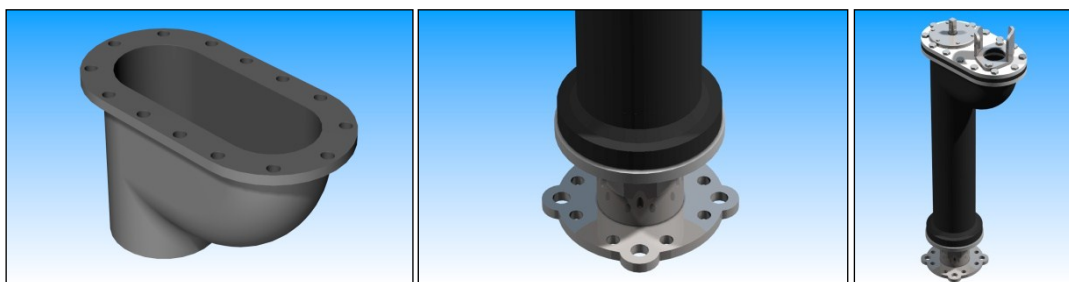
Genereringen av koncepten och lösningarna har gjorts under två brainstormings tillfällen, vid det första tillfället togs ingen hänsyn till vare sig kravspecifikation eller övriga begränsningar. Detta för att inte utesluta idéer och koncept som vid en första anblick kan föreligga som olämpliga. Koncepten har delats in i följande:

- **Koncept D** – *Övergripande*
- **Koncept E** – *Avstängningsmekanism*
- **Koncept F** – *Alternativ för dränering*

Koncepten utvärderades ytligt med en SWOT-analys, detta för att skapa en någorlunda bild om vilka styrkor och svagheter som kan förekomma vid respektive koncept. SWOT-analysen finns presenterad under avsnitt 5.6.1. Samtliga konceptbilder är endast skisser för att förtydliga koncepten, utseendet på slutgiltiga produkter kommer sannolikt att skilja sig markant ifrån dessa. I avsnitten nedan ges en kortfattad och grundläggande förklaring till respektive koncept.

5.5.1. D1 – Gjuten överdel i PE

KZ Service tillverkar och säljer stumsvetsade rördelar i polyeten och har således maskinpark för att stumsvetsa polyeten rör i dimensioner från 110 mm upp till 400 mm. *Koncept D1 – Gjuten överdel i PE* syftar till att utnyttja denna utrustning för att i verkstaden stumsvetsa ihop en brandpost kropp i polyeten. Överdelen utformas efter konstruktionen och tillverkas av extern leverantör som exempelvis formsprutar eller vakuumformar detaljen. Tätningsytan i botten av brandposten bör vara metallisk för att säkerställa att produkten håller tätt, denna yta består av en rördel med fläns, enligt Figur 48, alternativt enbart en fläns som monteras under brandposten. Öppning och avstängning görs med kägla med tätning på samma sätt som för den befintliga brandposten. Konstruktionen kan eventuellt anpassas så att komponenterna är kompatibla med både den befintliga brandposten och en ny. Det är dock osäkert på hur brandpostkroppen i polyeten reagerar på långvarig avstängning då insatsen under lång tid belastar kroppen axiellt med en kraft som krävs för att tvinga ner kägla.

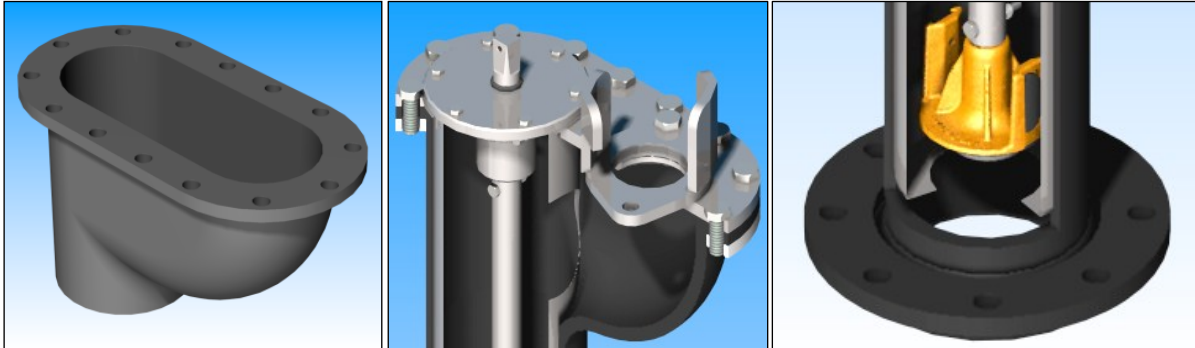


Figur 48. Koncept D1 – Gjuten överdel i PE

5.5.2. D2 – Gjuten överdel i PE med rostfri insats

Till stor del samma princip som föregående koncept med en gjuten överdel. Överdelen tillverkas av extern leverantör, brandpost kroppen stumsvetsas ihop med KZ Service's utrustning. Invändigt består dock brandposten av en rostfri insats, bestående av en vattenskuren cirka 10mm tjock bottendel och ett tunnväggigt rör. Botten på insatsen skapar en god tätningsyta och går att kombinera med flera av de olika koncepten under för avstängningsmekanism. Hela insatsen är urtagbar och medger således fullständig renovering ovanifrån.

Det kan dock bli svårt att på den begränsade toppytan rymma både insats, utloppskoppling och avstängningsmekanism. Det är risk för att röret i brandposten blir för smal, då det krävs en viss fri yta mellan en kägla eller annan avstängningsmekanism och brandpostväggen, detta för att kunna säkerställa det vattenflöde som kravs i specifikationen.



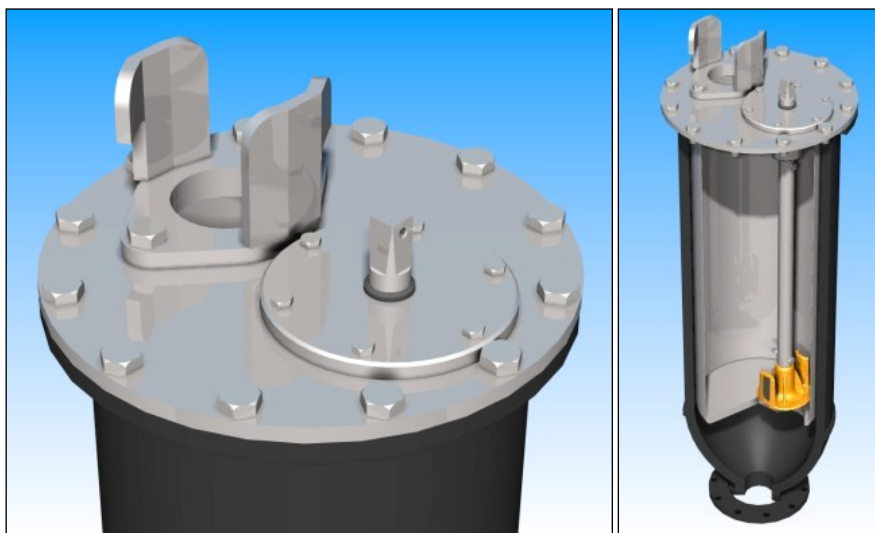
Figur 49. Koncept D2 – Gjuten överdel med rostfri insats

5.5.3. D3 – Cirkulär PE kropp med rostfri insats

Hela brandpostens kropp tillverkas i ett standard polyetenrör vars innerdiameter anpassas för att rymma både anslutning och avstängningsmekanism. Polyetenkroppen kommer att bestå av fyra olika delar;

1. Överdelen med hål för anslutning av insatsen.
2. Mellandelen som är ett standard polyetenrör, kapat efter önskad längd.
3. Reducering som stumsvetsas i botten på del 2.
4. Fläns för anslutning till vattenledningsnät, stumsvetsas i botten av del 3

På samma sätt som föregående koncept förses produkten med insats i rostfritt vilken är urtagbar ifrån ovan.

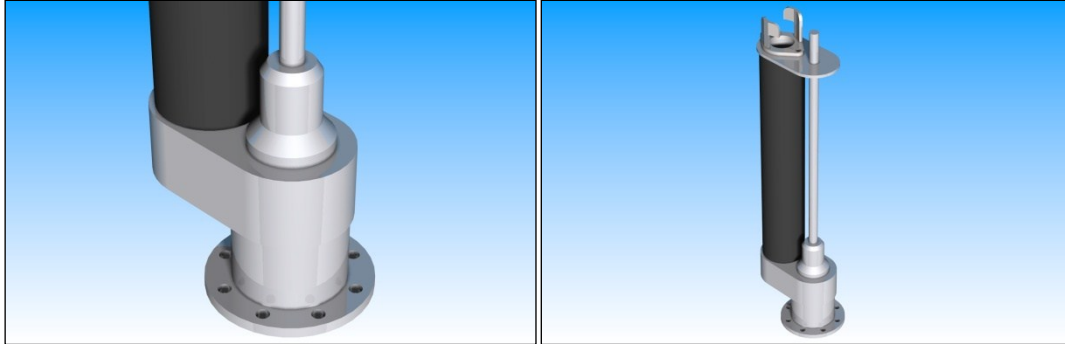


Figur 50. Koncept D3 – Cirkulär PE kropp med rostfri insats

5.5.4. D4 – Lagerhus vid botten

Lagerhuset placeras ovanpå det rostfria huset i botten. För transport av vatten upp till anslutningen används polyetenrör till ett lägre pris än motsvarande i rostfritt. Överdelen består av skiva i rostfritt som förbinder axeln och anslutningen. Konstruktionen kan anpassas så att

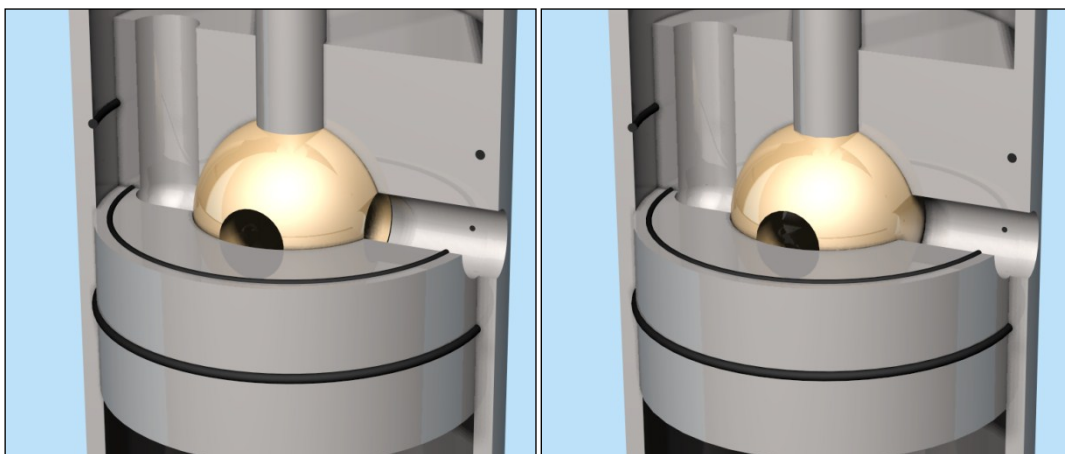
den är renoverbar ifrån ovan, dock kommer avståndet från ner till lagerhuset göra arbetet besvärligare än för de övriga alternativen. I de fall som brandposten ej placeras i trumma eller brunn bör ett skyddande rör placeras runt själva axeln för att skydda denna från återfyllnadsmaterialet. Vidare kan brandposten bli mindre stabil då polyeten röret och axeln sinsemellan kan röra sig om skivan i toppen inte klarar av att hålla dem stabila.



Figur 51. Koncept D4 – Lagerhus vid botten

5.5.5. E1 – Kulventil

Öppning och avstängning av vattenflödet görs med hjälp av en kulventil. Flera olika kanaler i ventilhuset möjliggör på-/avstängning samt dränering utan att behöva separat lösning för dräneringen. Kulventilen kräver som mest 180° vridning för att uppnå max flöde. Ventilhuset kan monteras fast i botten av brandposten alternativt vara urtagbart genom toppen på brandposten. För att vara fullständigt renoverbar måste hela ventilhuset vara urtagbart. För att kulventilen skall släppa igenom tillräckligt högt flöde måste dock dimensionen på kulan vara väldigt stor, vilket i sig kräver ett ännu större ventilhus. Resultatet av detta är höga materialkostnader som måste bearbetas till avancerade geometrier vilket är kostsamt och tidskrävande. Tekniskt sett hade denna lösning gett brandposten unika egenskaper men är på grund av geometriska och ekonomiska begränsningar svår att genomföra.

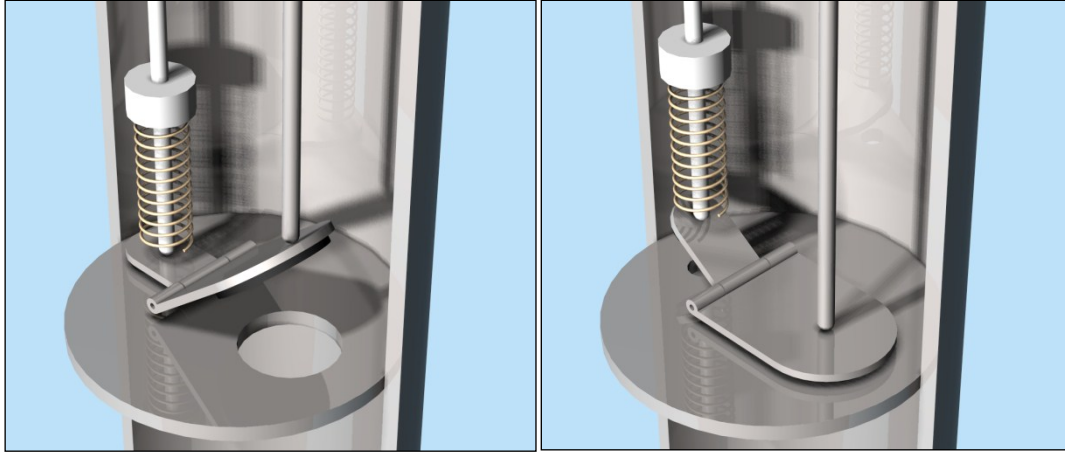


Figur 52. Koncept E1 - Kulventil

5.5.6. E2 – Vinkel

Två skivor hopmonterade på en led som är fäst i botten av brandposten. Inloppet öppnas med hjälp av vattentrycket underifrån och stängs med hjälp av en axel som skruvas upp och ner via skruvmekanism i toppen av brandposten, denna axel tvingar ner locket vid stängning. Dräneringen sitter på andra sidan av leden och kan tvingas upp på flera olika sätt. Vid dränering av vattnet i brandposten leds vattnet ut via ett rör som är anslutet till undersidan av

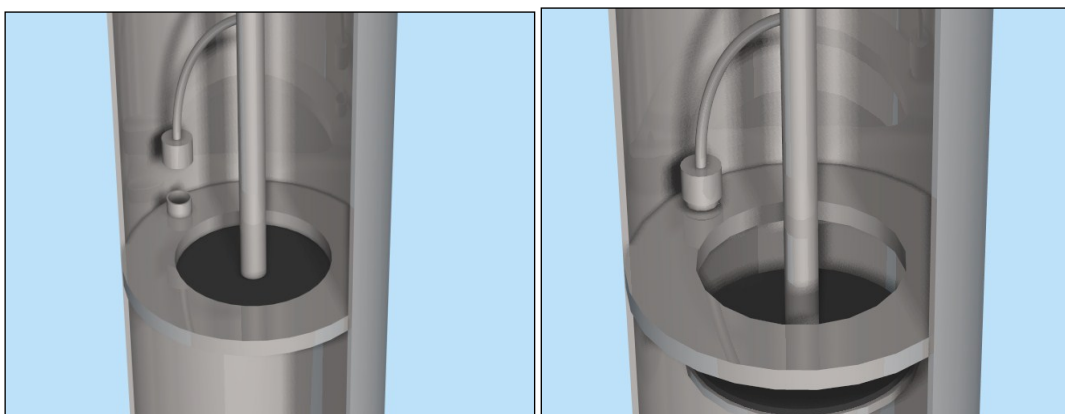
dräneringshålet. Då brandposten är öppen tvingas dräneringen ner av en fjäder. På så sätt är dräneringen öppen när inloppet är stängt och stängd när inloppet är öppet, dock ligger det en problematik i att det i så fall förekommer en period när båda sidorna är öppna. Till funktionen sett en enkel lösning, kräver dock förmodligen en hel del mekanik och tätningar för att fungera tillfredsställande.



