

Förnyelseprojekt av flödesmätare till bensinpumpar

Johan Jibert

Maskinkonstruktion • Institutionen för designvetenskaper • LTH • 2010

Maskinkonstruktion, Institutionen för designvetenskaper LTH
Lunds Universitet
Box 118
221 00 LUND

ISRN LUTMDN/TMKT 10/5405-SE

Tryckt av Media-Tryck, Lund

Förord

Följande rapport redogör för mitt examensarbete utfört åt Dresser Wayne AB på avdelningen för maskinkonstruktion vid institutionen för designvetenskaper på Lunds Tekniska Högskola.

Jag skulle först och främst vilja tacka examinatoren till detta examensarbete, professor Robert Bjärnemo. Det var nämligen han som gav mig kontakten till Dresser Wayne och på så sätt möjliggjorde hela projektet. Utöver detta har han bidragit med mycket bra vägledning under hela projektets gång. Bra tips och vägledning har jag även fått från mina handledare på Dresser Wayne och LTH, Kerstin Holmqvist respektive Per-Erik Andersson, och även till viss del från Bengt I Larsson, även han från Dresser Wayne.

Fakta och tips om olika flödesteknologier har jag framförallt fått från fyra olika personer, från tre olika företag. Denna kvartett som utgörs av, Mattias Pechmann och Jörgen Nilsson från Fagerberg, Lars Broomé från ABB och Patrik Karlsson från Sikima, ska givetvis även de få ett stort tack.

Den person som troligtvis har lagt ner mest tid på mig är ingenjören på utvecklingsavdelningen för membran på Freudenberg i Tyskland, Roman Herzog. Han har främst bidragit med ritningar på flera olika membran, men även prisbilder, förstärkningsförslag, materialförslag och rådgivning. Han har fått stå ut med mail och samtal under fyra månaders tid och jag är mycket tacksam för all hans hjälp.

Jag skulle även vilja tacka, Rudy Rossner på LEWA, som bidrog med fakta om metallmembran då jag inte kunde hitta någon litteratur på egen hand.

Slutligen vill jag även ge ett stort tack till alla andra som hjälpt och stöttat mig under projektets gång.

Lund, maj 2010

Johan Jibert

Abstract

This Master Thesis has been carried out for Dresser Wayne AB in Malmö, done at the Division of Machine Design, Department of Design Science at LTH, Lund's University. Dresser Wayne was interested in finding a new or improved flowmeter for their fuel-dispensers since the two current flowmeters were either expensive or having drift problems. Dresser Wayne also had their own idea of replacing the pistons in their piston flowmeter with diaphragms.

Ulrich & Eppingers product development methodology was used during this project. Ideas were generated and evaluated in a series of steps against different criteria, which encapsulated the whole product life span.

Different flowmeter technologies were studied, but the technologies that were good enough were too expensive; instead, full focus was set on implementing diaphragms in the existing piston flowmeter. Rubber, metal and Teflon diaphragms were evaluated. The rubber diaphragms had a life span which was much shorter than desired, and were therefore no longer feasible alternatives. To gain a frequency that is low enough for the metal diaphragms, the diaphragms diameter had to be considerably large since the metal diaphragms had a very small deflection. This made the flowmeter almost five times larger than the flowmeter with pistons. The Teflon diaphragms had a much larger deflection, making the flowmeter almost half the size of the metal diaphragm flowmeter. There were some doubts, however, that the Teflon might be inert to the different fuels, an issue which Dresser Wayne have to look up themselves in order to close the chapter on diaphragms. The Teflon diaphragm flowmeter also achieved a lower result than Dresser Wayne's piston flowmeter in the last evaluation.

A new flowmeter was also designed, originally for a type of rubber diaphragm, but later redesigned for pistons. This flowmeter had three cylinder holes instead of one, like Dresser Wayne's piston flowmeter, the iMeter, and were therefore called the triMeter. The triMeter had a different steering device, and will hopefully not have the same drift problems as the iMeter. The triMeter had a more simple design, but was also about 50 % larger than the iMeter. In the last evaluation, the triMeter achieved a higher result than the iMeter.

Dresser Wayne is recommended to finish the design of the triMeter and make tests to see if it actually is an improvement from the iMeter.

Keywords: *Product development project, flowmeter, diaphragm, Ulrich & Eppinger's development methodology*

Sammanfattning

Denna rapport är ett examensarbete i maskinkonstruktion som är utfört på avdelningen för maskinkonstruktion vid institutionen för designvetenskaper på Lunds Tekniska Högskola (Lunds Universitet). Rapporten är en del av ett projekt, utfört åt Dresser Wayne AB:s utvecklingsavdelning i Malmö, och är ett förnyelseprojekt av flödesmätningen i Dresser Waynes bränslepumpar. Dresser Wayne har i nuläget två flödesmätare för vätska, varav en kolvmätare och en skruvmätare. Kolvmätaren har en tendens att börja driva, vilket påverkar mätnoggrannheten och skruvmätaren är relativt dyr. Det är därför önskvärt att finna en flödesmätare med lång livslängd till ett bra pris.

I detta förnyelseprojekt har Ulrich och Eppingers utvecklingsmetodik till stora delar använts för att ge ett strukturerat arbetssätt och en bra dokumentation att överlämna till Dresser Wayne. Enligt metodiken inleds projektet med en planeringsfas följt av en förundersökning. Därefter görs en bred idégenerering med få avgränsningar varefter idéerna utvärderas och de sämre alternativen sällas bort. Dessa förslag vidareutvecklas sedan innan de än en gång utvärderas. Därefter väljs de bästa förslagen ut och genomgår en produkttestning.

I detta projekts förundersökning granskades tekniken hos Dresser Wayne, deras konkurrenter och andra branscher med flödesmätning. Denna förundersökning resulterade i två teoridelar, varav en tog upp olika flödesmätningsteknologier och den andra behandlade gummimembran. Teoridelen om gummimembran togs fram eftersom Dresser Wayne var intresserade av att ersätta kolvarna i en av deras flödesmätare med just gummimembran. Utöver detta genomfördes även en mindre undersökning bland Dresser Waynes anställda för att ta reda på hur de tycker en ideal flödesmätare till deras bensinpumpar ska fungera.

Med kunskapen från förundersökningen togs kriterier fram till kommande utvärderingar och en idégenerering genomfördes. Denna första idégenerering utgick från tre infallsvinklar: *Förbättra de två befintliga flödesmätarna, Andra flödesteknologier och Ta fram nya/egna lösningar*. Denna idégenerering gav inte konkreta lösningar utan olika lösningsgrupper inom olika områden. Detta gjordes eftersom det i detta skede fanns för många olika områden för att hinna med att ta fram konkreta lösningar till var och ett. När dessa olika lösningsgrupper undersöktes närmare visade det sig att bara en lösningsgrupp, *Membran i iMetern*, hade potential till att ge en bättre lösning än de befintliga. Lösningen innebär att man ersätter kolvarna i iMetern (Dresser Waynes kolvflödesmätare) med membran för att öka livslängden på flödesmätaren.

Vidareutvecklingen av denna lösning inleddes med en beskrivning över hur ett idealt membran till denna lösning ska fungera. Därefter valdes de mest lämpliga membran typerna ut i några olika storlekar. Då det visade sig att alla olika membran typer inte tekniskt fungerar i iMetern utvecklades även en egen flödesmätare, kallad *triMeter*, som klarar alla typer av membran. De två olika flödesmätarna kombinerades med olika membran och konstruerades om för att ge färdiga membranflödesmätare. Därefter gjordes tre jämförelser som fungerade som underlag till en kommande utvärdering. Dessa jämförelser var emellan membran och kolvar, rullande- och konkava membran samt den nya flödesmätaren och iMetern.

Med dessa jämförelser som underlag gjordes en utvärdering i tre steg. Först utvärderades de olika membran mot varandra för att få ner antalet lösningar. Därefter utvärderades de olika lösningarna, varefter de två bästa lösningarna jämfördes med iMetern med kolvar. Det visade sig då att den nya flödesmätaren med rullande membran blev marginellt bättre än iMetern med kolvar medans iMetern med platta membran blev marginellt sämre. På grund av det jämna resultatet i utvärderingen samt en viss osäkerhet angående membranens livslängd valdes det att titta vidare på de båda nya lösningarna.

Membrantillverkarna hade tidigare inte kunnat säga vilken livslängd deras produkter har, och hade heller ingen specifik livslängd på sina produkter. Men när Dresser Wayne krävde en siffra på livslängden för att fortsatt vara intresserade av produkten gick livslängden att få fram. Då det visade sig att det krävdes mycket stora membran, för att komma upp i det livslängdskrav som ställs på flödesmätaren vilket i sin tur ger en väldigt stor flödesmätare, var gummimembran inte längre intressanta.

Istället undersöktes alternativet med metallmembran som hade missats tidigare i förundersökningen. Dock visade det sig att metallmembranen hade en sådan liten deflektion att det krävdes en mycket stor diameter för att få membran att slå med tillräckligt låg frekvens. Detta medför i sin tur att om de skulle implementeras i iMetern skulle den bli alldeles för stor. Dock påträffades även teflonmembran som även de undgått förundersökningen. Teflonmembranen som kan ha fem gånger så stor deflektion som metallmembranen gav en betydligt mindre iMeter. Dock resulterade researchen inte i några svar om hur teflonmembranen klarar av de olika bränslena som passerar genom flödesmätaren i Dresser Waynes bränslepumpar.

En slutlig utvärdering genomfördes dock utan hänsyn till huruvida teflon är inert mot de olika bränslena eller ej. I denna utvärdering togs även triMetern med fast denna gång med kolvar istället för membran. Teflonmembranmätaren och triMetern jämfördes med iMetern och det visade sig att triMetern fick det bästa resultatet i utvärdering. Detta beror bl.a. på att det är styrningen i iMetern som gör att den börjar driva och triMetern har en annan styrning. Förhoppningen är att denna styrning inte ska ha samma brister som iMetern, dock är triMetern varken färdigkonstruerad eller testad vilket gör att denna bedömning endast är baserad på antagande. triMeterns konstruktion är dock även enklare och den består av färre delar. Nackdelen med triMetern är att den är cirka 50 % större än iMetern och att den ännu inte är anpassad till bensinpumparna.