Figur 53. Koncept E2 - Vinkel

5.5.7. E3 – Underifrån

I motsats till lösningen på den befintliga brandposten syftar denna till att stänga inloppet underifrån via en axel som istället är gängad i toppen av brandposten. Utöver dragkraften hjälper då vattentrycket till underifrån i samma riktning som dragkraften via axeln. För att denna funktion skall kombineras med att vara renoverbar ifrån ovan måste brandposten ha en insats som är urtagbar ifrån ovan, eftersom packningen tillsammans med packningshållaren kommer vara större än inloppshålet. Vid renovering lyfts insatsen ut tillsammans med hela mekanismen. Konstruktionen kan göras enkel med hjälp av en simpel platta på vilken packningen ligger, denna platta kan skruvas exempelvis fast i axeln underifrån med en bult. Dräneringen kan utformas på ett flertal olika sätt, exempelvis monteras fast i axeln då och skulle på så sätt kunna stänga i samband med att brandposten öppnas.

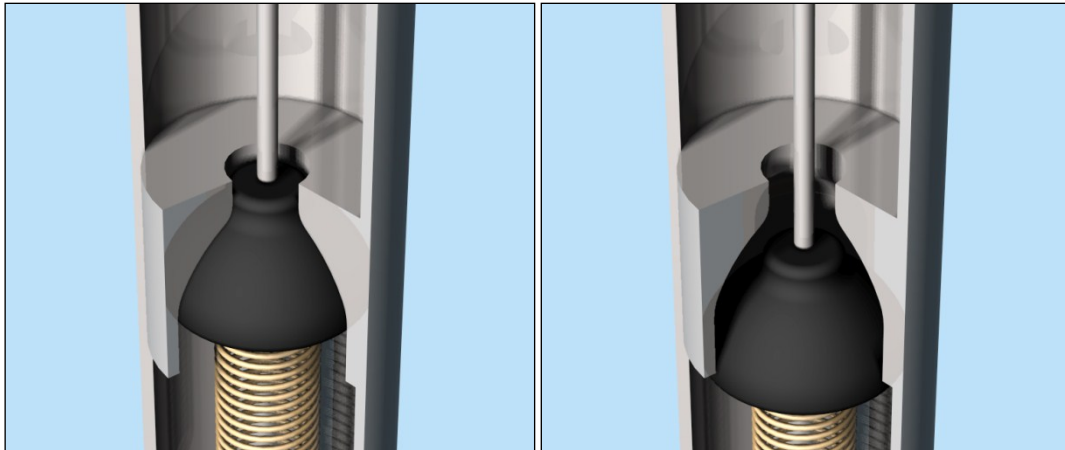


Figur 54. Koncept E4 - Underifrån

5.5.8. E4 – Gummikon

Konceptet består av en konformad gummidetalj som tätar mot undersidan av botten på brandposten. Bottnen utformas efter gummikonen så att anläggningsytorna passar bra ihop för att säkerställa god tätning. En relativt kraftig fjäder monterad under gummikonen pressar

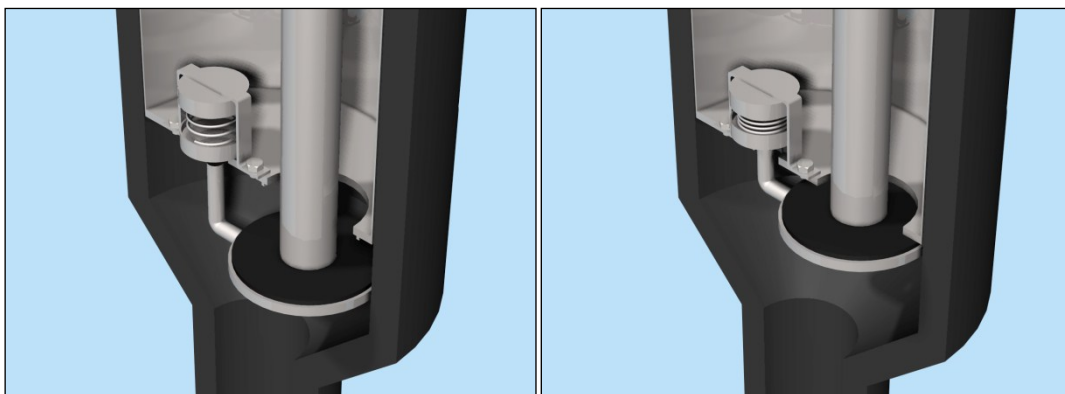
tillsammans med vattentrycket upp gummikonen som då stoppar inflödet av vatten. Dräneringen kan konstrueras på liknande sätt som visas för koncept E4. Det måste dock finnas en styrning för gummikonen så den inte kan placeras ur sitt läge. Fjädern måste finnas för att förhindra att brandposten öppnas vid ett tryckfall i vattenledningsnätet, eftersom det då kan förekomma tillfällen då vattentrycket är för lågt för att hålla brandposten helt stängd.



Figur 55. Koncept E5 - Gummikon

5.5.9. F1 – Fjäderbelastat lock

Dräneringen består av en styck fjäderbelastad tätning vilken är placerad på insidan av den rostfria insatsen. Då brandposten är öppen tvingar fjädern tätningen neråt mot botten av insatsen vilken då ej släpper ut något vatten. När brandposten stängs tvingar en axel dräneringen att öppnas underifrån, alternativt dras dräneringen uppåt via en del som är fäst i axeln på insidan istället. När brandposten är helt stängd är dräneringen maximalt öppen. Dräneringen löper ut i ett rör som transporterar vattnet ut ur brandposten (Visas ej på Figur 56). Denna lösning lämnar minimalt med dött vatten, kan dock vara svårmonterad i botten av insatsen.

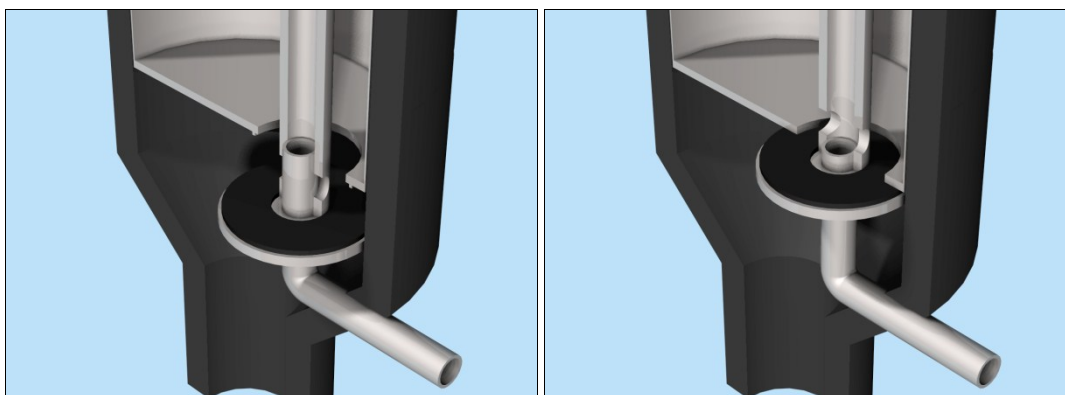


Figur 56. Koncept F1 – Fjäderbelastat lock

5.5.10. F2 – Genomgående rör i botten

Konceptet bygger på ett rör på vilken insatsen och axeln placeras över, röret är fast monterat och rör sig aldrig. När brandposten öppnas och stängs förflyttar sig axeln upp och ner över detta dräneringsrör. Nederst i axeln borrar hål så att vattnet kan transporteras in i axeln och vidare ut genom dräneringsröret. För att det skall vara teknisk möjligt att placera axeln över dräneringsröret kan ej plattan vilken tätningen vilar på skruvas fast i axeln eftersom denna bult i så fall kommer vara i vägen för röret. Ett alternativ är att gänga axeln utvändigt i botten.

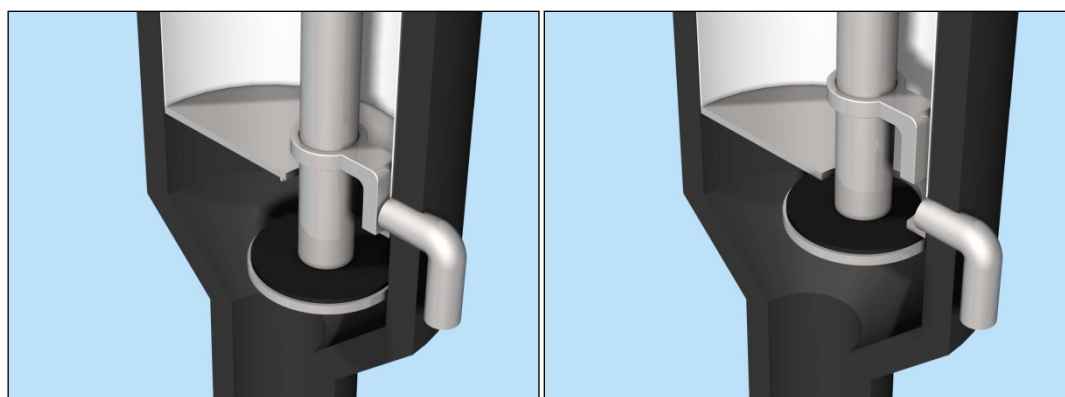
I plattan som håller tätningen borras det ett hål i mitten vilket gängas och skruvas på axeln utvändigt. Dräneringsröret kan göras olika långt för att göra det lättare att passa in insats och axel vid montering, förslagsvis fasas även dräneringsröret i toppen för att göra montering ännu enklare. Denna lösning lämnar minimalt med dött vatten.



Figur 57. Koncept F2 – Genomgående rör i botten, t.v. öppen, t.h. stängd.

5.5.11. F3 – Dränering genom sidan

På sidan av brandposten placeras ett dräneringsrör och på ena sidan av den rostfria insatsen borras ett hål. I princip samma funktion som dräneringen på den befintliga brandposten. En del som hindrar vattnet att transporteras ut genom dräneringsröret placeras fast på axeln. Det vatten som ej direkt rinner ut via dräneringsröret kommer samlas i det tomrum som bildas mellan botten och utloppsröret. Det är högst sannolikt att små mängder vatten alltid kommer att förekomma i detta utrymme. Lägre placering av dräneringsröret resulterar i mindre mängd dött vatten.



Figur 58. Koncept F3 – Dränering genom sidan, t.v. öppen, t.h. stängd.

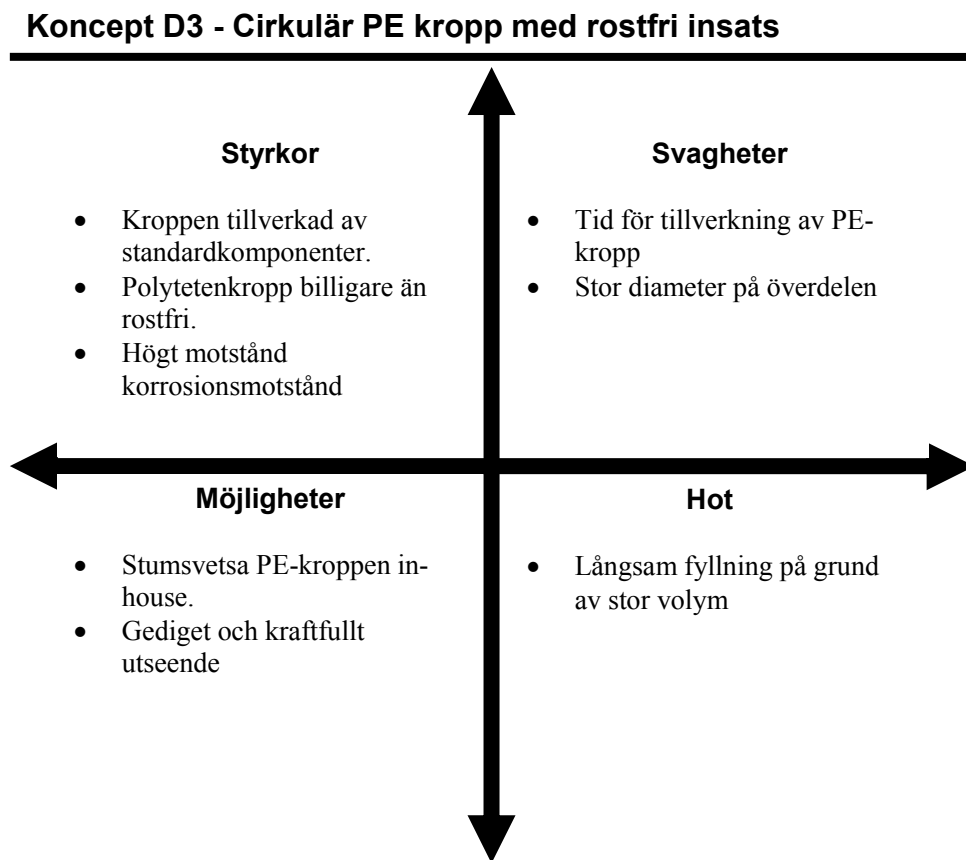
5.6. Utvärdering

Samtliga koncept har utvärderats med en grundläggande SWOT-analys. Detta för att skapa ett första intryck av vilka koncept som är intressanta att eventuellt arbeta vidare med i framtiden. Dock skall det påpekas att denna utvärdering gjorts baserat på antaganden och inte på tillverkade prototyper.

5.6.1. SWOT-analys

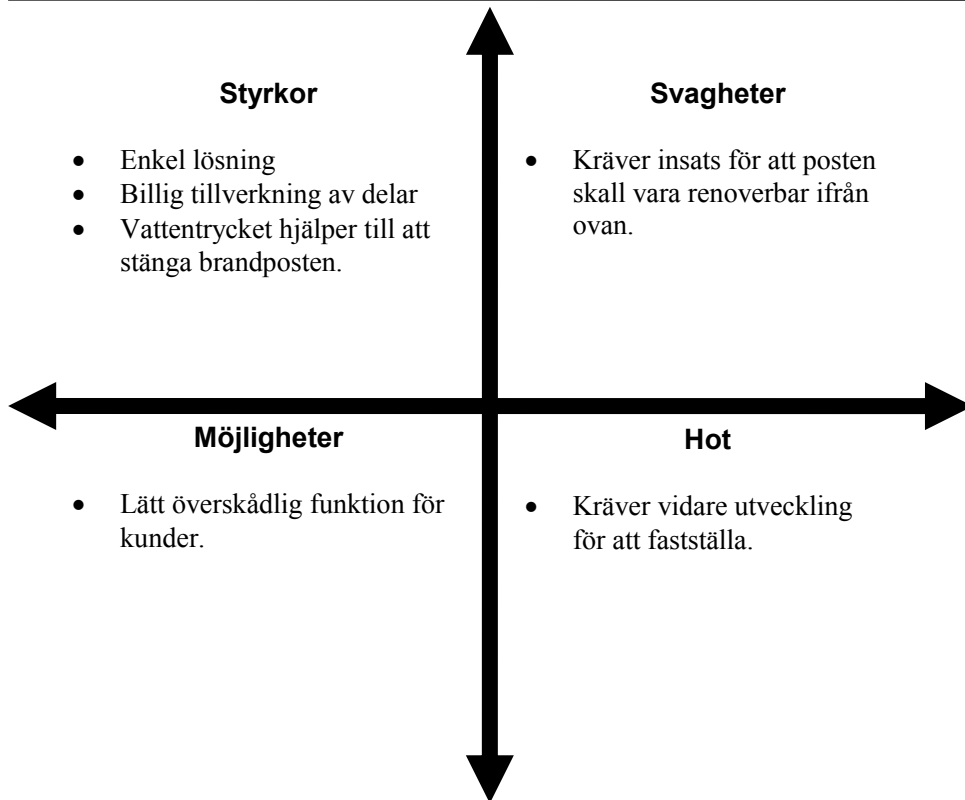
Under avsnitt 4.7.1 SWOT-analys finns beskrivet hur SWOT-analysen är använd i detta projekt. Under del C av projektet, *Konceptgenerering av ny brandpost* är dock inte SWOT-analysen lika grundligt utförd då flera av koncepten kräver vidare utveckling och testning för

att det respektive konceptets verkliga styrkor, svagheter, möjligheter och hot skall kunna fastställas. Nedan presenteras SWOT matriserna för det tre koncepten som vid en första anblick ansågs mest intressanta.



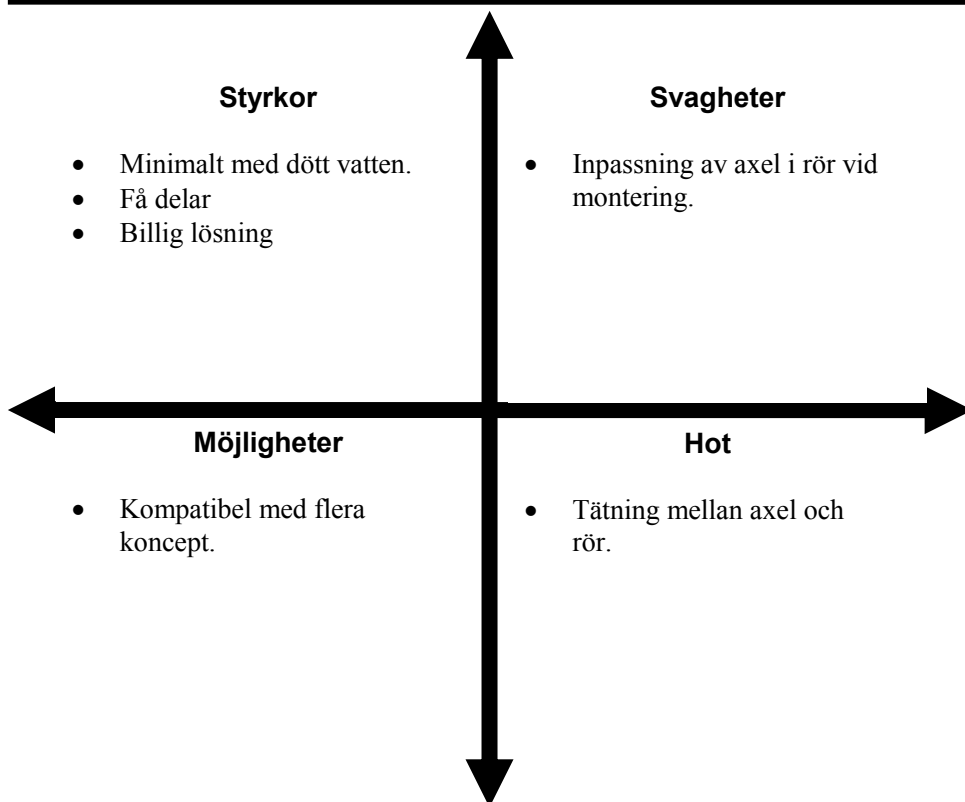
Tabell 23.

Koncept E4 - Underifrån



Tabell 24.

Koncept F2 – Genomgående rör



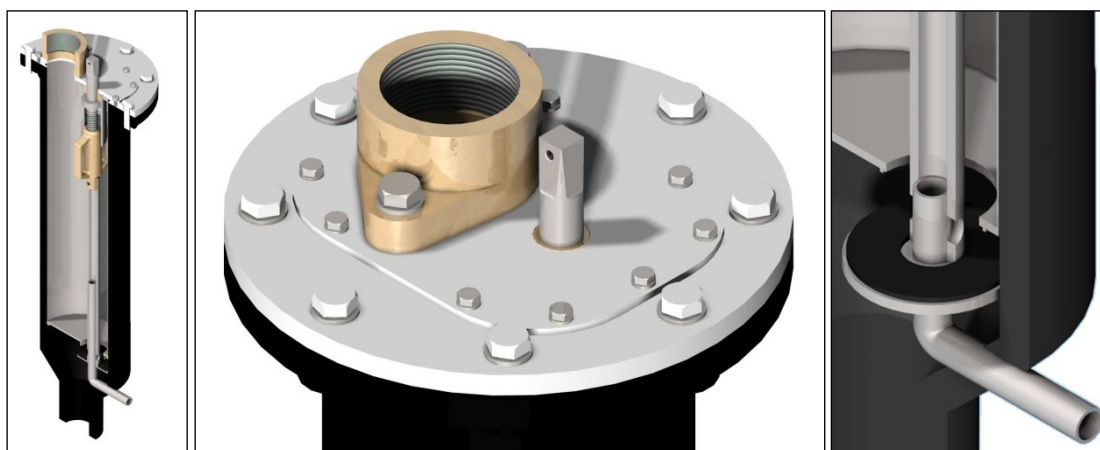
Tabell 25.

5.7. Föreslagen lösning

Den föreslagna lösningen är en kombination av flera olika koncept. Nedan följer en beskrivning av vilka koncept som ingår och hur produkten skulle kunna vara uppbyggd.

Brandposten kommer till grunden bygga på koncept D3, en cirkulär brandpostkropp med rostfri insats. Valet grundar sig främst i kostnadseffektivitet genom att kunna köpa in standard rördelar i polyeten och bygga ytterkroppen med hjälp av KZ Services stumsvetsutrustning. KZ Service har då möjligheten att tillverka vilka längder som helst på brandposten utan att behöva beställa specialtillverkade delar.

Valet av detta grundkoncept möjliggör också användandet av koncept E3, avstängning underifrån. En enkel avstängningsmekanism med få ingående delar, dessutom klassas den som sätestätning. Slutligen kommer dräneringen bygga på koncept F2, genomgående rör i botten, mängden dött vatten i brandposten då den är avstängd minimeras och blir praktiskt taget ingenting.



Figur 59. Vald lösning T.v. bild på hela, mitten bild på överdel, T.h. bottentätning

5.8. Resultat och rekommendationer

Resultatet av tredje delen av projektarbetet är endast riktlinjer för en framtida brandpost. Den produkt som redovisades i föregående avsnitt ger KZ Service en unik produkt med avstängning underifrån och samtidigt renoverbar ifrån ovan, ingen annan brandpost på marknaden besitter dessa båda egenskaper tillsammans. Samtidigt är den okänslig för miljön den placeras i då hela ytterkroppen är tillverkad i polyeten. Att den ej heller lämnar dött vatten kvar i brandposten är ytterligare argument som gör produkten stark vid en upphandling. Samtidigt bör det beaktas att det är en lång väg från koncept till en färdig produkt, det finns inget underlag på att det föreslagna konceptet kommer fungera i verkligheten. Den största frågan är hur polyetenmaterialet klarar av att stärka upp den tunna rostfria insatsen.

Rekommendationen till KZ Service är att snarast tillverka en fysisk prototyp och genomföra tester för att se hur koncepten fungerar i verkligheten. Därefter utvärdera dessa och vidareutveckla dem, visar sig prototyperna ej fungera som tänkt bör man alternativt tillverka prototyper av de koncept som utöver den valda lösningen anses mest lovande.

6. Diskussion

6.1. Felkällor

Det finns ett par felkällor som kan påverka resultatet. Först och främst gäller det kostnadsuppskattningarna i samband med att tillverka delar inhouse på KZ Handels. Materialkostnaderna baserades på aktuella priser men tiden för bearbetning så som svarvning och fräsning uppskattades baserat på Karl Zickerts erfarenheter från tidigare tillverkning. För att få fram ett exakt pris för respektive detalj bör en mindre serie tillverkas för att se hur mycket tid som går åt för att exempelvis byta arbetsstycke och verktyg.

SWOT-matriserna är generella analyser som till stor del baseras på antaganden och det kan således visa att verkligheten ej stämmer överens med dessa.

Gällande Kesselringmatrisen för jämförelse av konkurrenter bör det nämnas att värdena för respektive egenskap är satta efter diskussion med Samuel Nyman på KZ Service efter hur viktig respektive egenskap ansågs vara. Betygen för egenskaperna för respektive brandpost är antagna baserat på produktdatablad och diskussion kring bilder och ritningar på. Detta ansågs ge ett tillräckligt underlag för att skapa uppfattning om respektive brandpost och jämförelse av dessa sinsemellan.

6.2. Val av metoder

6.2.1. Kesselringmatris

Eftersom Kesselringmatriserna är en kriterievikts metod där respektive produkt betygssätt mot ett antal olika gemensamma kriterier. Således lämpar sig metoden väl för att skapa individuella värden för respektive egenskap för varje produkt. Värdena på egenskaperna kan därefter jämföras mot varandra alternativt jämföra summorna för respektive produkt.

6.2.2. SWOT-matris

Framsta anledningen till att SWOT-metoden valdes var för att den på ett effektivt sätt skapar diskussionsunderlag i ett tidigt skede på koncepten. Den gav därmed ett bra underlag inför användandet av Pughs eliminerings matriser.

6.2.3. Pugh-matriser

Efter konceptgenereringen under del B av projektet skulle ett större antal koncept utvärderas och viktas mot varandra. Således är Pughs elimineringsmetod ett bättre val i den fasen än exempelvis Kesselring. Eftersom utvärderingen med hjälp av Pugh-matriser görs i flera steg lämpar sig denna metod väl för att stegvis eliminera koncept.

6.2.4. Morfologisk-matris

Som ett mindre inslag efter att den slutgiltiga lösningen valts under del B användes en morfologisk matris för att på ett illustrativt sätt visualisera hur de olika koncepten kan kombineras.

6.3. Metodanvändning

Vid arbetet med del B respektive del C av projektet fanns det på grund av Göteborg Vattens anbudsförfrågan vissa lösningar i projektet. En sådan var begränsningen att tätningen skall vara en sätestätning, det hade varit intressant att ta fram en brandpost utan dessa begränsningar och sett resultatet av detta. Möjligen hade kanske Göteborgs Vatten och de

kommuner som följer deras rekommendationer ändrat uppfattning om produkten ifråga hade varit bra nog.

Det finns mängder av olika teoretiska verktyg beskrivna i olika böcker för hur produktutvecklingsarbete skall genomföras och alla som arbetar med utvecklingsarbete kommer finna arbetssätt och teoretiska verktyg som de finner passa dem bättre än andra, vilka som användes i detta projekt bygger till största delen på tidigare erfarenheter men även på ny kunskap om dem under litteraturstudier i projektets början.

Flera av de teoretiska utvärderingsverktyg som använts är föremål för subjektiva värderingar och utfallet av dessa skulle således kunna vara annorlunda om någon annan person utfört det arbetet. Av just denna anledning har dessa resultat endast legat som grund för valet av koncept, urvalet av koncepten har gjort i samråd med Evert Andersson på KZ Handels och Samuel Nyman på KZ Service.

Bäst resultat hade givetvis erhållits om prototyper av så många koncept som möjligt tillverkats och därefter analyserats, eliminering hade sedan skett då man först haft tester som visat tydligt på vilka koncept som var mest lovande. Detta är dock både kostsamt och tidskrävande.

Det kommer alltid föreligga en diskussion vid utvecklingsprojekt huruvida utvecklingsarbetet skulle genomförts annorlunda i efterhand. Redan veckor efter det att arbetet med del B av projektet var avslutat iaktogs områden som kunde bättras eller göras annorlunda, det är ytterst viktigt att ta vara på dessa åsikter, tankar och idéer. Dels för vidareutveckling av produkten i framtiden men även för arbetet med andra projekt. KZ Service kommer inom en överskådlig framtid tillverka en prototyp av den polyeten brandpost som togs fram under sista delen av projektet och bägge parterna är överens om att fortsätta ett samarbete under detta arbete.

6.4. Arbetssätt

Arbetet med brandposten innan att projektarbetet beskrevs inledningsvis av rapporten som ostrukturerat och bristfälligt dokumenterat. Projektarbetet har genomförts strukturerat och metodiskt steg för steg.

Fördelarna är många, främst med avseende på kvalitetssäkring, effektivitet och inte minst ekonomiskt. Om arbetet tidigare genomförts på ett metodiskt och strukturerat sätt hade först och främst del A av projektet varit helt obefintlig eftersom detta behov ej hade existerat. Det är även stor sannolikhet att del B hade sett annorlunda ut eftersom flera av problemområdena hade varit obefintliga om man angripit det under den ursprungliga utvecklingen av brandposten. Gällande de ekonomiska aspekterna vilka oftast väger tyngst talar resultatet av del B sitt tydliga språk, varje såld brandpost utan åtgärder innebär indirekt en förlust på cirka 3500 kr.

7. Referenser

7.1. Tryckta källor

Johannesson H., Persson J-G och Pettersson D., *Produktutveckling –effektiva metoder för konstruktion och design*, Första upplagan, Liber AB, ISBN 91-47-05225-2, Stockholm, 2004.

Taavola K., *Ritteknik 2000 Faktabok*, Tredje upplagan, Athena Lär AB, ISBN 91-88816-55-9, Ludvika, 1998.

Björk K., *Formler och tabeller för mekanisk konstruktion*, Sjätte upplagan, Karl Björks Förlag HB, Spånga, 2007.