För iMetern med implementerade teflonmembran gick det något sämre. Detta beror på att den är 2,5 gånger så stor som iMetern med kolvar och dessutom har samma styrning som iMetern. Utöver detta finns det även en osäkerhet om teflonmembranen är lämpliga att använda i den aktuella miljön, omgiven av bränsle.

Dresser Wayne rekommenderas därför att undersöka om teflonmembranen går att använda för att sedan avgöra om man skall arbeta vidare med membran eller lägga ner hela idén om att implementera membran i flödesmätaren. Dessutom bör de ta fram prototyper och göra tester för att se om styrningen i triMetern kommer att uppfylla de antagande som gjorts och därmed bli en bättre flödesmätare än iMetern.

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Problemställning	2
1.3	Krav	2
1.4	Avgränsningar	2
2	Mål	3
3	Metod	5
4	Förundersökning	9
4.1	Nuvarande lösningar	9
4.2	Benchmarking	15
4.3	Teori - Andra teknologier	16
4.4	Teori - Membran	22
4.5	Önskvärda egenskaper	34
5	Kriterieframtagning	35
6	Primära lösningsgrupper	39
6.1	Framtagning av lösningar	39
6.2	Beskrivning och val av lösningar	40
7	Vidareutveckling av: Membran i iMetern	49
7.1	Implementering av membran i iMetern	49
7.2	Val av membrantyper	50
7.3	Ny flödesmätare	55
7.4	Lösningsförslag	58
7.5	Jämförelser	61
8	Utvärdering	67
8.1	Val av membran	67
8.2	Val av lösning och jämförelse med dagens iMeter	70
9	Kompletterande research och vidareutveckling	75
9.1	Gummimembran	75

9.2 Metall-/Teflonmembran	77
9.3 triMetern	82
10 Slutlig utvärdering	85
11 Slutsatser och rekommendationer	87
12 Diskussion	89
13 Referenser.....	91
Bilaga A: Planering, Gantt - schema	93
Bilaga B: Bränsleegenskaper	95
B.1 Viskositet.....	95
B.2 Ledningsförmåga	96
B.3 Referenser	97
Bilaga C: Membranförslagen	99
C.1 Konkavt membran 1.....	99
C.2 Konkavt membran 2.....	100
C.3 Konkavt membran 3.....	101
C.4 Konkavt membran 4.....	102
C.5 Konkavt membran 5 (plattare membran)	103
C.6 Konkavt membran 6 (pumpmembran)	104
C.7 Rullande membran	105
C.8 Material 70 FMK 252515	106
C.9 Förstärkning 32 till de konkava membranen	107
C.10 Förstärkning 85 till det rullande membranet.....	108
C.11 Förslag på insättningsförstärkning till Konkavt membran 1.....	109
C.12 Uträkning av displacementvolymen hos Konkavt membran 1	110
Bilaga D: Ritningar	111
D.1 M210.....	112
D.2 T125	113
D.3 Halva T125_p1	114
D.4 T125_p2	115
D.5 triMetern (Hela ritningen)	116
D.6 triMeterns hus (Hela ritningen).....	117
D.7 triMetern (vänstra halvan).....	118
D.8 triMetern (högra halvan)	119
D.9 triMeterns hus (vänstra halvan)	120
D.10 triMeterns hus (högra halvan).....	121

1 Introduktion

I detta inledande kapitel kommer bakgrunden till projektet att tas upp, samt projektets problemställningar, avgränsningar och krav på en eventuell slutprodukt.

1.1 Bakgrund

Dresser Wayne AB har sin utvecklings- och produktionsavdelning i Malmö. De utvecklar, tillverkar, marknadsför och utför service på bensinpumpar och elektroniska betalsystem. Nedan visas en sammanfattande faktaruta om Dresser Wayne[1].

Faktaruta:

- Dresser Wayne är ett amerikanskt företag med huvudkontor i Dallas, Texas.
- Företaget ingår i Dresserkoncernen som sysselsätter drygt 8000 personer runtom i världen
- De tillverkar bland annat komponenter för oljeutvinning.
- Det grundades redan år 1892, då det första patentet på en självdoserande bensinpump kopplad till en större tank kom till.
- Verksamheten finns representerad i drygt femtio länder och Dresser Waynes svenska kontor ligger i Malmö, men har ytterligare avdelningskontor i Sverige.
- Totalt har man drygt 330 anställda i Sverige och omsättningen är 430 mkr.

Dresser Waynes utvecklingsavdelning i Malmö håller i nuläget på med ett projekt där de förnyar stora delar av deras bränslepumpar. De förnyar bland annat en av de befintliga flödesmätarna men är även intresserade av att undersöka om det finns andra typer av flödesmätare, än de alternativ som idag används.

Dresser Wayne har i nuläget två varianter av flödesmätare för vätskor. Flödesmätarnas uppgift är att noggrant mäta den volym vätska som pumpas ut ur Dresser Waynes bränslepumpar. De är dock inte riktigt nöjda med någon av lösningarna då den ena är dyr och den andra utsätts för mycket slitage, driver och kräver relativt mycket service.

Det är därför önskvärt att finna en lösning som mäter noggrant länge (inte driver), är relativt billig och kräver så lite underhåll som möjligt. Detta underhåll innefattar allt från kalibrering till utbyte av reservdelar.

Företaget är särskilt intresserat av att ersätta kolvarna inklusive tätningarna i kolvmätaren med membran för att komma runt slitageproblemet och minska antalet ingående delar. Huruvida denna lösning är realiserbar ska givetvis undersökas, men samtidigt kommer även en bredare produktsökning att utföras.

1.2 Problemställning

Att undersöka om det finns ett bättre alternativ till Dresser Waynes befintliga flödesmätare och även undersöka om det är lämpligt att implementera membran i Dresser Waynes ena flödesmätare. Det ska även göras en konstruktiv utformning av ett eventuellt nytt mätinstrument, som ska anpassas till Dresser Waynes bränslepumpar.

1.3 Krav

Det finns en del krav som flödesmätaren måste klara, för att få användas i Dresser Waynes bränslepumpar. Flödesmätaren ska:

- ha en livslängd på 15 år, vilket översätts till 5000 timmars drifttid eller 10 miljoner passerade liter. (Mätarna levererar mellan 400 000 och 1 000 000 l/år)
- klara omgivningstemperaturer från - 40°C till +70°C
- fungera med följande bränsle: bensin, diesel, biodiesel, Etanol (0-100%), och bensin med 20 % MTBE (Methyl Tertiary Benzene).
- mäta vätskor med en kinematisk viskositet från 0.5 mm²/s (centistokes) upp till 10 mm²/s
- klara ett arbetstryck på 3,5 bar och tryckpikar upp till 18 bar under ett intervall på 1 sekund på och 1 sekund av under 1*10⁶ cykler utan att visa tecken på några sprickor
- fungera väl för flöden mellan 3,8- 113 l/min
- max ha ett repeterande fel på ±0,2 % vid alla flöden mellan 3,8- 113 l/min. (Ett repeterande fel definieras som skillnaden mellan det största och minsta resultatet av en successiv mätning av samma kvantitet utpumpad under samma förhållanden.)

1.4 Avgränsningar

Den inledande breda produktsökningen avgränsas till att inte undersöka andra befintliga displacementflödesmätare. Detta beror dels på tidsbrist, då examensarbetet endast genomförs av en person, och dels på att Dresser Wayne helst vill tillverka sina flödesmätare själv och då inte är intresserade av att köpa in färdiga displacementflödesmätare.

Alla olika grenar i förundersökningen och produktsökningen har, på grund av tidsbrist, inte undersökts så djupt som önskat. De olika grenarna har övergivits direkt då det visat sig att en djupare efterforskning troligtvis inte kommer att ge resultat.

2 Mål

I detta kapitel definieras detta projekts olika målsättningar.

Syftet med projektet är att hitta och ta fram nya lösningsförslag som ska jämföras och utvärderas emot varandra och redan befintliga lösningar. Målet är även att ge en bra dokumentation till resultaten av utvärderingarna och hela projektet så att man i framtiden enkelt och överskådligt kan se varför vissa idéer valdes bort.

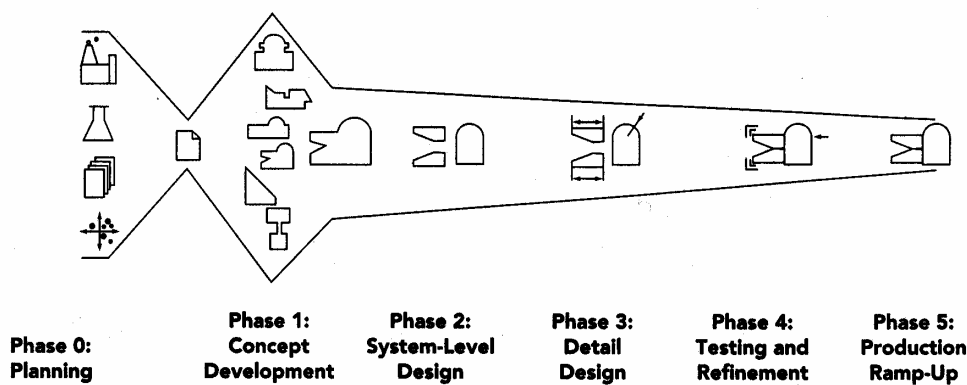
Det man först och främst vill uppnå med detta projekt är en flödesmätare som uppfyller alla krav och som kräver lite underhåll och mäter noggrant längd. Det är givetvis också önskvärt att den är billigare och tar mindre utrymme än de nuvarande alternativen.

Den nya flödesmätaren ska sedan, om tid finns, utformas så att den kan implementeras i alla Dresser Waynes bränslepumpar. Förhoppningen är att projektet avslutas då en produkt är så pass färdig att prototyper tagits fram eller kan tas fram. Dock avslutas projektet tidigare om inget av de nya lösningsförslagen visar sig vara bättre än de befintliga.

3 Metod

Hur projektet har genomförts och vilken utvecklingsmetodik som har använts beskrivs i detta kapitel.