Björk K., *Hållfasthetslära för teknologi och konstruktion*, Första upplagan, Karl Björks Förlag HB, Spånga, 2008.

Björk K., *Elementär mekanik*, Tredje upplagan, Karl Björks Förlag HB, Spånga, 2008.

Sundström B., *Handbok och formelsamling i Hållfasthetslära*, Nionde upplagan, Fingraf AB, Södertälje, 2005.

Olsson F., Bernhardsson A., *Hållfasthetslära för teknologi och konstruktion*, Tredje upplagan, Hermods Förlag, Malmö, 1975.

Pipelife Sverige AB, *Pipelife Handbok PE tryckrör*, Ljung, 2000.

Malm A. & Svensson G., *Material och åldersfördelning för Sveriges VA-nät och framtida förnyelsebehov*, Svenskt Vatten, 2011.

7.2. Kontakter

Zetterberg M., Svensk Industristandard

Norell B., Blomstermåla Metallgjuteri AB

Göransson S., Tremeco AB

Nyberg J., Kundsupport, Pipelife AB

Stadling C., Plastic Design & Service AB

Nilsson G., Elisolation AB

Orwén H., AB Sundplast

Hovnell R., Opido Plast AB

Sender U., Head of Consultancy Department, Corrosion, Swerea KIMAB AB

7.3. Internet källor

VA Teknik AB

<http://www.vateknik.com>, 15 april 2008

Svenskt Vatten

<http://www.svensktvatten.se>, 20 maj 2008

APPENDIX

Innehåll

Appendix A – Anbudsförfrågan Göteborg Vatten AB

Appendix B – Ritning för brandpostbetäckning

Appendix C – Ritning för brandpostbetäckning

Appendix D – Kravspecifikation för omkonstruktion av BP

Appendix E – Ritningsnumrering

Appendix F – SWOT matriser

Appendix G – Materialdatablad 1

Appendix H – Samtliga kostnader för brandposter

Appendix I – Monteringstider befintlig brandpost

Appendix K – Beräkningar för ny bottenkägla

Appendix L – Kravspecifikation för ny brandpost

Appendix M – Areaberäkningar för ny brandpost

Appendix A – Anbudsförfrågan Göteborg Vatten AB

VA-verkets behov av brandposter, tillbehör och reservdelar under år 2005 med möjlighet till förlängning ett år.

Angivet antal är uppskattat, baserat på föregående års förbrukning och lämnas utan förbindelse från vår sida

Tekniska krav

- Posten ska vara i Dn 100 och tryckklass pn 16.
- Posten ska vara försedd med brandposthorn/ bajonettkoppling enligt va-verkets standard.
- Postens utlopp vid bajonettkopplingen ska vara försett med tättslutande lock.
- Tappkrav är 15 l/s vid 5m förlust över posten.
- Posten ska vara ompackningsbar från ytan/genom betäckningen med posten fast monterad.
- Om det ingår olika ädla metaller i postkonstruktionen skall dessa vara isolerade från varandra.
- Poster av järn ska på in- och utsida vara blästrade och doppade i epoxi med min 250µ enligt DIN 30677-2
- I posten ingående järndetaljer ska vara blästrade och doppade i epoxi med min 250 u enligt Din...
- Epoxin ska vara godkänd för att användas tillsammans med livsmedel.
- Tätningen skall vara av typ sätestätning. Ange standard packningsmaterial och alternativa packningsmaterial
- Poster ska var för sig vara provtryckta och täthetskontrollerade. Poster ska klara undertryck i ledningen. I protokoll från provtryckningen för respektive post ska anges tryck respektive undertryck.
- Post ska vara utrustad med automatisk dränering som fungerar då posten är stängd. Ange mängden vatten som återstår i posten/foten efter dränering.
- Posten skall dräneras automatiskt med självfall på maximalt 15min. I protokoll ska för respektive post anges dräneringstid.
- Post ska stängas medurs.
- Post ska var fullt öppen efter 7-15 varv. Ange antal varv för fullt öppen post.
- Post ska ge ett rimligt flöde efter att ha öppnats högst tre varv. Ange antal varv för rimligt flöde.
- Poster ska normalt levereras i längder i spannet 1200-2000 mm. Ange längder och på vilket sätt som poster kortas respektive förlängs.
- Poster ska var för sig från ovansidan synligt vara märkta med id-nummer, tillverkningsdag, öppningsriktning och antal varv för full öppning.
- Ange mått på spindelapp/nyckelhylsa.
- Post ska vara tekniskt förenlig med på va-verket befintligt ledningsmaterial

Leveranstid ska vara högst 3 arbetsdagar efter avrop.

Information av eventuell prisjustering skall meddelas VA-verket minst en månad före ikraftträdandet
Godkänner inte VA-verket aviserad prisändring häves avtalet

Vid utvärdering av anbud ingår nedanstående kriterier, ej rangordnade

- Tekniskt utförande
- Korrosionsskydd
- Leveranssäkerhet
- Pris

Appendix B – Ritning för brandpostbetäckning



Stockholm Vatten AB förfrågningsunderlag

Kapitelbokstav/Sidnr
AF/25(27)

Leverans av
brandposter, reservdelar och tillbehör

Datum
2007-02-20

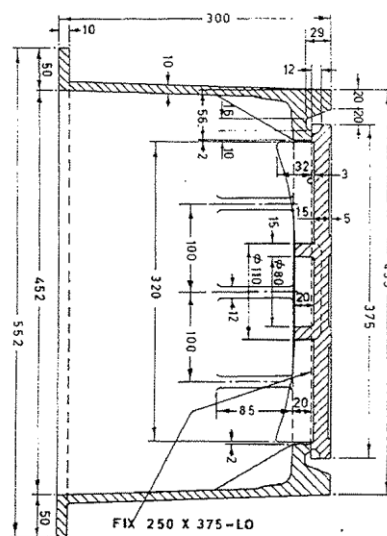
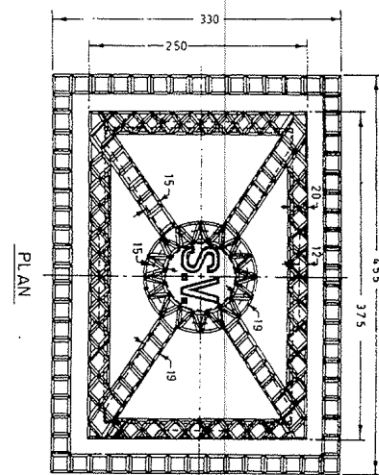
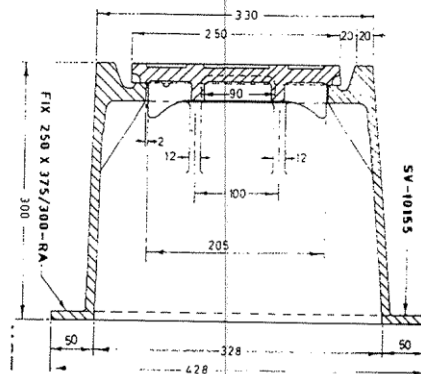
Kentth Olsson

Rev. datum

Kod Text

Rev

Bilaga 4.3 Betäckning till brandpostanordning - Ritning nr. 10155



Appendix C – Ritning för brandpostbetäckning

DYNAMISK INBYGGNAD

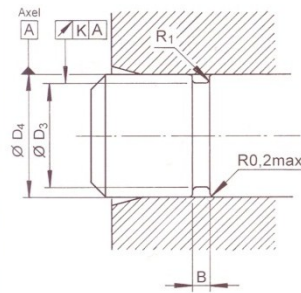
Teknik
produkter

Dynamisk inbyggnad, tum standard

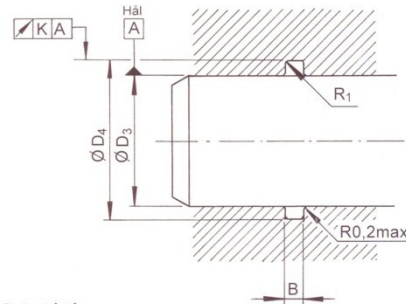
Standardiserade toleranser anges i tabellerna. Önskar man liten variation av tätningsfriktionen hos olika exemplar av samma enhet, bör toleransvidderna för såväl O-ring som omgivande detaljer vara små.

Snävare toleranser än enligt nedanstående tabeller kan erfordras i vissa fall.

Avvikelse från angivna inbyggnadsmått kan vid speciella användningsområden vara nödvändiga. Tillämpas inbyggnadsmåtten enligt tabell, erhålls ett medelvärde på friktionen. Axel respektive hål får ha ytjämnheten $R_a = 0,63 \mu\text{m}$ ($R_a \text{ max } 2,5 \mu\text{m}$). O-ringsspärets sidor och botten får ha ytjämnheten $R_a = 3,2 \mu\text{m}$ ($R_a \text{ max } 12,5 \mu\text{m}$).



Spår i axel



Spår i hål

Diameterområde Basmått	D ₃	D ₄		K
		Axel	Hål	
(3) - 120	h11	f8	H9	0,06
(120) -	h11	f7	H8	0,1

Diameterområde Basmått	D ₁	D ₃		K
		Axel	Hål	
(3) - 120	H11	f8	H9	0,06
(120) -	H11	f7	H8	0,1

O-ringens måttbeteckning	Inbyggnadsmått				B	R _i
	O-ringsspår i axel		O-ringsspår i hål			
D x D ₃	D ₄	D ₁	D ₂	D ₅		
2,90 x 1,78	3,48	6,35	3,12	5,97	+0,2	0,5
3,69 x 1,78	4,27	7,14	3,91	6,76		
4,48 x 1,78	5,06	7,93	4,70	7,55		
5,28 x 1,78	5,86	8,74	5,51	8,35	2,4 0	0,5
6,07 x 1,78	6,65	9,53	6,30	9,14		
6,75 x 1,78	7,44	10,32	7,08	9,92		
7,66 x 1,78	8,24	11,11	7,87	10,73		
8,73 x 1,78	9,41	12,30	9,07	11,91		
9,25 x 1,78	9,83	12,70	9,47	12,32		
9,19 x 2,62	9,74	14,29	9,47	14,00	+0,2	0,75
9,92 x 2,62	10,53	15,08	10,26	14,79		
10,78 x 2,62	11,32	15,88	11,05	15,57		
11,91 x 2,62	12,51	17,07	12,24	16,77	3,6 0	0,75
12,37 x 2,62	12,92	17,46	12,65	17,17		
13,10 x 2,62	13,73	18,26	13,43	17,96		
13,95 x 2,62	14,50	19,05	14,22	18,75		
15,08 x 2,62	15,68	20,24	15,42	19,95		

O-ringens måttbeteckning	Inbyggnadsmått				B	R _i
	O-ringsspår i axel		O-ringsspår i hål			
D x D ₃	D ₂	D ₁	D ₄	D ₅		
15,54 x 2,62	16,10	20,64	15,82	20,35	+0,2	0,75
15,88 x 2,62	16,47	21,03	16,20	20,73		
17,13 x 2,62	17,68	22,23	17,40	21,92		
17,86 x 2,62	18,46	23,02	18,20	22,73	3,6 0	0,75
18,72 x 2,62	19,27	23,81	19,00	23,52		
18,64 x 3,53	19,2	25,43	19,00	25,30		
20,22 x 3,53	20,78	27,00	20,55	26,75		
21,82 x 3,53	22,38	28,60	22,15	28,35		
23,40 x 3,53	23,95	30,18	23,72	29,92		
24,99 x 3,53	25,55	31,78	25,32	31,52	+0,2	1
25,80 x 3,53	26,33	32,56	26,11	32,31		
26,58 x 3,53	27,13	33,35	26,90	33,10		
28,17 x 3,53	28,73	34,95	28,50	34,70	4,8 0	1
29,75 x 3,53	30,30	36,53	30,07	36,27		
31,34 x 3,53	31,90	39,13	31,67	37,78		
32,92 x 3,53	33,48	39,70	33,25	39,45		
34,52 x 3,53	35,08	41,30	34,85	41,05		

Appendix D – Kravspecifikation för omkonstruktion av BP

Kravspecifikation - Befintlig brandpost			
Kriterium	Kontrollmetod	Målvärde	Krav/Önskemål
Funktion			
Temperatur intervall	Termometer	0°C till +50°C	Krav
Temperatur intervall	Termometer	-30°C till +50°C	Önskemål
Max höjd	Mätning	1100 mm	Krav
Anslutning		DN100 Fläns	Krav
Anslutning		Älmhultsfläns	Önskemål
Kemikaliebeständighet	Dokumentation	Klara av låga halter av klor	Krav
Kemikaliebeständighet	Dokumentation	Klara av låga halter av oljor	Krav
O-Ringar	Dokumentation	Oljebeständiga	Krav
Dräneringstid	Tid	15 min	Krav
Tryckklass	Manometer	PN16	Krav
Anslutning		Kompatibel med typ A, B & C	Krav
Flöde	Beräkning	Minimum 160m ³ /h	Krav
Undertryck	Test	Klara av undertryck	Krav
Stängning		Medurs	Krav
Öppning	Test	Fullt öppen efter 7-15 varv	Krav
Öppning	Test	Rimligt flöde efter 3 varv	Krav
Märkning		ID-nummer på ovansida	Krav
Dött vatten	Mätning	0 liter	Önskemål
Underhåll			
Serviceintervall	Test	Aldrig	Önskemål
Smörjmedel	Dokumentation	Livsmedelsgodkända	Krav
Smörjintervall	Test	Aldrig	Önskemål
Verktyg		Standard	Krav
Demonteringstid	Test	Max 15 min	Önskemål
Renoveringsbar		Ifrån ovan	Krav
Tillverkning			
Tillverkningskostnad	Kostnadsberäkning	10 153 kr	Krav
Tillverkningstid	Tid	1 timme	Önskemål
Verktyg		Standard	Önskemål
Kvalitet			
Livslängd - Mantel med flänsar		100 år	Krav
Livslängd - Insatts		100 år	Önskemål
Miljö			
Demonterbar för materialåtervinning	Test	Fullt demonterbar med standard verktyg	Krav
Materialåtervinning	Dokumentation	100% återvinningsbara material	Krav