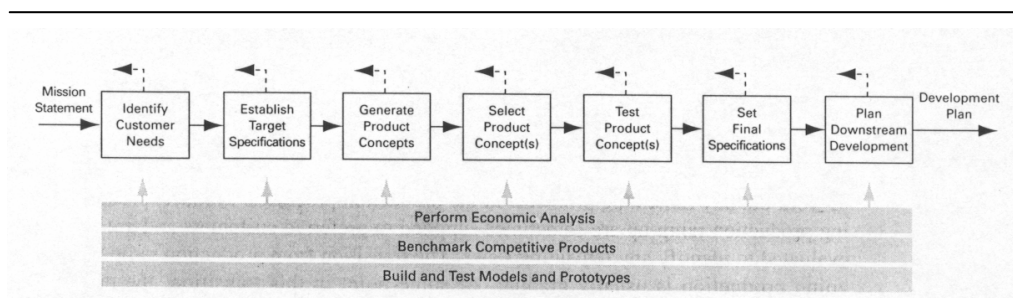
Under utvecklingsarbetet har i tillämpliga delar *Ulrich & Eppingers* metodik [2] använts, förutom i kriterieframtagningen då metoden POME användes. POME-metoden kommer att förklaras utförligt i kapitel 5 *Kriterieframtagning*. Enligt *Ulrich & Eppingers* metodik kan framtagningen av en produkt beskrivas med sex olika faser, se figur 3-1 nedan. I fas 0, *Planning*, skapas en uppdragsformulering över projektet som specificerar mål, marknad, strategi och tidsplan. Under fas 1 identifieras kundbehov, krav specificeras, koncept tas fram och utvärderas vilket leder fram till en eller ett par kvarstående koncept. Vid fas 2 studeras sammanställningen av en produkt för olika delkomponenter. Fas 3 ger en fullständig specificering av geometri, material och toleranser över alla de detaljer som ingår i en produkt. Under fas 4 testas och vidareutvecklas produkten med hjälp av prototyper. Under den sista fasen tillverkas produkten i en liten serie för att se till att produktionssystemet fungerar som det ska då produktionen ska dra i gång i full skala.



Figur 3-1: The generic product development process [2]

Under detta projekt har största delen av arbetet lagts på fas 1, Concept Development, men fas 0 och 2 har även delvis innefattats. Fas 1 är en stor fas som i sin tur kan delas upp i flera olika delsteg vilket visas i figur 3-2 nedan.

3. Metod



Figur 3-2: Concept Development-The Front-End Process [2]

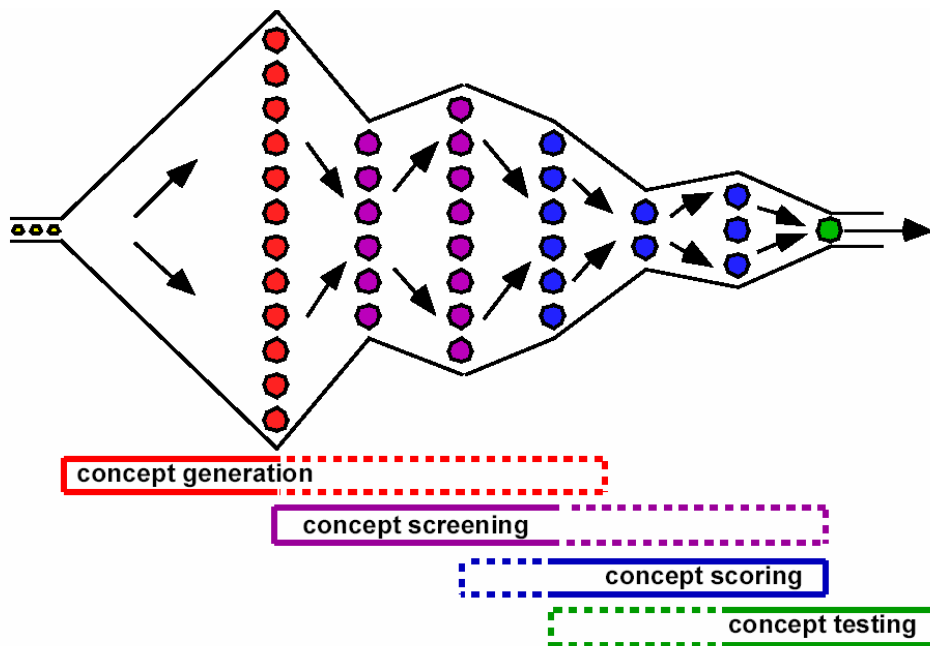
Det första delsteget i denna fas, identifiering av kundbehov, är ofta ett kritiskt steg som är mycket avgörande för den slutliga produktens utfall. Dock har inte kunderna så många åsikter i detta fall angående en flödesmätare i en bensinpump, utöver att de vill att den ska vara snabb och mäta rätt. Därför har istället anställda på Dresser Wayne fått svara på hur de tycker att flödesmätaren ska fungera. Istället för steg två och sex i figuren (målspecifikationer och slutliga specifikationer), har som tidigare nämnts, POME-metoden använts.

Det tredje steget, idégenereringen, utfördes med hjälp av tre infallsvinklar:

1. Förbättra/förändra Dresser Waynes nuvarande lösningar
2. Undersöka andra mätteknologier
3. Ta fram nya/egna lösningar

Utifrån dessa infallsvinklar och den breda produktsökningen samt övrig information från förundersökning, togs sedan olika tänkbara lösningsmetoder fram, som undersöktes närmare.

Steg fyra, välj produktkoncept, inleddes med en *Concept Screening*, se figur 3-3 nedan. Denna *Concept Screening* bestod dock, i detta fall, endast av kort motivering då det efter en närmare undersökning var uppenbart vilka lösningsmetoder som var intressanta att titta vidare på.



Figur 3-3: *Concept selection* [2]

Den enda lösningsmetod som visade sig vara intressant, användes sedan för att generera konkreta produktkoncept, med hjälp av en expert från tyska Freudenberg. Dessa koncept var olika kombinationer mellan en varierande komponent och olika flödesmätare. Först gjordes därför en *Concept Scoring*, som bara bedömde de olika delkomponenterna för att få ner antalet koncept och sedan lättare kunna utvärdera de kompletta lösningarna. Därefter utvärderades alla nya produktkoncept, inklusive en av de vidarevalda delkomponenterna, emot varandra. De två bästa koncepten från den utvärderingen jämfördes sedan med Dresser Waynes nuvarande produkt: iMetern, varefter två koncept ansågs ha potential att bli bättre än iMetern.

Efter utvärderingen genomfördes en kompletterande research eftersom det uppstod en osäkerhet huruvida de vidarevalda koncepten uppfyllde ett väsentligt krav. Detta steg innefattas inte i *Ulrich & Eppingers* metodik. Denna research innefattade även information om en typ av delkomponent som missats i förundersökningen.

Efter denna research, där även de två tidigare vidarevalda koncepten valdes bort, kunde en slutlig utvärdering i form av en *Concept Scoring* genomföras för att ta fram ett vinnande koncept. Dock genomfördes ingen detaljutformning eller produkttestning på grund av tidsbrist.

4 Förundersökning

Förundersökningen består av en fördjupning i Dresser Waynes befintliga flödesmätare, en benchmarking, två teoridelar och en framtagning av önskvärda egenskaper på en ny flödesmätare. De två teoridelarna tar upp fakta om intressanta flödesmätningsteknologier respektive gummimembran.

4.1 Nuvarande lösningar

Dresser Wayne har i nuläget två varianter av flödesmätare i olika prisklasser, en kolvmätare och en skruvmätare, som kallas *iMeter* respektive *XfloTM Fuel Meter*. På båda mätarna sitter en *WIP* [3] (*Wayne Intelligent Pulser*) som räknar antalet varv flödesmätaren snurrar vid drift och man kan därmed beräkna hur mycket vätska som pumpas ut. I *WIP*:n sitter magnetsensorer som känner av hur magneter på flödesmätaren snurrar och på så sätt kan den räkna ut hur mycket vätska som pumpats ut. Detta kallas *State-of-the-art Hall Effect MST (magnetic sensing technology)*. Det är även i *WIP*:n flödesmätaren kalibreras, vilket sker elektroniskt i ett steg.

I mätarna finns det möjlighet att placera temperatursensorer som gör att en temperaturkompensation blir möjlig. Temperaturkompensationen görs eftersom vätskornas densitet varierar med temperaturen och därmed varierar även displacementvolymens massa. I *WIP*:n sparas all statistik och alla kalibreringssvärden och dessutom innehåller *WIP*:n integrerade säkerhetsfunktioner som gör att hela bränslepumpen stängs av om någon försöker manipulera den.

Flödesmätarna sitter alltid ihop två och två och en pump ger bränsle till de två hopsittande mätarna som i sin tur går till var sin slang på två olika sidor av bensinpumpen. Detta möjliggör alltså att man kan tanka på båda sidorna av en bensinpump, vilket är det vanliga på bensinstationer.

Dresser Wayne har själva tagit fram sina flödesmätare och monterar ihop dem på egen hand. Det säljs cirka 6 000 *XfloTM Fuel Meters* per år, vilket innebär 12 000 skruvpar då en *XfloTM Fuel Meter* består av två mätare. Men det är *iMetrern* som är det vanligaste valet i bränslepumparna och man säljer cirka 100 000 *iMetrar* per år (Holmqvist¹).