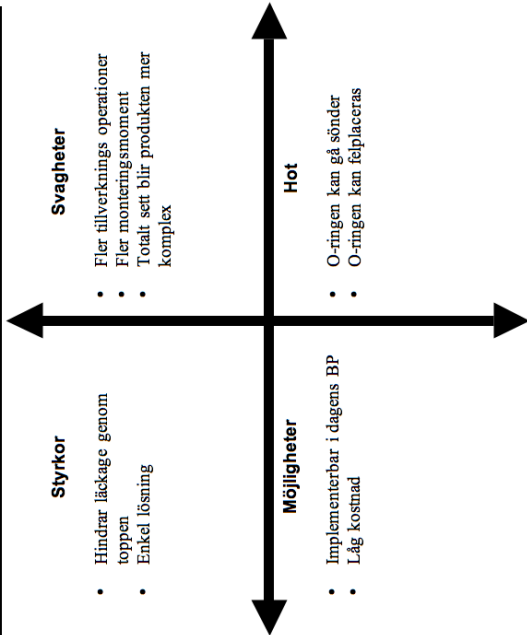
Appendix E – Ritningsnumrering

Komponent	Ritningsnummer	Tidigare ritningsnummer	Filtyp	Status	Kommentar
Brandpost sammanställning	1-000-00	a75-050	Assembly		Brandpost sammanställning
Mantelrör med flänsar	1-010-00	a75-010	Assembly		Brandpost sammanställning
Mantelrör 156x3 L=852	1-010-01	-	Part		Mantelrör med flänsar
Bottenfläns	1-010-02	-	Part		Mantelrör med flänsar
Mellanfläns	1-010-03	75-021	Part		Mantelrör med flänsar
Oval mantel sammanställning	1-011-00	-	Assembly		Mantelrör med flänsar
Oval mantel del	1-011-01	-	Part		Oval mantel sammanställning
Fläns ovansida	1-010-04	75-020	Part		Mantelrör med flänsar
Dräneringsnippel	1-010-05	-	Part		Mantelrör med flänsar
Styrklack med hål	1-010-06	-	Part		Mantelrör med flänsar
Styrklack	1-010-07	-	Part		Mantelrör med flänsar
Insats sammanställning	1-020-00	-	Assembly		Brandpost sammanställning
Insats mellandel	1-021-00	75-054	Assembly		Insats sammanställning
Rör D=36 d=20 L=735	1-021-01	75-054	Part		Insats sammanställning
Trapetsgångad insats del	1-021-02	75-054	Part		Insats sammanställning
Insats övre del	1-022-00	-	Assembly		Insats sammanställning
Insats axel övre del	1-022-01	75-054	Part		Insats övre del
Lagerbussning	1-022-02	75-053	Part		Insats övre del
Hållarer för flänslager	1-022-03	75-052	Part		Insats övre del
Fläns vid trycklager	1-022-04	75-051	Part		Insats övre del

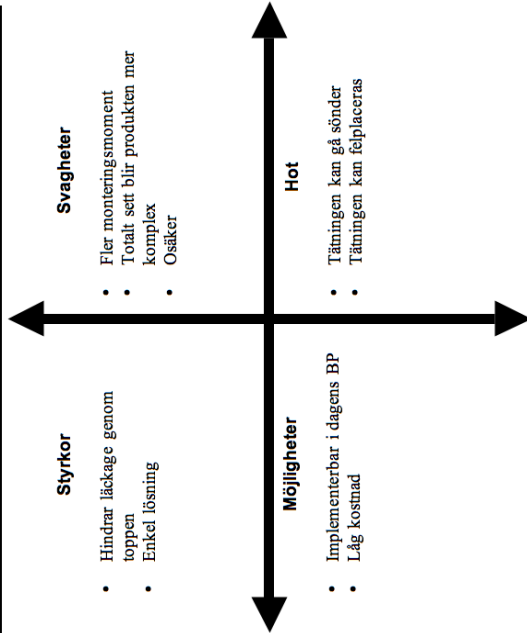
Komponent	Ritningsnummer	Tidigare ritningsnummer	Filtyp	Status	Kommentar
Kägla sammanställning	1-023-00	-	Assembly		Insats sammanställning
Kägla	1-023-01	75-041	Part		Kägla sammanställning
Sidotätningar för kägla	1-023-02	75-044	Part		Kägla sammanställning
Kägla bottentätning	1-023-03	75-043	Part		Kägla sammanställning
Hållare bottentätning	1-023-04	75-042	Part		Kägla sammanställning
Anslutning typ A	1-040-01	-	Part		Brandpost sammanställning
Anslutning typ B	1-030-00	031	Assembly		Brandpost sammanställning
Fläns anslutning typ B	1-030-01	75-024	Part		Anslutning typ B
Klo anslutning typ B	1-030-02	75-025	Part		Anslutning typ B
Textbricka	1-000-01		Part		Brandpost sammanställning
Lock för anslutning	1-000-02	-	Part		Brandpost sammanställning
Snörbricka	1-000-03	-	Part		Brandpost sammanställning
Istinings plugg	1-000-04	-	Part		Brandpost sammanställning
Rostfri brandpostfot	2-000-00	-	Assembly		Rostrfri brandpostfot
BP fot bottenplatta	2-000-01	-	Part		Rostrfri brandpostfot
BP Fot stödplatta 100x40	2-000-02	-	Part		Rostrfri brandpostfot
BP Fot Stödplatta 150x50	2-000-03	-	Part		Rostrfri brandpostfot

Appendix F – SWOT matriser

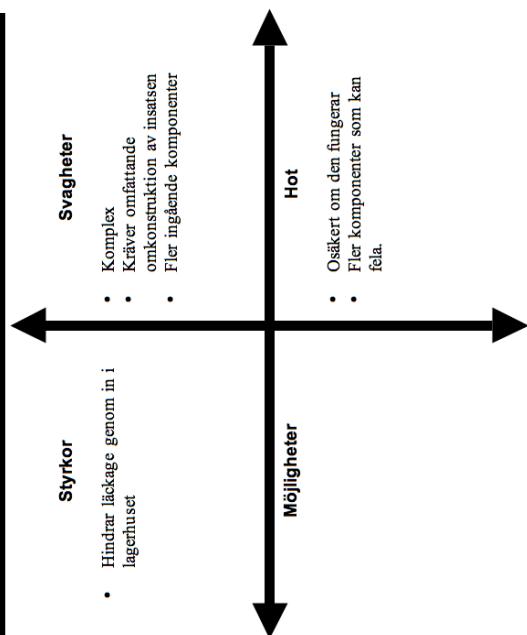
Koncept A1 – Extra O-Ring



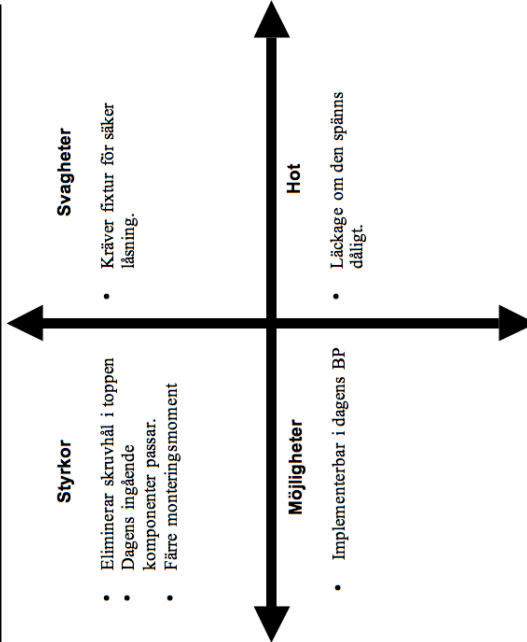
Koncept A2 – Gångtätning



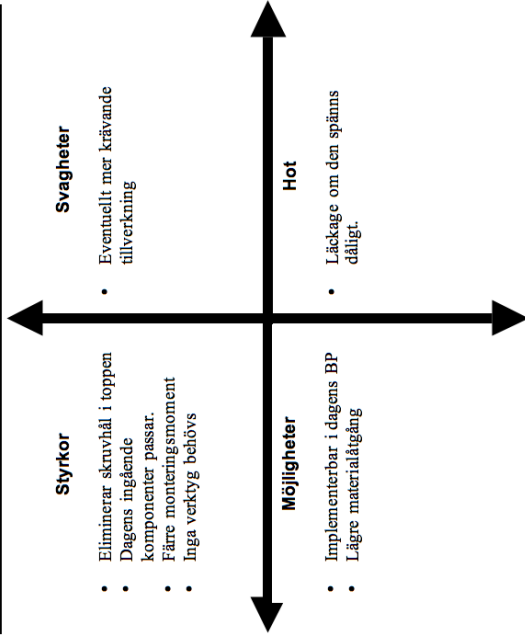
Koncept A3 – Fläns på undersidan av lagerhus



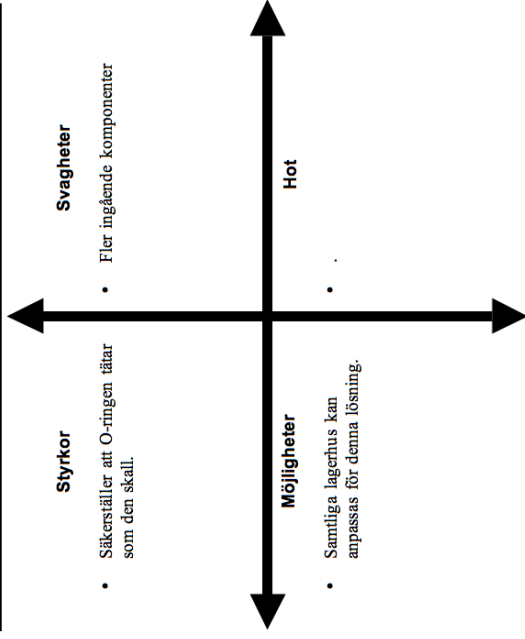
Koncept A4 – Ny typ av lagerhus



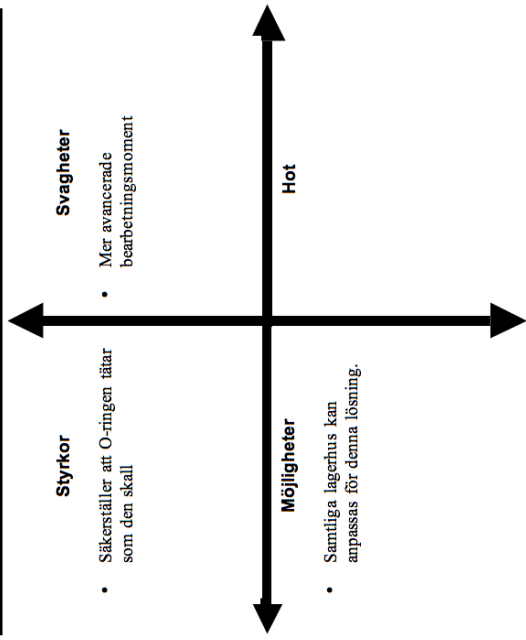
Koncept A5 – Ny typ av lagerhus



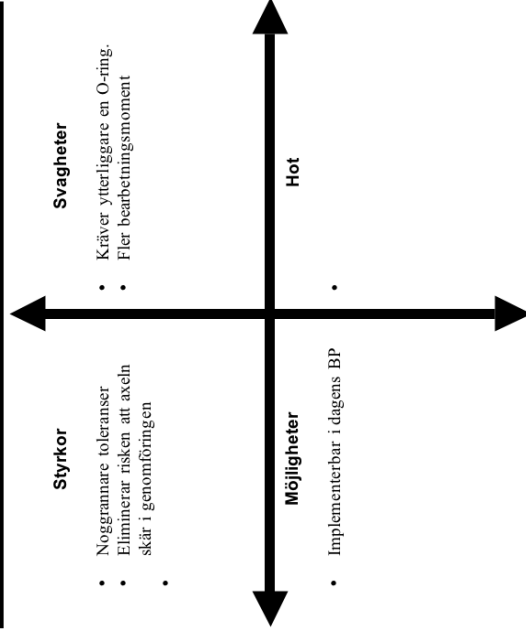
Koncept A6 – Stödning



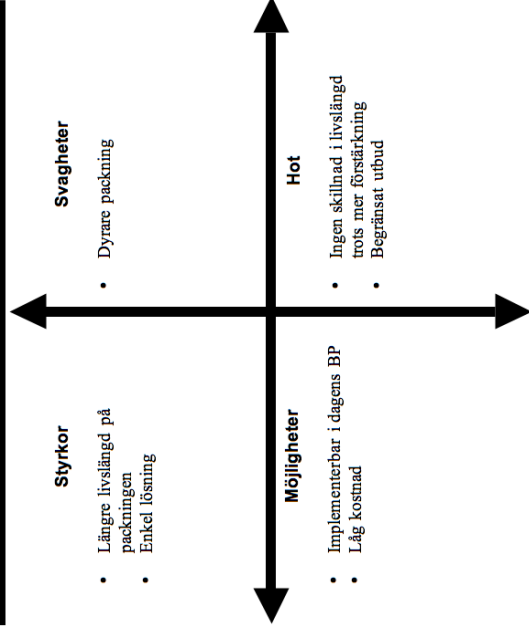
Koncept A7 – Spår för O-ringar



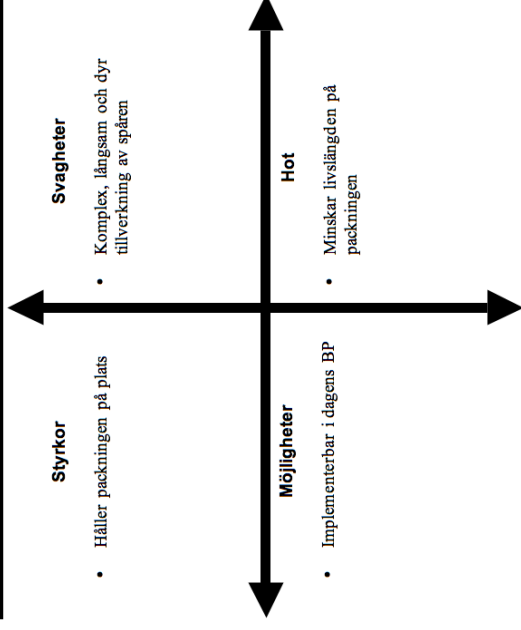
Koncept A8 – Axelcentrering



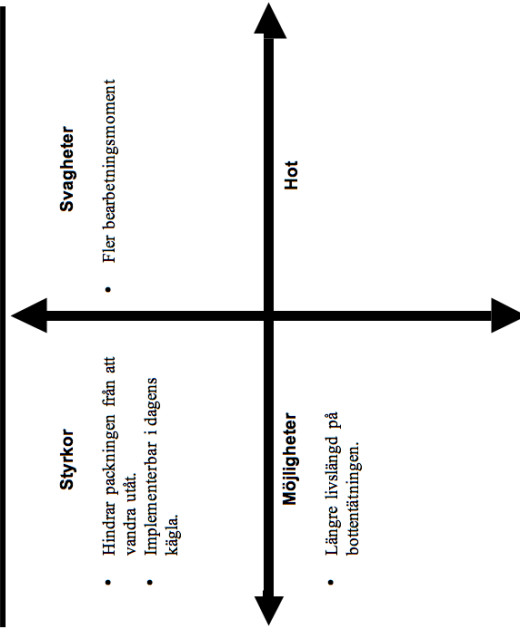
Koncept B1 – Mer förstärkning i packningen



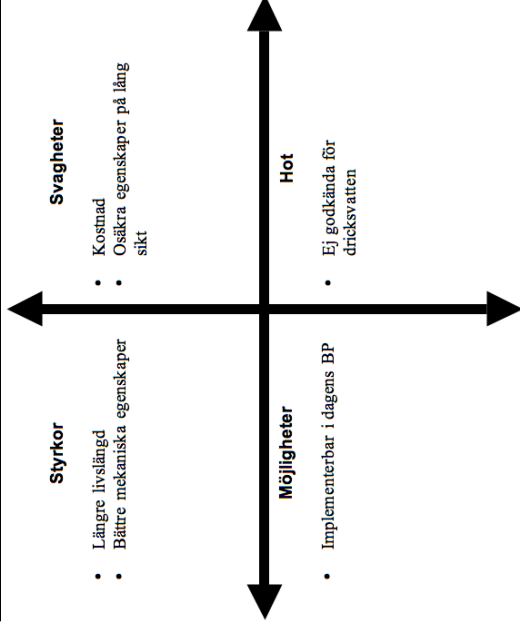
Koncept B2 – Spår i käglan



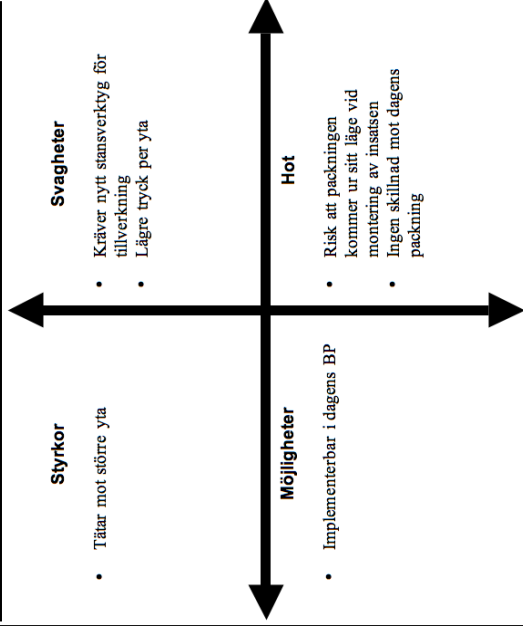
Koncept B3 – Försänkning i käglan



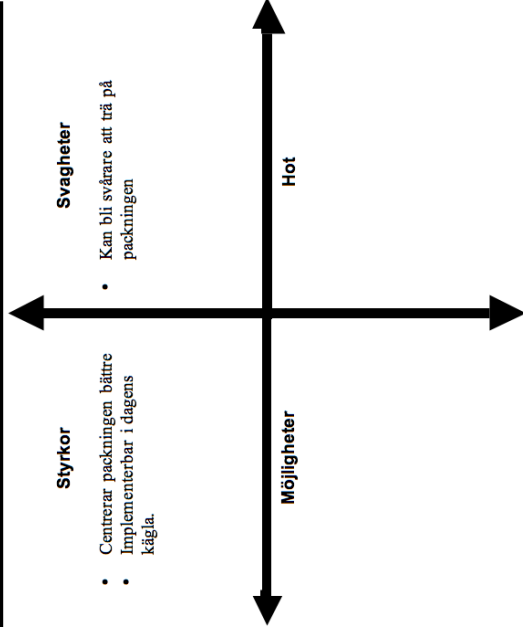
Koncept B4 – Annat material



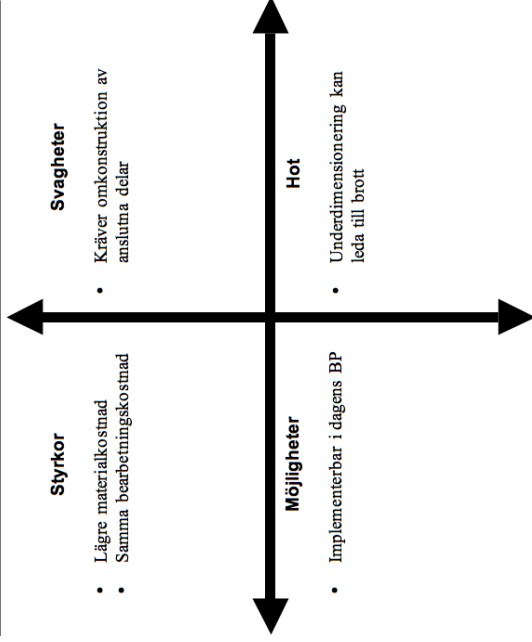
Koncept B5 – Ny geometri på packningen



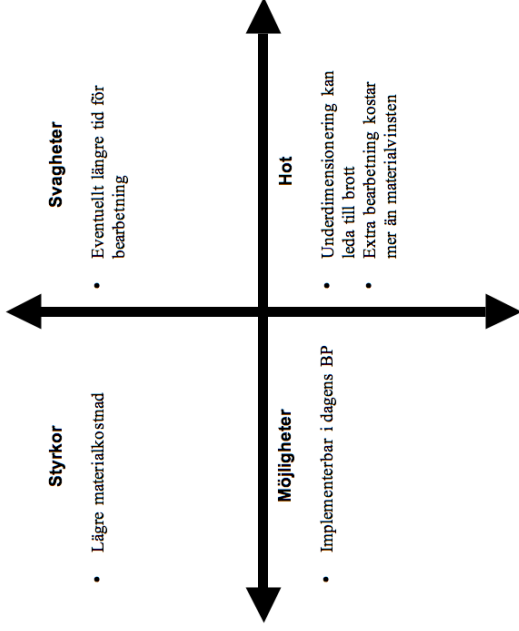
Koncept B7 – Annan geometri på packningshållaren



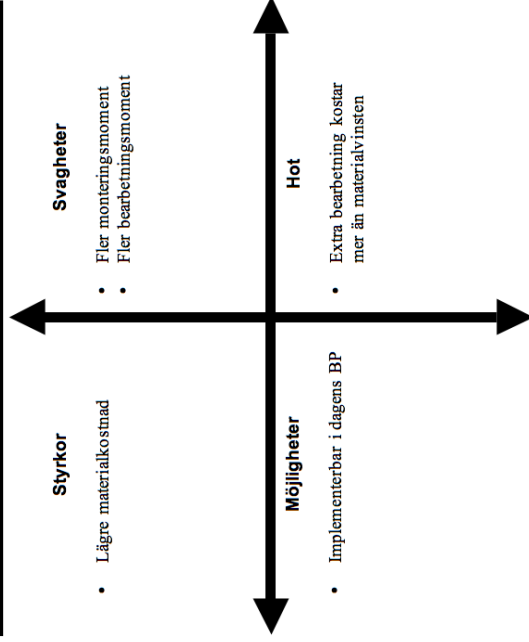
Koncept C1 – Minskad godstjocklek



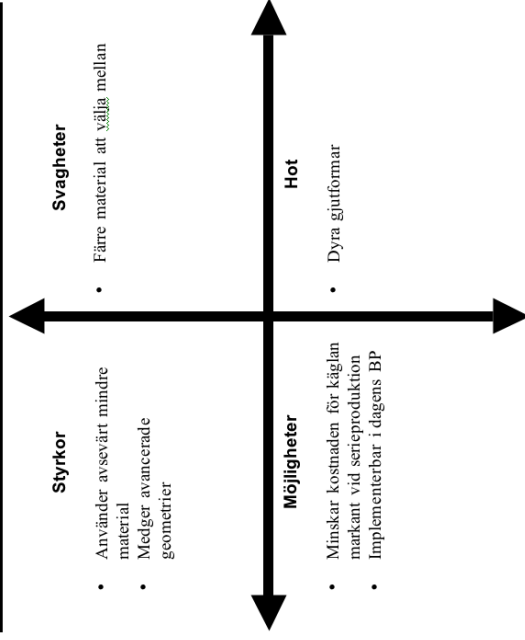
Koncept C2 – Mindre material i kägla



Koncept C3 – Kägla tillverkad i delar



Koncept C4 – Gjutna kägla



Appendix G – Materialdatablad 1

Källa: National Gummi AB

Kloropren

Gummikvalitet med goda fysikaliska och mekaniska egenskaper. Åldersbeständighet, god flambeständighet samt god motståndskraft mot oljor och fetter.

Materialtyp	Kloropren
Hårdhet	60 ± 5° Shore
Densitet	1,54 ± 0,05 g/nm ³
Arbetstemperaturområde	-20 till +100°C
Färg	Svart

Tjocklek mm	Bredd mm	Längd m	Vikt kg/m²
1	1400	20	1,52
1,5	1400	15	2,28
2	1400	15	3,04
3	1400	10	4,56
4	1400	10	6,08
5	1400	10	7,60
6	1400	5	9,12
8	1400	5	12,16
10	1400	5	15,20
12	1400	5	18,00

EPDM

Gummiduk med goda fysikaliska värden samt bra åldrings, ozonbeständighet och beständighet mot syror och baser.

Materialtyp	EPDM	EPDM
Hårdhet	70 ± 5° Shore	60 ± 5° Shore
Densitet	1,33	1,27
Arbetstemperaturområde	-40 till +100°C	-40 till +100°C
Färg	Svart	Svart

Tjocklek mm	Bredd mm	längd m	Vikt kg/m²
0,5	1400	20	0,61
1	1400	20	1,22
1,5	1400	15	1,83
2	1400	15	2,44
3	1400	10	3,66
4	1400	10	4,88
5	1400	10	6,10
6	1400	5	7,32
8	1400	5	9,76
10	1400	5	12,20
12	1400	5	14,65

SBR

Gummikvalitet lämplig för packningar och mellanlägg utan speciella krav på värme-, olje- eller kemikaliebeständighet.

Materialtyp	SBR
Hårdhet	70 ± 5° Shore
Densitet	1,54 ± 0,05 g/nm3
Arbetstemperaturområde	-15 till +50°C
Färg	Svart

Tjocklek mm	Bredd mm	Längd m	Vikt kg/m2
1	1400	20	1,41
1,5	1400	15	2,11
2	1400	15	2,80
3	1400	10	4,23
4	1400	10	5,64
5	1400	10	7,05
6	1400	5	8,46
8	1400	5	11,28
10	1400	5	14,10
12	1400	5	16,92
15	1400	5	21,15
20	1400	5	28,20
25	1400	5	35,25

Appendix I – Monteringstider befintlig brandpost

Monteringstider för befintlig brandpost		
	Moment	Medeltid (min)
1	Förberedelse av mantelrör med flänsar	5,5
	- Fasning av hål	2,3
	- Gängning av hål	2,2
	- Montering av istinings plugg	1,0
2	Övre del till insats	8
3	Montering av kägla	3,5
4	Montering av insats i brandpostkropp	4
1 - 4	Total tid för montering av komplett brandpost	21
5	Provtryckning	20
	- Montering av BP på provtryckningsanordning + efterdragning	5
	- Provtryckning inkl fyllning & tömning	15
Tot.	Total monteringstid inkl provtryckning	41

Appendix J – Beräkningar för kraft från vattentryck.

Vattentryck: Max 8 bar

$$\text{Vattentryck} = 8 \text{ bar} = 800 \text{ kPa} = 8,16 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Radie på inlopp = 36 mm

$$\text{Area på inlopp} = \pi \cdot r^2 = 4071,5 \text{ mm}^2 = 40,72 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{vattentryck}} = 8,16 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 40,72 \text{ cm}^2 = 332,28 \text{ kg} = 3,259 \text{ kN}$$

Appendix K – Beräkningar för ny bottenkägla

Årlig produktion: 150st brandposter
Kostnad för befintlig bearbetad kägla: 1350 kr

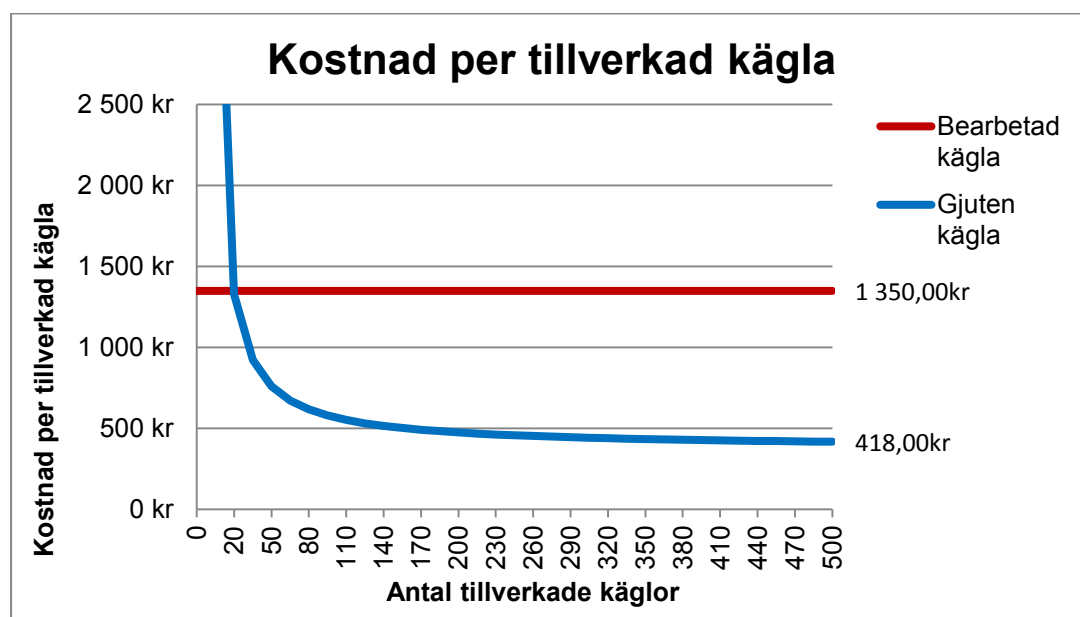
Kostnad för modellutrustning och gjutanpassning: 19 000 kr
Kostnad per gjuten kägla: 130 kr

$$\text{Kostnad år 1} = \frac{19000}{150} + 130 \approx 260 \text{ kr}$$

$$\text{Kostnad år 2} = \frac{19000}{300} + 130 \approx 193 \text{ kr}$$

Antal käglor som behöver tillverkas för att det skall vara lönsamt att gjuta istället för att bearbeta:

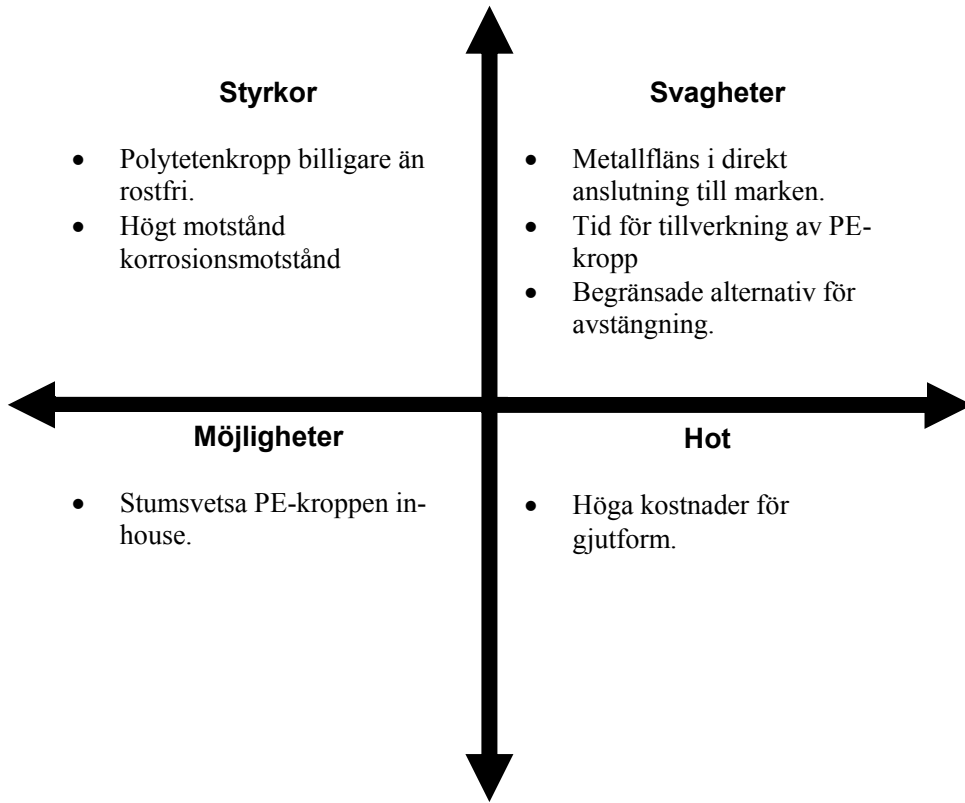
$$\left(\frac{19000}{X}\right) + 130 = 950 \text{ kr} \Rightarrow X = 23,17 \text{ st}$$