¹ Holmqvist, Kerstin, ingenjör på utvecklingsavdelningen, Dresser Wayne, personligt samtal 8 oktober 2009

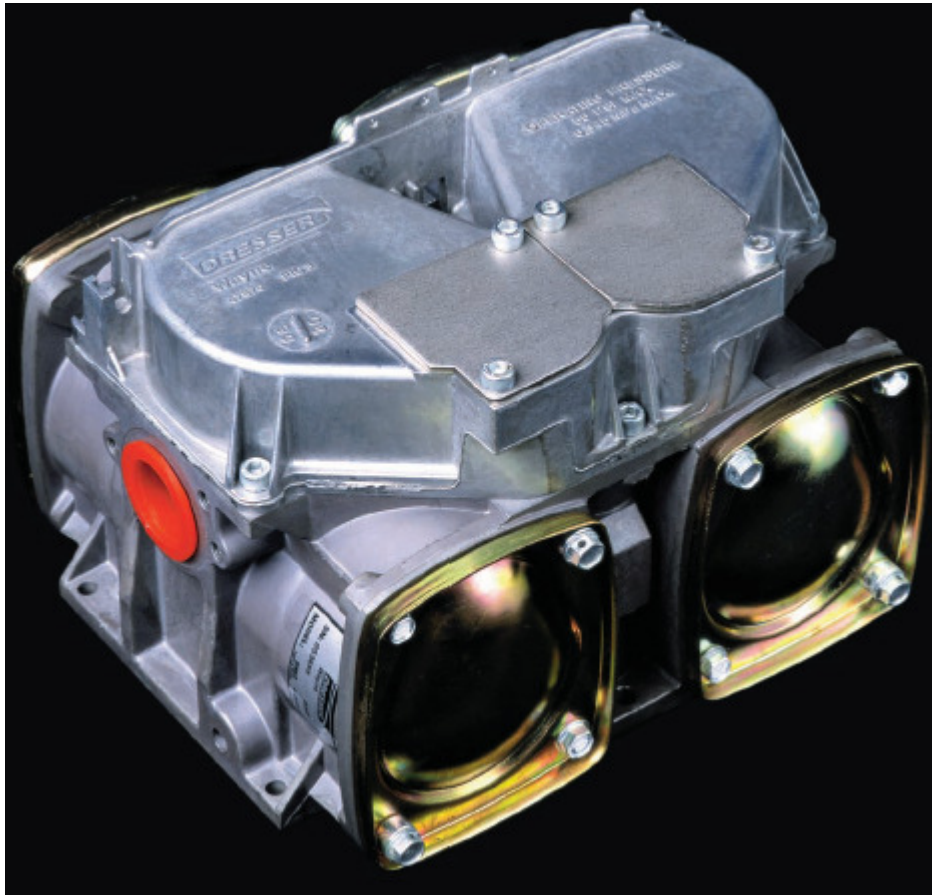
4. Förundersökning

Rören vid in- och utlopp, till respektive från mätarna, har en innerdiameter på 21,4 mm och en ytterdiameter på 24,0 mm (Holmqvist²).

De bränslen som används i Dresser Waynes pumpar är följande (Holmqvist³):

- Bensin (i olika oktanhalter)
- Diesel
- Biodiesel
- Etanol (0-100 %)
- Bensin med 20 % MTBE (Methyl Tertiary Benzene).
- Bensin med 15 % Metanol
- Urea (Adblue)

4.1.1 iMetern



Figur 4-1: iMetern [4]

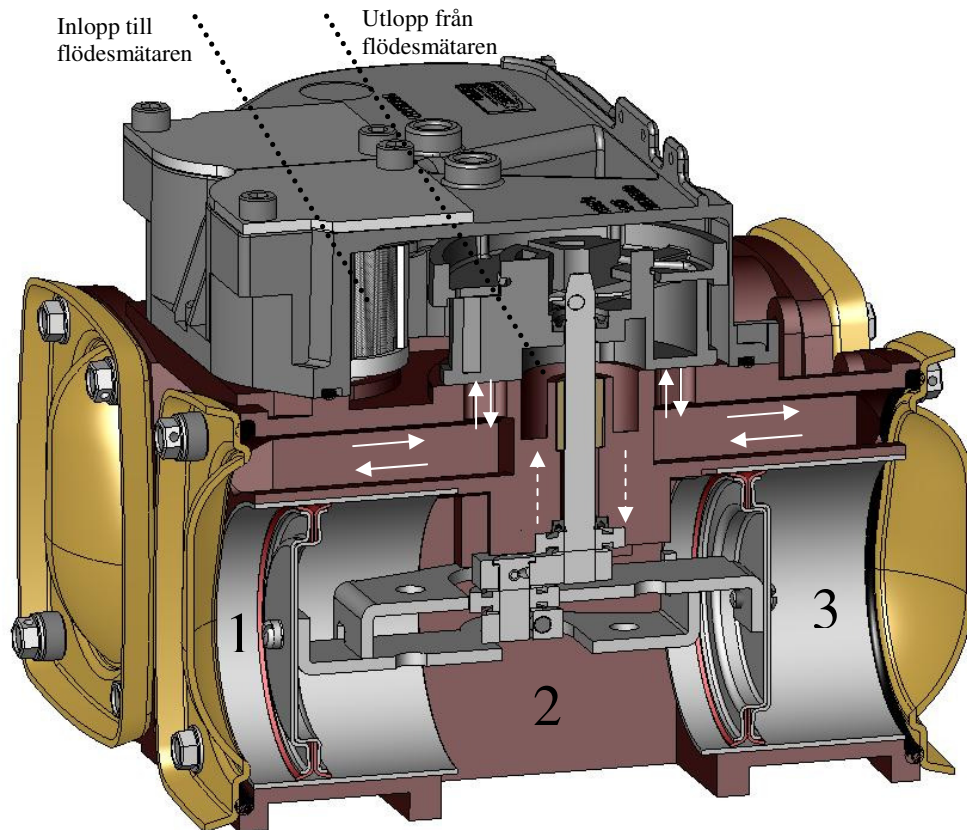
² Holmqvist, Kerstin, ingenjör på utvecklingsavdelningen, Dresser Wayne, personligt samtal 8 oktober 2009

³ Ibid

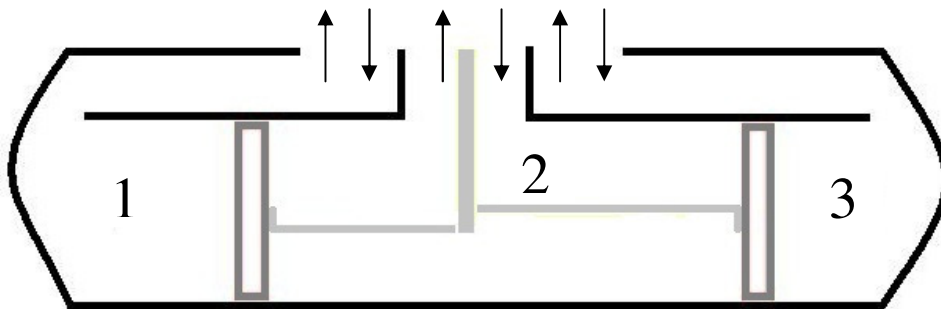
4. Förundersökning

Kolvmätaren kallad *iMeter* [4] (se figur 4-1) är som nämnts det vanligaste valet i Dresser Waynes bränslepumpar. Den anses vara en av de mest pålitliga och kostnads-effektiva kolvmätare på marknaden idag. Den har en innovativ dubbel design och avancerad hydraulisk utflödesnoggrannhet, med god tillförlitlighet vid höga utflöden. Den inre ytan är täckt av en speciellt hård beläggning vilket gör att *iMeter* kan användas även till abrasiva alternativa bränslen.

En *iMeter* innehåller som tidigare nämnts två flödesmätare, där en av dessa flödesmätare innehåller två kolvar, som rör sig med en färförskjutning på 120° , i samma axialriktning. I en flödesmätare finns det tre kammare, en mellan kolvarna och en på respektive kolvs utsida. I figur 4-2 visas ett tvärsnitt genom *iMeter*ns ena cylinderhus och figur 4-3 visar en förenklad skiss över samma tvärsnitt i *iMeter*ns. Att pilarna är streckade till/från kammare två, beror på att in-/utloppet till/från kammaren ligger längre in i mätaren och inte syns i detta snitt.

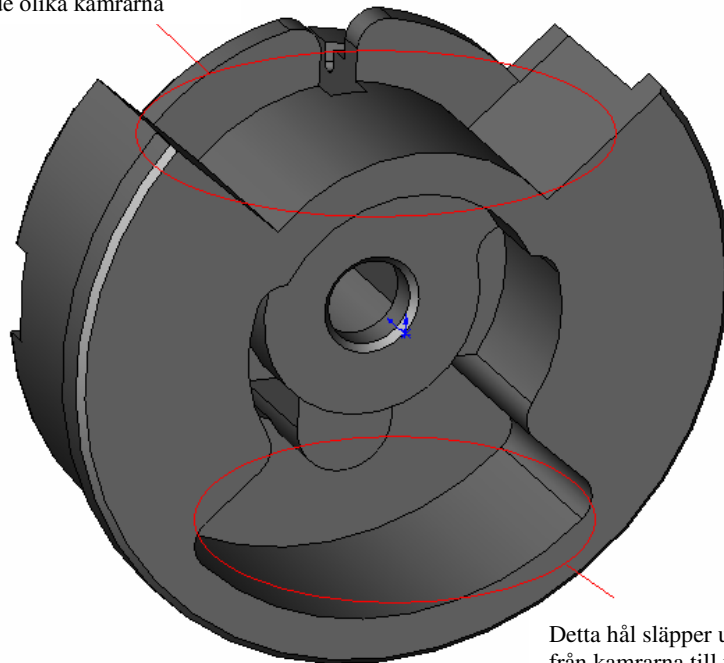


Figur 4-2: Tvärsnitt genom ena flödesmätaren i *iMeter*ns



Figur 4-3: Skiss över ett tvärsnitt i iMetern

Detta hål släpper in vätska till de olika kamrarna



Detta hål släpper ut vätska från kamrarna till utloppet

Figur 4-4: iMeterns styrventil

Förenklat illustrerad i mitten av kammare två i figur 4-3 är styrningen (som ser till att kolvorna slår med en fasförskjutning på 120°). Styrningens axel går upp ur kammare två och sitter ihop med ventilen i figur 4-4. Det är denna ventil som styr flödesvägarna i iMetern och ser till så att en kammare antingen släpper in eller ut vätska. Det är även i ventilen magneterna sitter som gör att WIP:n vet hur flödesmätaren snurrar (se kapitel 4.1).

När vätska pumpas in i kammare 1 trycks vätska ut från de andra två. När detta inträffar står ventilen i ett läge som gör att kammare 1 är ihopkopplad med pumpen och kammare 2 och 3 med utloppet. Trycket från pumpen in i kammare 1 gör att kammaren expanderar och flyttar kolvorna så att kammare 2 och 3 reduceras, och vätska

4. Förundersökning

pumpas ut från iMetern. När kolvarna flyttas roterar även ventilen som sitter ihop med styrningsaxeln, vilket gör att ventilen snart har snurrat så att vätska pumpas in i både kammare 1 och 2, samt att vätska pumpas ut från kammare 3 i en högre takt. När ventilen snurrat ännu längre pumpas vätska endast in i kammare 2 och istället pumpas vätska ut från kammare 3 och 1. Detta gör att iMetern inte behöver någon drivning utan endast drivs av vätsketrycket från pumpen. Hela rörelsen kan sammanfattas i sex steg enligt tabell 4-1 nedan. Efter dessa sex steg har mätaren snurrat ett varv.