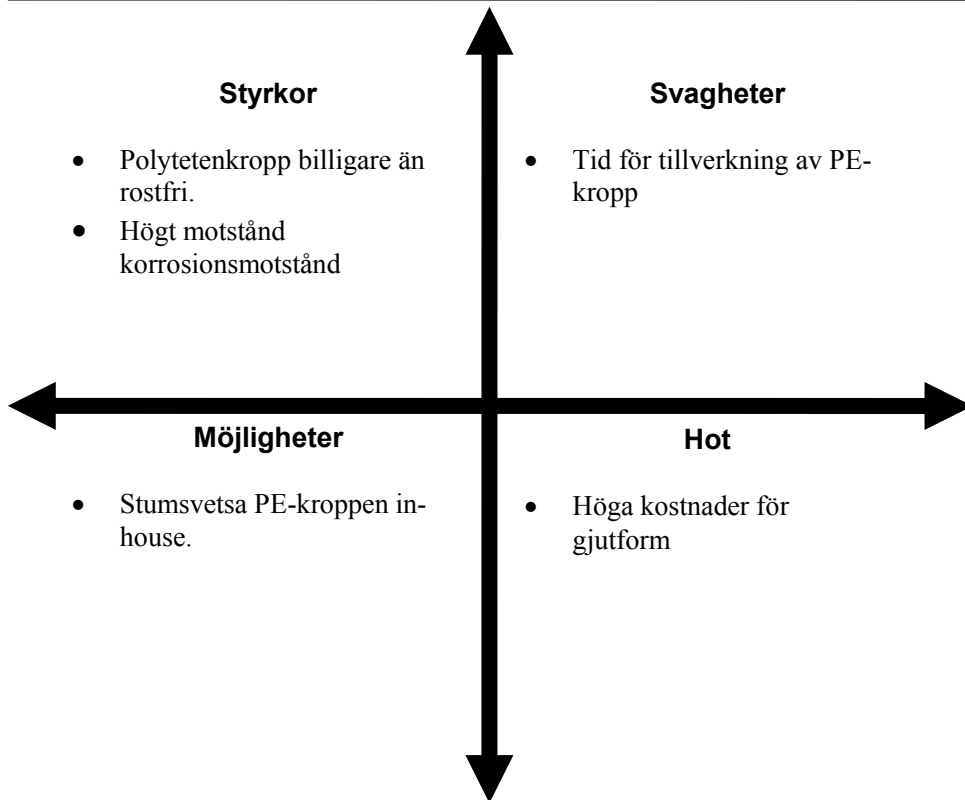
Appendix L – Kravspecifikation för ny brandpost

Kravspecifikation - Befintlig brandpost			
Kriterium	Kontrollmetod	Målvärde	Krav/Önskemål
Funktion			
Temperatur intervall	Termometer	0°C till +50°C	Krav
Temperatur intervall	Termometer	-30°C till +50°C	Önskemål
Max höjd	Mätning	1100 mm	Krav
Anslutning		DN100 Fläns	Krav
Anslutning		Älmhultsfläns	Önskemål
Kemikaliebeständighet	Dokumentation	Klara av låga halter av klor	Krav
Kemikaliebeständighet	Dokumentation	Klara av låga halter av oljor	Krav
O-Ringar	Dokumentation	Oljebeständiga	Krav
<i>Dräneringstid</i>	<i>Tid</i>	<i>< 15 min</i>	<i>Krav</i>
Tryckklass	Manometer	PN16	Krav
Anslutning		Kompatibel med typ A, B & C	Krav
Flöde	Beräkning	Minimum 160m ³ /h	Krav
Undertryck	Test	Klara av undertryck	Krav
Stängning		Medurs	Krav
Öppning	Test	Fullt öppen efter 7-15 varv	Krav
Öppning	Test	Rimligt flöde efter 3 varv	Krav
Märkning		ID-nummer på ovansida	Krav
Korrosionsbeständighet	Pourbaix diagram		Önskemål
<i>Dött vatten</i>	<i>Mätning</i>	<i>Mindre än dagens BP</i>	<i>Önskemål</i>
Underhåll			
Serviceintervall	Test	Aldrig	Önskemål
Smörjmedel	Dokumentation	Livsmedelsgodkända	Krav
Smörjintervall	Test	Aldrig	Önskemål
Verktyg		Standard	Krav
Demonteringstid	Test	Max 15 min	Önskemål
Renoveringsbar		Ifrån ovan	Krav
Tillverkning			
<i>Tillverkningskostnad</i>	<i>Kostnadsberäkning</i>	<i>< 7000 kr</i>	<i>Önskemål</i>
Tillverkningstid	Tid	1 timme	Önskemål
Verktyg		Standard	Önskemål
<i>Grund tillverkad i Polyeten</i>		<i>Hela yttre kroppen</i>	<i>Krav</i>
Kvalitet			
Livslängd - Mantel med flänsar		100 år	Krav
Livslängd - Insatts		100 år	Önskemål
Miljö			
Demonterbar för materialåtervinning	Test	Fullt demonterbar med standard verktyg	Krav
Materialåtervinning	Dokumentation	100% återvinning. material	Krav

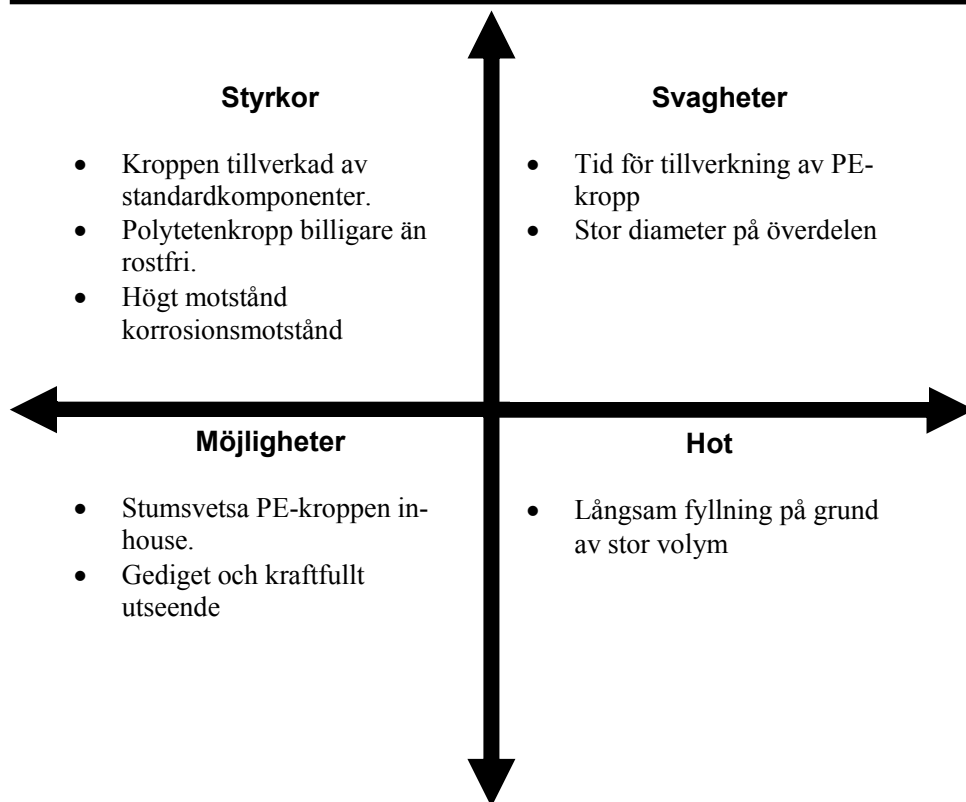
Koncept D1 - Gjuten överdel i PE med fläns i botten



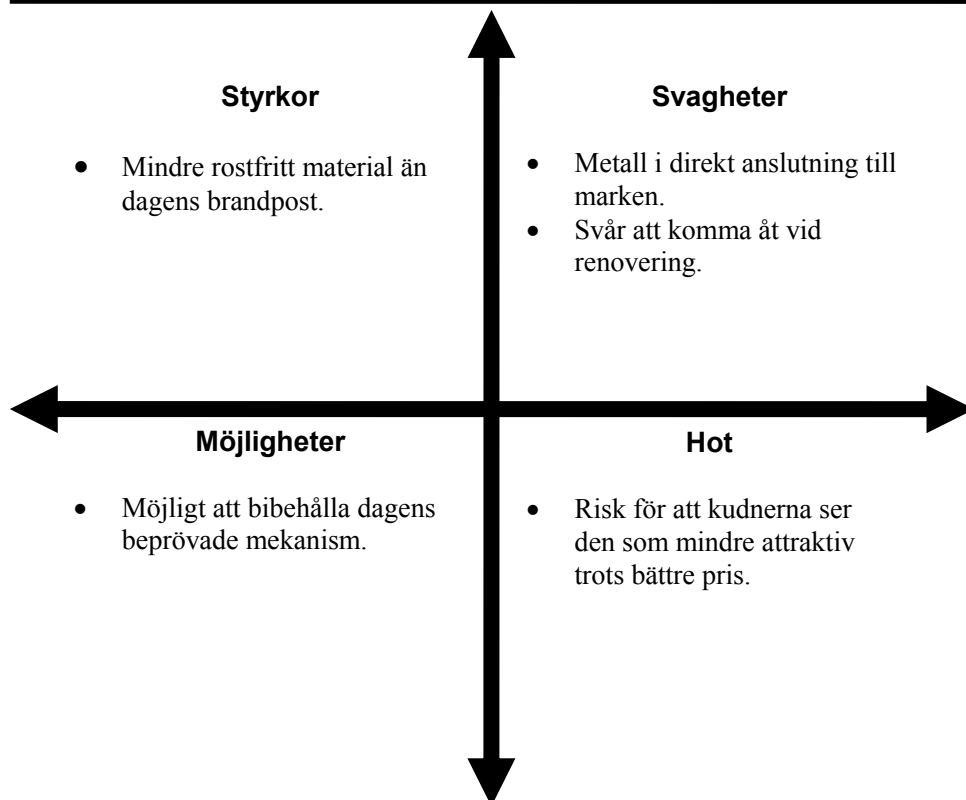
Koncept D2 - Gjuten överdel i PE med rostfri insats



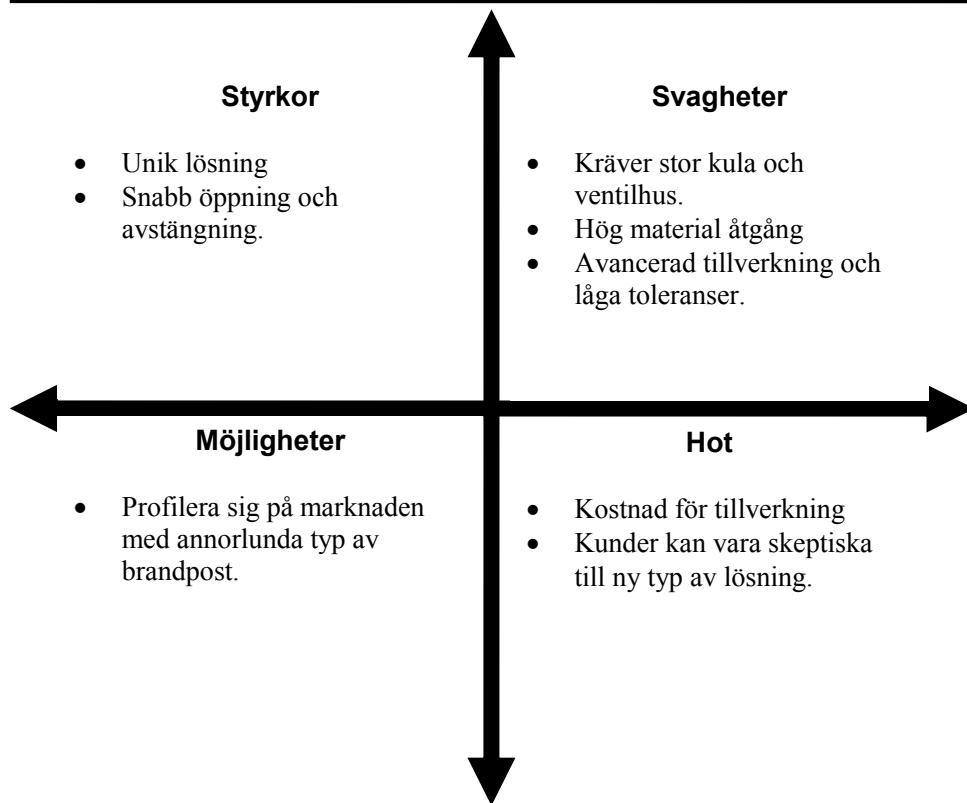
Koncept D3 - Cirkulär PE kropp med rostfri insats