Tabell 4-1: iMeterns sex arbetssteg

Steg	Tryck från pumpen in i kammare nr:	Vätska pumpas ut från kammare nr:
1	1	2,3
2	1,2	3
3	2	3,1
4	2,3	1
5	3	1,2
6	3,1	2

Några av iMeterns dimensioner/parametrar:

- Utpumpad volym per varv [liter/varv]: 0,5
- Slaglängd, H_g [mm]: ≈ 37
- Cylinderdiameter, d [mm]: 77,8(+0,051)
- Displacementvolym (för en kolv) [cm^3] = $H_g * d^2 \pi / 4 \approx 175,9$

De stora fördelarna med iMetern följer nedan:

- Den har en kompakt utformning med två mätare i ett hus och där kolvarna, i en mätare, går i samma axialriktning.
- Det krävs inga specialverktyg för att serva den.
- Den är relativt billig, cirka 1500 för en iMeter d.v.s. två flödesmätare⁴.

Den största nackdelen med iMetern är att den ibland driver. Den slits med tiden och ger då ut för mycket bränsle till kunderna, vilket kräver frekvent service. Detta beror oftast på en arm, vilken är en av delarna i mekanismen, som ser till att de två kolvarna rör sig med en färförskjutning på 120°. Denna arm består av ett par olika delar vilka antingen monteras i fel vinkel eller slits så den hamnar i fel vinkel. Det är detta som gör att iMetern sedan driver och tappar mätnoggrannheten. En annan nackdel är att den består av många delar vilket ökar antalet felkällor och försvårar en eventuell felsökning.

⁴ Holmquist, Kerstin, ingenjör på utvecklingsavdelningen, Dresser Wayne, mail 16 oktober 2009

4.1.2 Xflo™ Fuel Meter



Figur 4-5: Xflo™ Metern [5]

Skruvmätaren *Xflo™ Fuel Meter* [5] (se figur 4-5) är den nyare, bättre men också dyrare av Dresser Waynes två flödesmätare. Den har en effektiv hydraulisk konstruktion med en tandmskruvrotor av härdad kullagerstål i ett kompakt hus. Spindlarna har en speciell utformning och är tillverkade med fina toleranser vilket ställer höga krav på tillverkningen.

4. Förundersökning

Xflo™ Fuel Meter består, precis som iMetern, av två flödesmätare i ett hus. Varje flödesmätare består av två spindlar i ett instängt utrymme. Dessa skruvpars gängtytor bildar i detta utrymme små instängda volymer som transporteras från inlopp till utlopp då spindlarna snurrar. Xflo™ Fuel Meter drivs precis som iMetern av vätskestrycket från pumpen, som får skruvarna att snurra och genom att räkna antalet varv skruvarna snurrat vet man hur mycket vätska som pumpats ut.

Den största fördelen med Xflo™ Metern är att den mäter utflödet mycket noggrant och dessutom mäter noggrant länge, till skillnad från iMetern som ofta driver efter en tids användning. Detta gör att bränsleförluster minskas och pengar sparas. De övriga fördelarna följer nedan:

- Den har färre rörliga delar och fler kalibreringspunkter vilket bidrar till noggrannheten.
- Den behöver inte kalibreras lika ofta och minskar kalibreringskostnaderna.
- Den är 20-30% snabbare än en traditionell kolvmätare, vilket gör att fler kunder betjänas på mindre tid.
- Den slits väldigt lite tack vare designen med tätande ytor och få rörliga delar.
- Viktiga mätkomponenter är inneslutna i huset vilket försvårar manipulation av bränslepumpen.

Den största nackdelen är att den är dyr, cirka 2700 kr för en Xflo™ Fuel Meter, vilket beror på de höga toleranskraven och den avancerade tillverkningen⁵.

4.2 Benchmarking

Med en god insyn i hur Dresser Waynes befintliga flödesmätare fungerar, är det tid att bredda vyerna och se hur det fungerar på andra företag. Därför ska inledningsvis Dresser Waynes konkurrenters flödesmätare studeras och därefter ska det undersökas hur flödesmätning sker i andra branscher.

4.2.1 Konkurrenter

Dresser Wayne har mycket bra koll på sina konkurrenter och har därför en samling bestående av konkurrenternas flödesmätare. Deras största konkurrenter är *Gilbarco*, *Tokheim*, *Tatsuno* och *Scheidt & Backmann*. De vanligaste flödesmätarna bland dessa konkurrenter är olika kolvmätare, varav den vanligaste kolvmätaren är en tvåkolvmätare med en fysisk förskjutning på 120°. Det är ingen av konkurrenterna som liksom Dresser Wayne, har en kolvmätare där båda kolvarna går längs samma axel. Det finns även andra exempel på kolvmätare med upp till fyra kolvar. En del av konkurrenterna har även olika varianter på skruvmätare.

⁵ Holmquist, Kerstin, ingenjör på utvecklingsavdelningen, Dresser Wayne, mail 16 oktober 2009

4. Förundersökning

Det finns dock ingen vetenskap om någon annan typ av flödesmätare utöver skruv- och kolvmetarna. Dessa olika varianter av kolv- och skruvmätare har i stora drag samma för- och nackdelar som iMetern respektive Xflo™ Fuel Metern, med några mindre variationer. Av denna anledning kommer ingen djupare forskning, i konkurrenternas produktsortiment, att genomföras.

4.2.2 Liknande tillämpningar

Då Dresser Waynes konkurrenter använder sig av samma typer av flödesmätare (kolv- och skruvmätare) och man är intresserad av andra teknologier är det nödvändigt att studera andra branscher. I bästa fall kan en bra och prisvärd flödesmätare hittas som endast med små konstruktionsändringar kan integreras i Dresser Waynes bränslepumpar. Även om det scenariot inte är speciellt rimligt bör denna undersökning åtminstone bidra till att fler mätteknologier påträffas och ge inspiration till att utveckla något eget.

De branscher som har granskats är framförallt processindustrin, innefattande bland annat den kemiska industrin, massa- och pappersindustrin och livsmedelsindustrin. Även medicinska företag, olika vattenverk och företag som tillverkar flödesmätare har konsulterats och olika tekniska mässor har besökts.

Under denna undersökning påträffades en hel del olika flödesmätare, varav några av de mest intressanta är uppräddade nedan.

Olika flödesmätare:

- Differentialtrycksmätare
- Elektromagnetisk flödesmätare
- Induktiva mätare
- Kugghjulsmätare
- Lamellflödesmätare
- Massflödesmätare av Coriolistyp
- Ovalhjulsmätare
- Rotormätare
- Turbinflödesmätare
- Ultraljudsmätare
- Svävkroppsmätare
- Vippskivemätare
- Vortexflödesmätare

4.3 Teori - Andra teknologier

De flödesmätare som påträffades under Benchmarkingen var till stor del olika displacementmätare. Det finns en hel uppsjö olika displacementmätare som fungerar enligt i stort sätt samma princip. Denna princip går ut på att genom en mekanisk rörelse förflytta en bestämd volym vätska från inlopp till utlopp och genom att räkna antalet ”varv” mätaren snurrat, veta utflödet och/eller volymen som passerat genom mätaren. Dock är företaget mer intresserat av andra teknologier som inte har samma problem med slitage på rörliga delar som ofta olika displacementmätare har. Därför kommer denna förundersökning avgränsas så att fokus istället läggs på andra flödesmätningsteknologier.

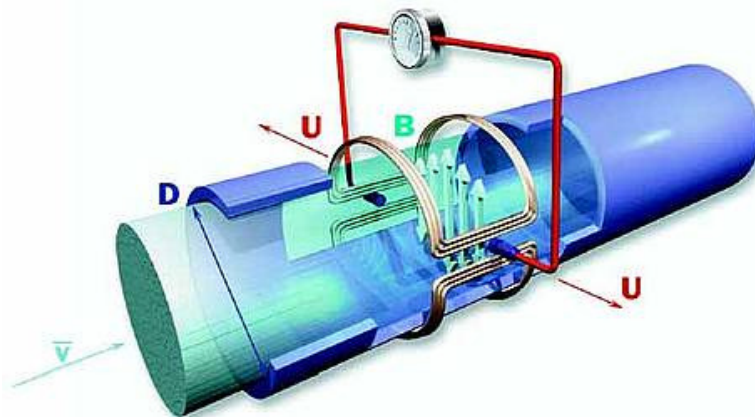
4. Förundersökning

Det påträffades en hel del andra intressanta flödesmätningsteknologier och de teknologier som ansetts intressantast har undersökts noggrannare. Dessa teknologier är:

- Elektromagnetisk flödesmätare
- Svävkroppsmätare
- Ultraljudsmätare
- Massflödesmätare
- Vortexflödesmätare
- Differentialtrycksmätare
- Turbinflödesmätare

4.3.1 Elektromagnetisk flödesmätare [6]

En elektromagnetisk flödesmätare mäter konduktiviteten i vätskor. Detta åstadkoms genom att en elektrisk konduktor, i detta fall det elektriskt konduktiva mediet, passerar ett magnetiskt fält (se figur 4-6). Spänningen U som induceras i mediet är direkt proportionell mot flödes hastigheten v . Den magnetiska flödestätheten B och avståndet mellan elektroderna D (som är lika med rördiametern) är konstanta.



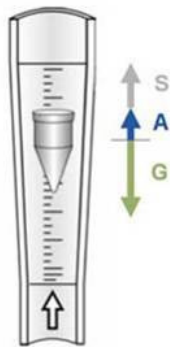
Figur 4-6: Visar principen för elektromagnetisk flödesmätning [6]

Den inducerade spänningssignalen: $U = K \times B \times v \times D$, plockas upp av någon av elektroderna, vilket i sin tur förstärks och omvandlas och gör så att flödet kan räknas ut enligt följande: $Q = A \times v = U / (K \times B) \times D \times \pi/4$, där A är tvärsnittsarean och K är en instrumentkonstant.

Denna teknologi är dock inte intressant för detta ändamål då den elektriska ledningsförmågan är låg hos de olika bränslena och en konduktivitet på $5 \mu\text{S}/\text{cm}$ ofta krävs. (De olika bränslenas ledningsförmåga visas i bilaga B.2.)

4.3.2 Svävkroppsmätare [7]

En svävkroppsmätare består av en avsmalnande mättub (bredare upptill), och ett speciellt utformat flöte som fritt kan röra sig upp och ned (se figur 4-7). Vätskan far igenom tuben nedifrån och upp och lyfter därmed flötet tills det hamnar i jämvikt. Ju högre upp i tuben flötet kommer desto bredare blir den och därmed minskar trycket underifrån på flötet. Genom att avläsa hur högt upp flötet är i tuben vet man vilken flödes hastighet vätskan har.



Figur 4-7: Tub och flöte [7]

Det är tre huvudsakliga krafter som verkar på flötet, A, S och G. A är flytkraften och beror av vätskans densitet och flötets volym. S är flödeskraften och ändras långsamt med ändringen hos flötet tills en ny jämvikt är uppnådd och G är gravitationskraften.

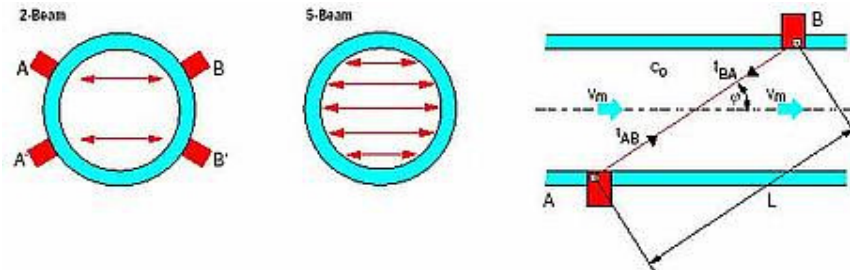
Man får olika mätområde genom att variera tubens och flötets utseende samt flötets material och därmed flötets massa.

Mätmetoden har en relativt dålig noggrannhet, särskilt vid flöden långt under maxflödet för mätaren och Dresser Waynes flödesmätare ska fungera från 3,8 – 113 l/min. Dessutom tål den tryckstötter dåligt och är därför inte lämplig för ändamålet. (Pechmann⁶)

4.3.3 Ultraljudsmätare [8]

En ultraljudsmätare med *transit-time differential method* bygger på enkla fysikaliska fakta. En liknelse av tekniken kan göras med två kanotister som diagonalt ska korsa en fors, den ena mot strömriktningen och den andra med strömriktningen. Givetvis tar det längre tid för kanotisten som rör sig mot strömriktningen. Ultrasoniska vågor beter sig på samma sätt som kanotisterna, dvs. den som rör sig medströms går fortare. Genom att kontinuerligt mäta tidskillnaden mellan vågorna med- respektive motströms kan flödes hastigheten räknas ut. Tidskillnaden är alltså direkt proportionerlig mot flödes hastigheten och flödet kan räknas ut (se figur 4-8). Denna flödesmätare uppfyller alla krav och är därför intressant att studera vidare.

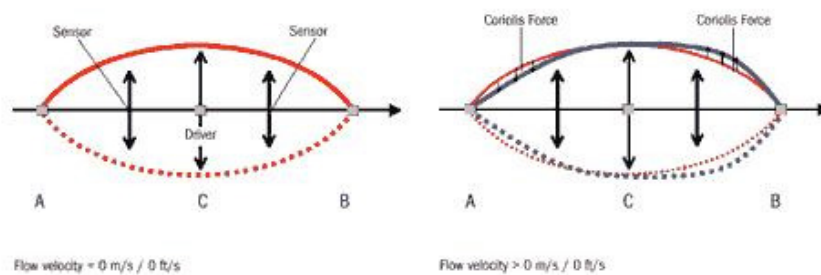
⁶ Pechmann, Mattias, innesäljare, Gustaf Fagerberg AB, e-mail den 30 september 2009



Figur 4-8: Visar principen för ultraljudsmätning. [8]

4.3.4 Massflödesmätare [9]

Massflödesmätaren bygger på *Coriolis princip* (se figur 4-9) och är en relativt ny teknik, som endast är cirka 30 år gammal. Coriolis kraft F_c genereras i oscillerande system när en vätska eller gas rör sig emot eller ifrån en oscillerande axel. Coriolis mätsystem är en symmetrisk utformning bestående av en eller två mättuber som antingen är raka eller svängda. En *driver* sätter mättuberna AB (se figur 4-9) i en uniform elementär oscillation och när flödes hastigheten $v = 0$ m/s är $F_c = 0$. Men om $v > 0$ m/s accelereras fluidpartiklarna positivt mellan punkterna AC och negativt mellan punkterna CB. F_c genereras då av trögheten från fluidpartiklarnas accelerationer. Kraften orsakar en extremt liten distorsion av mättuberna som läggs på den elementära oscillationen. Distorsionen plockas upp av en speciell sensor och är proportionerlig mot massflödet. Eftersom temperaturen påverkar mättubens karakteristiska oscillation, mäts temperaturen kontinuerligt och värdena korrigeras därefter. Även denna mätteknologi är intressant att studera vidare.



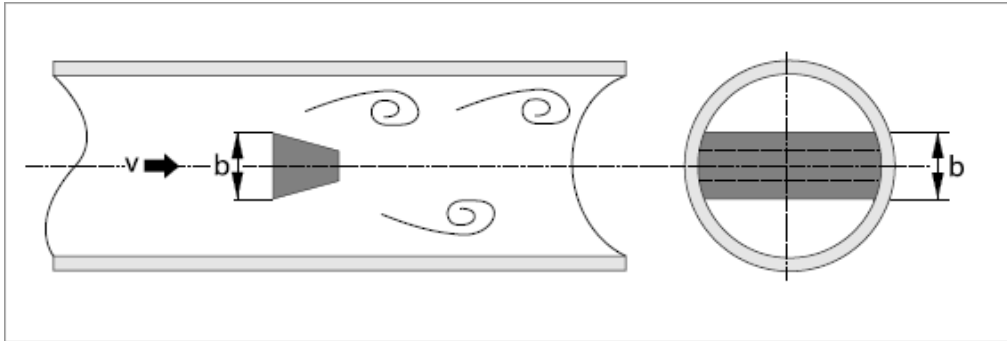
Figur 4-9: Visar principen för massflödesmätning enligt Coriolis princip. [9]

4.3.5 Vortexflödesmätare [10]

Vortexflödesmätaren används för flödesmätning i fyllda rör. Mätprincipen är baserad på von Kármáns virvelgata. Mättuberna innehåller en kropp med bredden b , se figur 4-10, som genererar virvelvindarna. Virvelgatans frekvens f , mäts av en piezokristall i sensorn som sitter bakom kroppen, och är proportionell mot flödes hastigheten v enligt:

4. Förundersökning

$$f = \frac{S \cdot v}{b}, \text{ där } S \text{ är Strouhals nummer.}$$

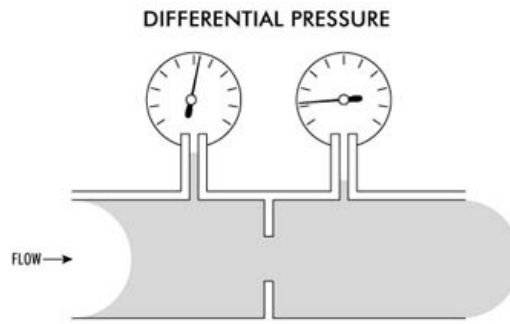


Figur 4-10: Visar principen för vortexflödesmätaren [10]

Vortexmätare fungerar inte bra om högviskös vätska då virvlar inte uppstår i segt media. Dessutom är sensorn mycket känslig och tål därför inte tryckstötter. Därav lämpar sig inte denna mätartyp för denna applikation. (Pechmann⁷)

4.3.6 Differentialtrycksmätaren [11]

Differentialtrycksmätare använder sig av *Bernoulli's ekvation* för att mäta flödet. Man åstadkommer ett tryckfall genom att sätta ett hinder i röret där vätskan passerar. Detta hinder kan se ut på många olika sätt, exempelvis som i figur 4-11 nedan. Samma flöde genom en mindre tvärsnittsarea ökar flödes hastigheten och ju större flöde desto större tryckfall. Bernoulli's ekvation säger att tryckfallet över hindret är proportionellt mot flödet i kvadrat, så genom tryckmätning före och efter hindret kan alltså flödet räknas ut.



Figur 4-11: Visar principen för differentialtrycksmätaren [11]

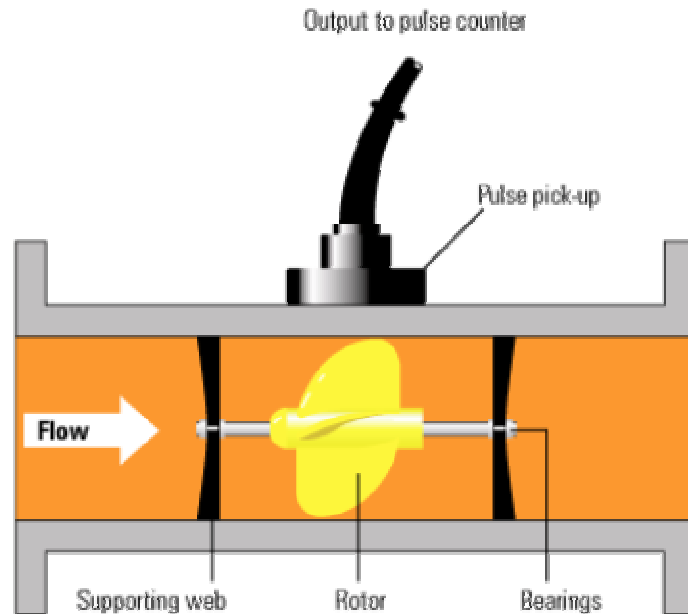
⁷ Pechmann, Mattias, innesäljare, Gustav Fagerberg AB, e-mail den 30 september 2009

4. Förundersökning

Fördelen med mätaren är att den tar liten plats och inte har några rörliga delar. Dock har den ofta ett flödesförhållande så lågt som 4:1 (t.ex 28,25 – 113 l/min) och med en låg mätnoggrannhet på $\pm 1-3\%$ och är därför inte lämplig för ändamålet. (Karlsson⁸)

4.3.7 Turbinflödesmätare [12]

Turbinflödesmätare mäter flödet genom att räkna hur många varv rotorn snurrar. Antalet varv den snurrar är direkt proportionerlig mot flödet. En metod för att räkna rotorns varvtal, är *Pulse pick-up* som visas i figur 4-12 nedan. Den känner av pulserna som rotorn bildar i det passerande mediet. Genom att räkna antalet pulser vet man hur snabbt turbinen snurrar och därmed det momentana flödet och volymen vätska som passerat turbinen.