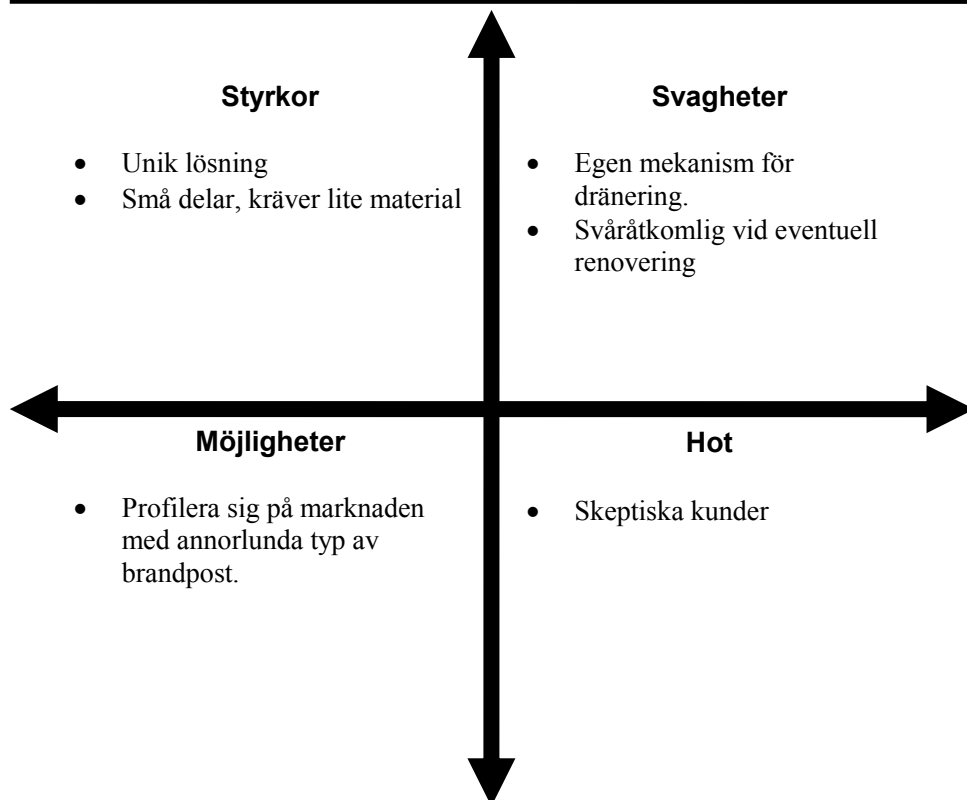
Koncept D4 – Lagerhus vid bottnen



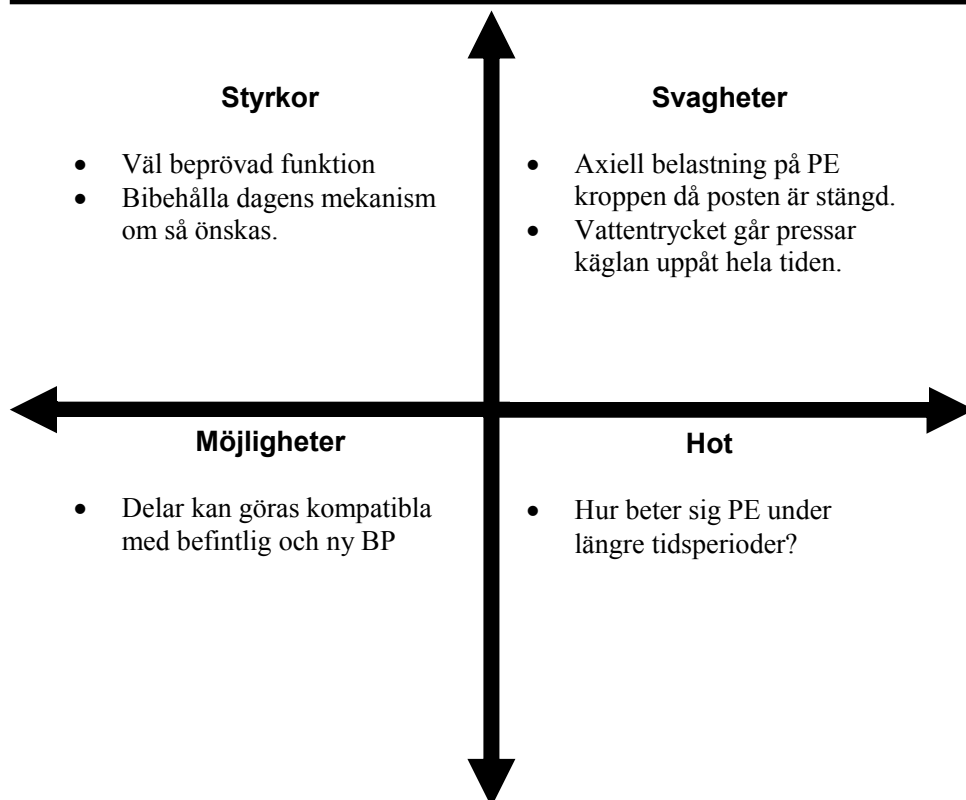
Koncept E1 - Kulventil



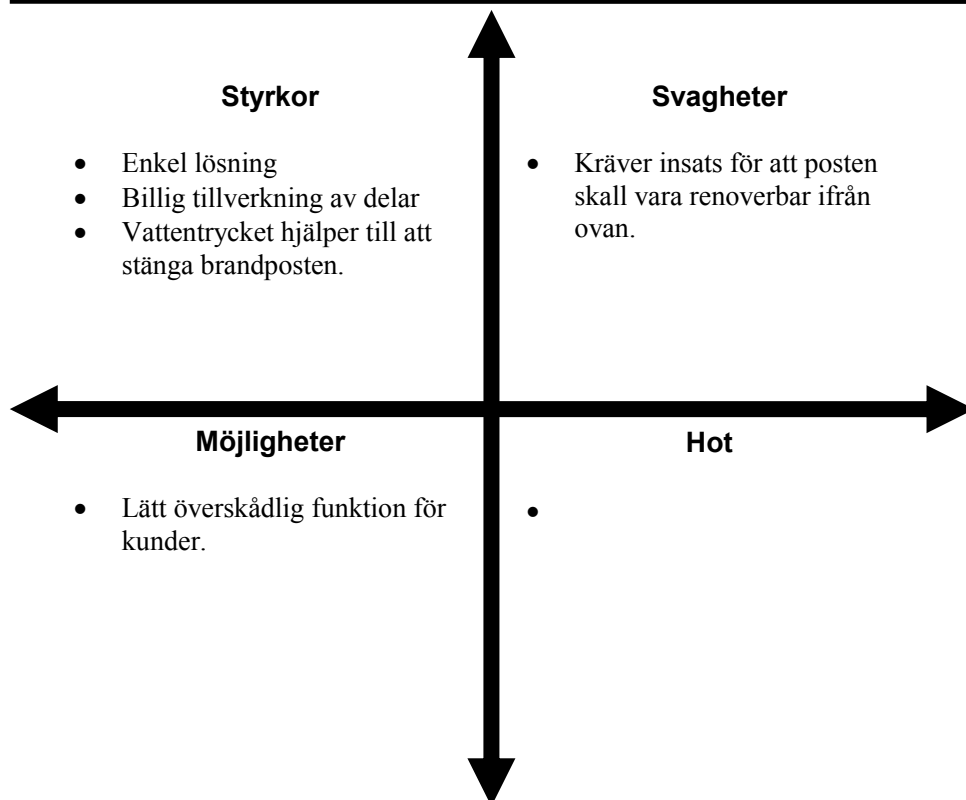
Koncept E2 – Vinkel



Koncept E3 - Ovanifrån



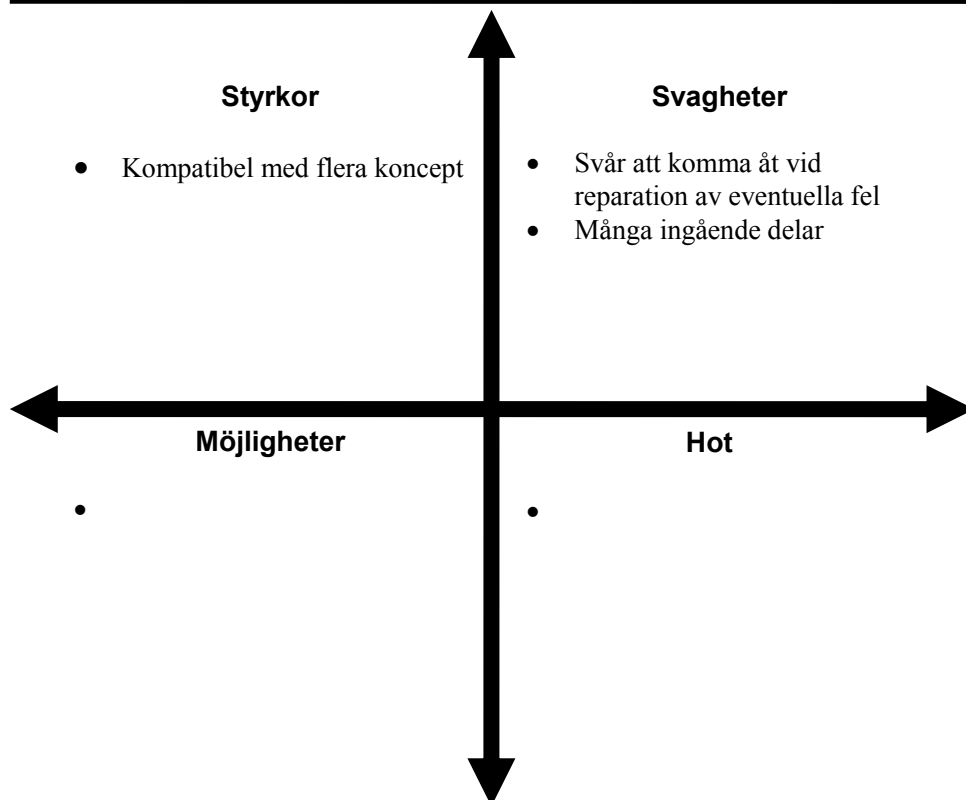
Koncept E4 - Underifrån



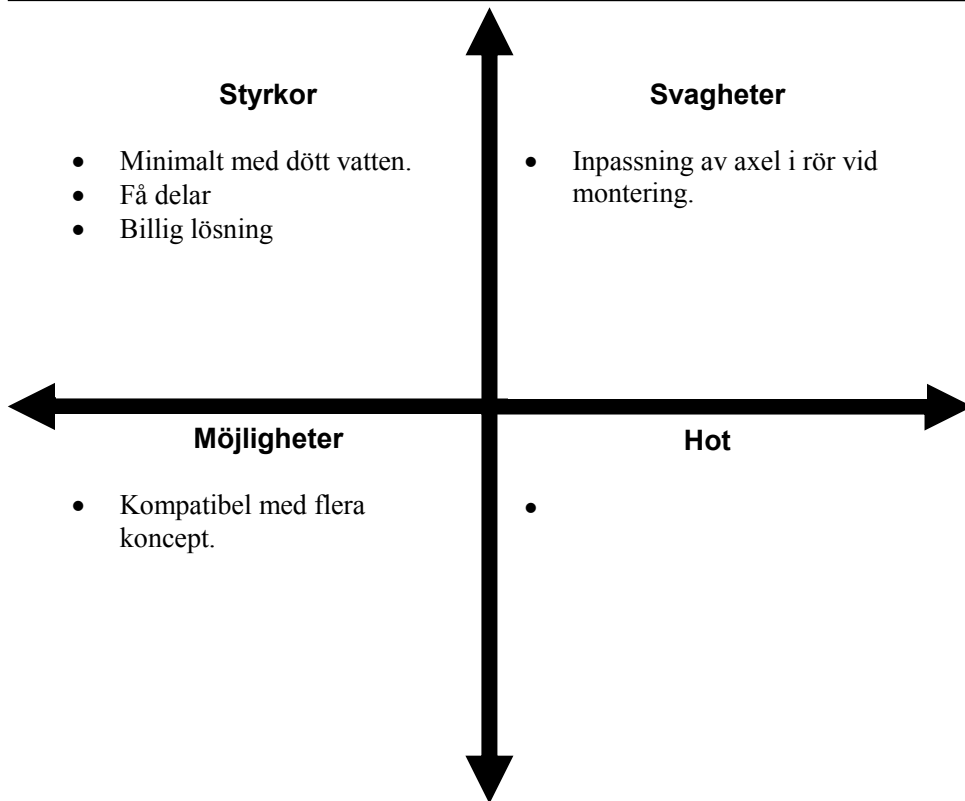
Koncept E5 - Gummikon



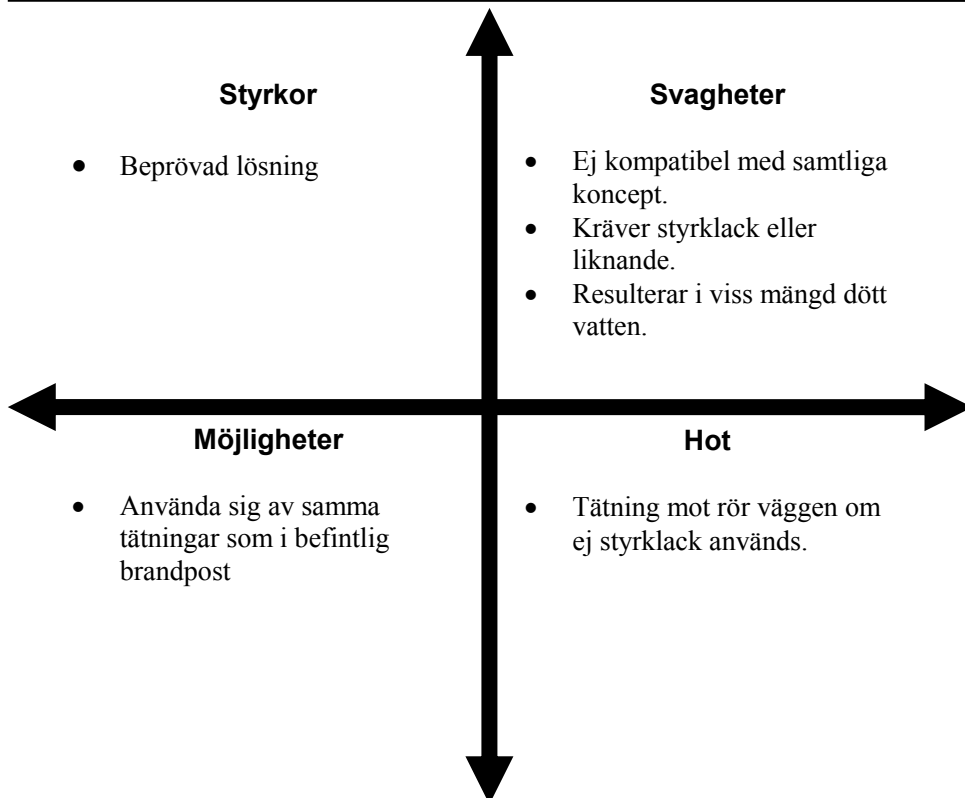
Koncept F1 – Fjäderbelastat lock



Koncept F2 – Genomgående rör



Koncept F3 – Genom sidan



Appendix M – Areaberäkningar för ny brandpost

Befintlig brandpost

Kropp: Radie: 75 mm
Area: $\pi \cdot 75^2 = 176,71 \text{ cm}^2$

Kägla: Radie: 55 mm
Area: $\pi \cdot 55^2 = 95,03 \text{ cm}^2$

Inloppshål: Radie: 36 mm
Area: $\pi \cdot 36^2 = 40,72 \text{ cm}^2$

Fri yta mellan rör och kägla: $176,71 - 95,03 = 81,68 \text{ cm}^2$

Ny brandpost

Kropp: Radie: 55 mm
Area: $\pi \cdot 55^2 = 95,03 \text{ cm}^2$

Axel: Radie: 15 mm
Area: $\pi \cdot 15^2 = 7,07 \text{ cm}^2$

Krav på fri area: $40,71 \text{ cm}^2$

Tätningshållare: $95,03 - (\pi \cdot R_1^2) = 40,72 \text{ cm}^2$
 $\Rightarrow R_1 \leq 41,58 \text{ mm}$

Tätningshållare: Radie: 40 mm
Area: $\pi \cdot 40^2 = 50,27 \text{ cm}^2$

Fri yta med tätningshållaren ovan: $95,03 - 50,27 = 44,76 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{OK!}$

Minsta radie på inloppshål: $(\pi \cdot R_2) - 7,07 = 40,72$
 $\Rightarrow R_2 \geq 3,9 \text{ cm}^2$