Figur 4-12: Visar hur en turbinmätare fungerar principiellt [12]

En turbinflödesmätare har dock inte tillräckligt hög noggrannhet i så stora flödesförhållande (förhållandet mellan max- och minflödet) som det rör sig om i detta fall och är därför inte lämplig för ändamålet (Karlsson⁹).

⁸ Karlsson, Patrik, produktchef, Sikama AB, e-mail den 2 oktober 2009

⁹ *Ibid.*

4.4 Teori - Membran

I denna del om membran, har all information och alla figurer tagits från Freudenberg Simrits Tekniska manual [13].

Eftersom Dresser Wayne, som tidigare nämnts, är särskilt intresserat av att ersätta kolvarna i iMetern med membran, har en teoridel om gummimembran sammanställts. Mätaren ska i övrigt fungera på samma sätt som dagens iMeter och tanken är att man med membran istället för kolvar reducerar problemen med slitage, läckage och framförallt en hög noggrannhet under en längre tid. Dagens iMeter har, som tidigare nämnts, problem att hålla en hög noggrannhet en längre period, eftersom mätaren ofta börjar driva efter en tids bruk.

De punkter som kommer att tas upp i detta kapitel är följande:

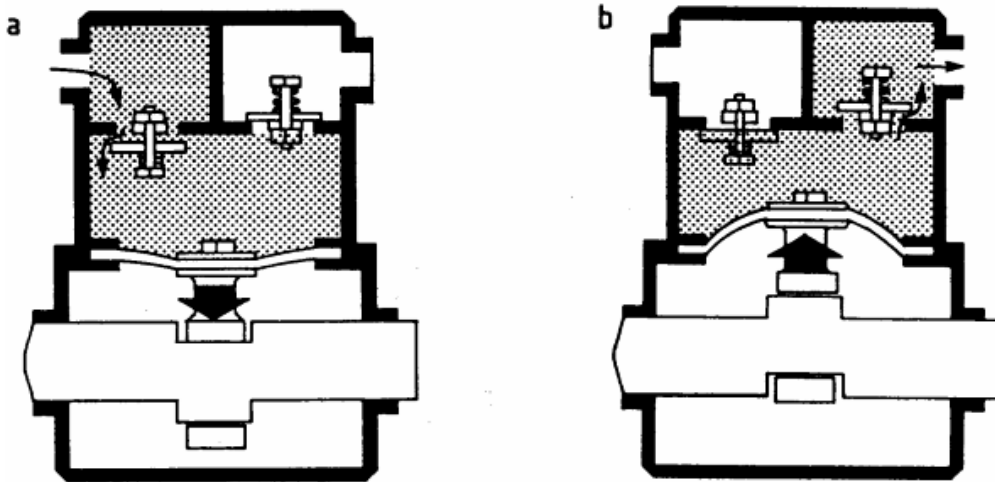
- Allmänt om membran
- Grundprincip
- Membrantyper
- Parametrar
- Material
- Förstärkningar
- Membranvals metod

4.4.1 Allmänt om membran

Ett membran är en tunn hinna eller en skiva som finns i många olika former i många olika applikationer, i allt från högtalare och maskiner till kemiska apparater.

Membran i processindustrin består ofta av elastomeriska material. De används för att bilda en tät och flexibel skiljevägg och på så sätt åtskilja utrymmen. Denna skiljevägg möjliggör volymförändringar i dessa åtskilda utrymmen. Membran sitter vanligtvis fast i en kolv och aktiveras av tryckskillnader. De överför pneumatisk eller hydraulisk kraft till en mekanisk kraft genom att expandera, på grund av tryckdifferensen, vilket gör att kolven flyttas. Membranen har i dessa användningsområden i regel tre huvudfunktioner:

- En regler- och växelfunktion kan skapas genom att ett tryck verkar på membranet som omvandlas till en stångkraft med vilken ett växel-, regler- eller visningsinstrument styrs.
- Den motsatta funktionen, pumpfunktionen, som omvandlar kraften i stången till ett pumptryck (se figur 4-13).
- En skiljefunktion som möjliggör volymförändringar i utrymmen som ligger på nästan samma trycknivå och skiljs åt av en lätt rörlig och flexibel skiljevägg.



Figur 4-13: Principiell funktion hos en membranpump

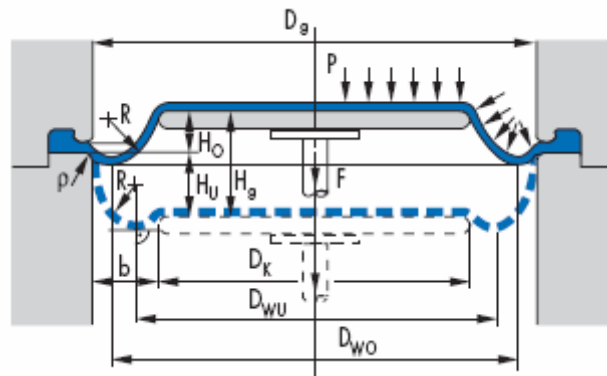
De generella fördelarna med membran är att de kan användas i så många olika applikationer. De är dessutom i stort sätt underhållsfria, kräver ingen smörjning och de ställer heller inga krav på toleranser och ytjämnheter hos de omgivande komponenterna. Detta gör att kostnadsbesparingar kan göras även vid tillverkningen.

De vanligaste användningsområdena för membran är:

- Ventiler och armaturer
- Lagringsmembran för hydrauliska applikationer
- Livsmedelsindustrin
- Luft- och rymdfart
- Processteknik och kemisk industri
- Pumpar och kompressorer
- Sanitetsteknik och mycket mer

4.4.2 Grundprincip

Ett membrans arbetsyta begränsas utvändigt av cylinderhusets diameter och invändigt av kolvens diameter (se figur 4-14). Membranet fästs i huset och, om det är nödvändigt, även i kolven för att täta. Mellanrummet mellan kolven och cylinderhuset är membranets *flexarea*, där membranet är mer eller mindre utsträckt. Om en tryckskillnad introduceras mellan membranets två sidor, kommer denna flexarea initialt att krökas tills det uppstår jämvikt, mellan tryckkrafter och tangentiella krafter, på det krökta membranet. Krökningens radie beror på husets och kolvens diameterskillnad samt på kolvens position i förhållande till membranets infästningsplan. Denna diameterskillnad och flexarea är något man ska ta hänsyn till när man gör en konstruktion med membran.



Figur 4-14: Kolvmembran

När ett slag genomförs rullas flexarean upp i mellanrummet. När detta görs flyttas membranväggen från kolven till huset och vice versa, och får därmed en större respektive mindre diameter.

4.4.3 Membrantyper

De flesta olika membran kan härledas tillbaka till några få grundtyper:

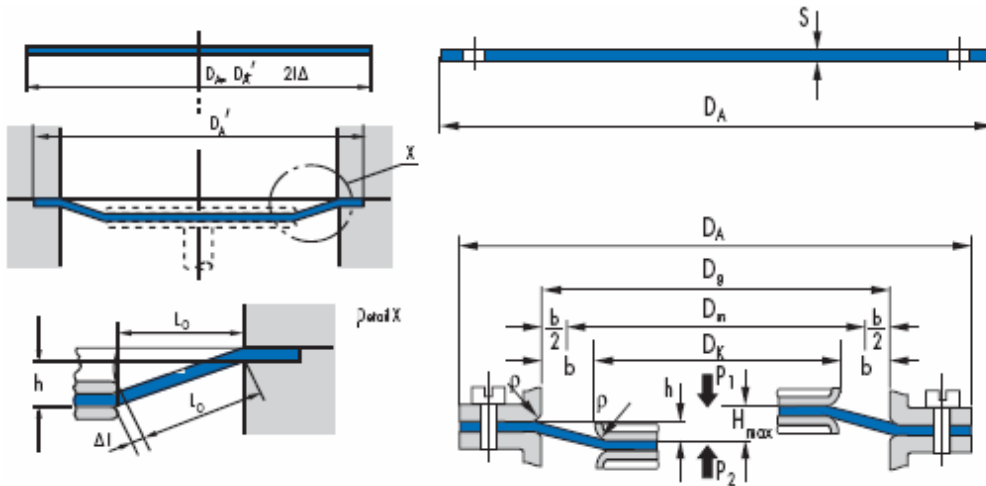
- *Flat diaphragms*
- *Dished diaphragms*
- *Convolute diaphragms*
- *Long-stroke rolling diaphragms*

Flat diaphragms eller *platta membran*, är relativt billiga att framställa och tål bilateralt tryck, dvs. att det inte spelar någon roll på vilken sida av membranet det högsta trycket är. Dock har platta membran, precis som namnet antyder, mycket korta slaglängder, från någon tiondels millimeter till några centimeter, beroende på membranets diameter. Den effektiva diametern hos ett platt membran ändras mycket under ett slag. Den energi som används för att genomföra ett slag, kommer att returneras av membranet, vilket kallas trampolin syndromet. Denna ineffektiva handling av systemets energi undviks om man använder ett rullande membran. Platta membran används därför ofta endast till applikationer som kräver ett membran vars funktion är att separera t.ex. två kammare.

Den korta slaglängden gör att så kallat *Swaged installations*, kan göras (se figur 4-15). Detta innebär att membranet monteras hoptryckt, dvs. ej utsträckt, så att membranet hänger något i mitten. Detta gör man för att minska komponentspänningar under tryckbelastning, vilket tillåter membranet att röra sig lite mer. Kompressionen ska väljas så hög, att den nödvändiga förlängningen kompenserar för den fria membranytan, vid slutet av kolven, se figur 4-15. Det vill säga att den ursprungliga diametern D_A , i figuren, ska komprimeras med $2\Delta l$. Detta undviker en förlängning av membranets yta.

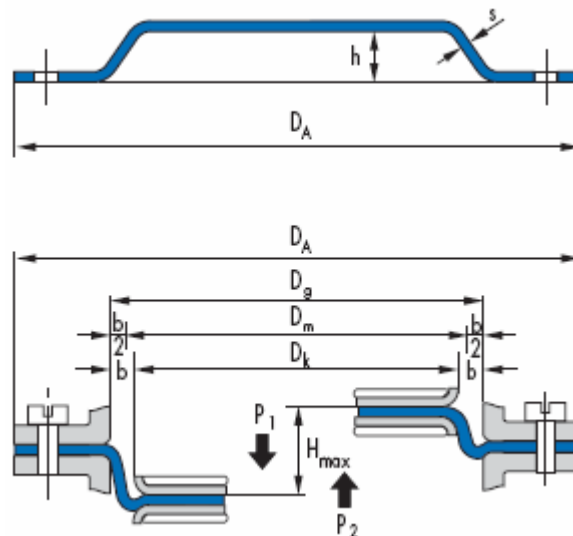
4. Förundersökning

Platta membran tenderar att formas vid repeterande cykler. När cyklerna ökar, minskar membranets livslängd eftersom den anpassar sig till slagen. Om membranet installeras ojämnt ökar riskerna för materialförslitning, vilket även det minskar livslängden. Olika inställningspunkter kan också komma att ändras, vilket eventuellt leder till att mindre energi krävs för att starta ett slag, vilket kan vara fatalt för hela applikationen.



Figur 4-15: Platta membran. En "Swaged installation" visas till vänster

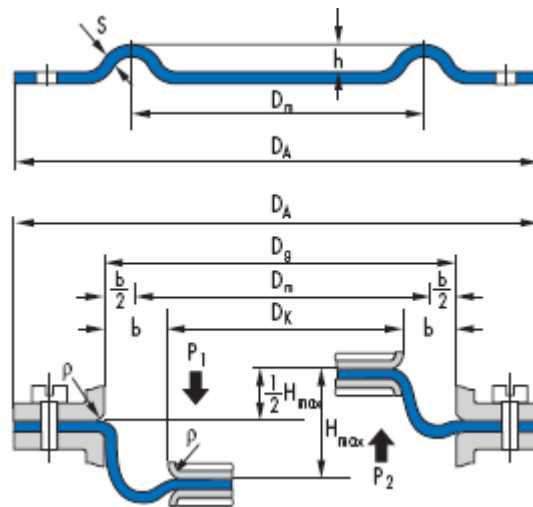
Dished diaphragms som lite slarvigt kan översättas till konkava membran, kan precis som platta membran utsättas för bilateralt tryck, men tillåter samtidigt en längre slaglängd. Figur 4-16 visar utseendet på membrantypen, som precis som platta membran, har en effektiv diameter som är extremt beroende av kolvens axiella läge. Denna membrantyp är dock inte lika instabil som de platta membranerna även om de har många likheter.



Figur 4-16: Konkavt Membran

4. Förundersökning

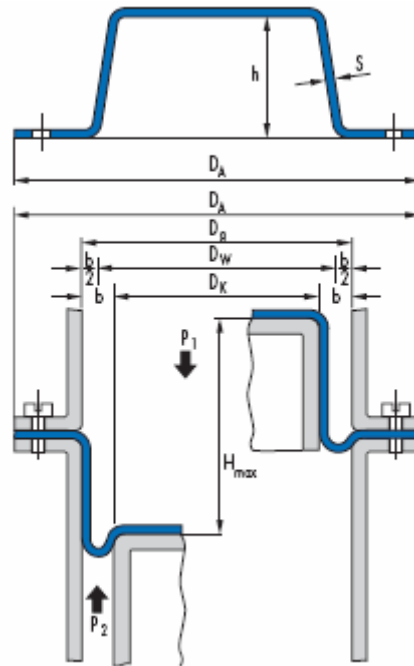
Convolute diaphragms som visas i figur 4-17, har en utformning med en rullande veckning med en krökt tvärsnittsarea, även då membranet inte är tryckbelagt. Den ingjutna veckningen är utformad så att den rör sig med kolven, vilket gör att mindre energi krävs för att starta ett slag. Veckningen bidrar även till att den effektiva diametern är nästan slagoberoende, dvs. att den knappt ändras under slagets gång, om man håller sig inom gränserna för vad membranet klarar av. Detta garanterar samma slagvolym varje gång. Dessa veckade eller rullande membran kräver alltid en tryckskillnad mot den rullande veckningen för att förhindra att den trycks ut och in.



Figur 4-17: Veckat membran

Long-stroke rolling diaphragms är ett gjutet membran, som kan ses som ett specialfall av *dished diaphragms*. När den här typen av membran installeras, vänds de ut och in, för att få önskade, rullande egenskaper. Med förstärkt material är det djupdragningens kvalitet av materialet som sätter begränsningarna på slaglängden. Rullande membran måste få support av huset på utsidan och kolven på insidan. Detta ger en halvt slagoberoende, konstant effektiv diameter. Ett rullande membran kräver alltid en tryckskillnad till den rullande veckningen, precis som *convolute diaphragms*, annars skulle trycket veckla ut rullningen, så att membranet inte behåller önskad form. D.v.s. att förhållandet, $P_1 > P_2$ i figur 4-18 nedan, alltid måste uppfyllas.

4. Förundersökning



Figur 4-18: Rullat membran med lång slagängd

Gjutna membran har stabila inställningspunkter, lägre hysteres och längre livslängd än platta membran. Eftersom gjutna membran är utformade för att passa speciella slagförhållanden, är motståndet mot rörelse mycket mindre än hos platta membran, vilket gör att ett gjutet membran är mer effektivt. Dessutom är materialet redan gjutet i en form efter kolvens slagmönster, vilket gör att materialet slits mindre. Gjutna membran är även enklare att montera in, då inga "swaged installations" måste göras och därför blir totalkostnaden, i många fall, lägre med ett gjutet membran.

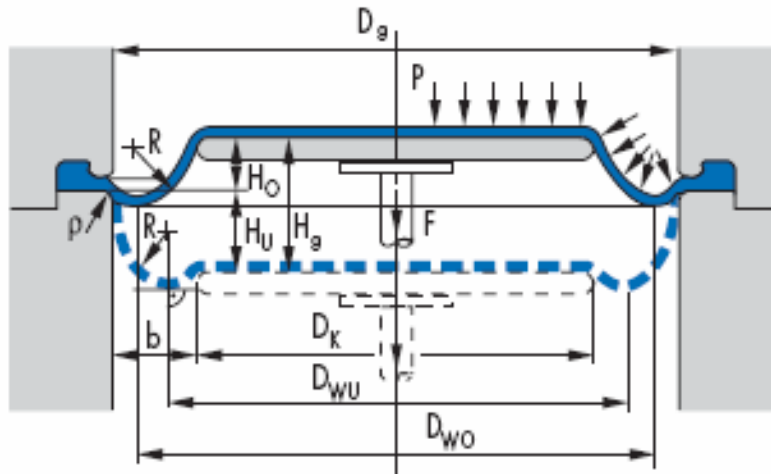
Sammanfattningsvis kan det sägas att ett platt membran är effektivt i tätande applikationer. Men baserat på applikationens krav och önskemål, är ofta ett gjutet membran en kostnadseffektiv tätning, med klara fördelar jämfört med ett platt membran. Dessa fördelar är en längre livslängd, en nästan konstant effektiv tryckarea, låg friktion, repeterbarhet och känslighet för en stor tryckvariation. I tabell 4-2 visas en sammanställning av de fyra membrantypernas olika egenskaper.

Tabell 4-2: Sammanfattning membrantyper

Forms of diaphragm	Max. stroke H_{max}	Applied pressure	Change of effective diameter D_w by means of stroke H
Flat diaphragm	$\leq 0.1 D_g$	Bilaterally	Very large
Dished diaphragm	$\leq 0.3 D_g$	$P_1 \leq P_2$	Large
Convuluted diaphragm	$\leq 0.3 D_g$	Unilaterally	Small
Rolling diaphragm	$\leq 1.7 D_g$	$P_1 > P_2$	none

4.4.4 Parametrar

Ett membrans beteende kan approximativt kännetecknas av parametrar som slaglängd och effektiv diameter eller effektiv area, medeldiameter och elasticitetsmodul. I figur 4-19 är parametrarna, som kommer att tas upp i detta avsnitt, utritade.



Figur 4-19: Membranparametrar

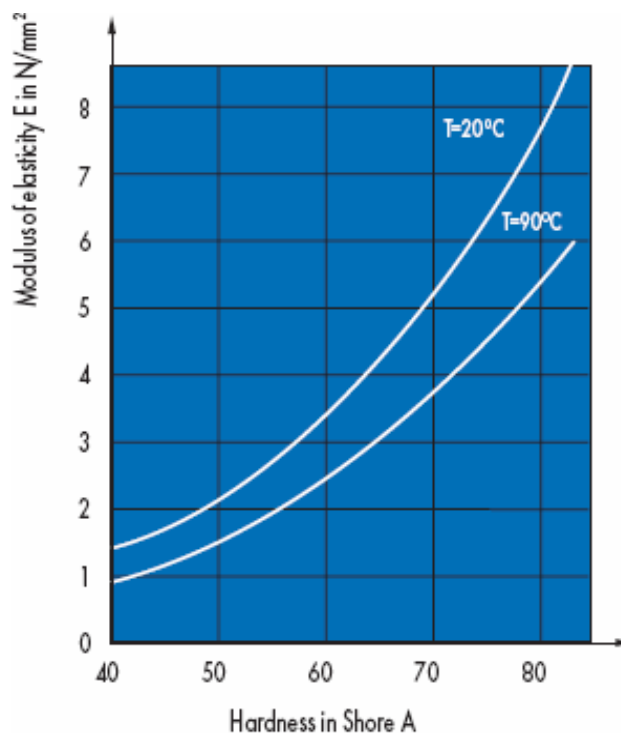
Den absoluta slaglängden H_g omfattas av H_o över och H_u under infästningsplanet. Vid dimensionering anses den största av H_o och H_u vara den kritiska slaglängden. Om man önskar optimal funktion och en lång livslängd ska slagen endast ändra membranets form och inte töja membranytan.

Under tryck, trycks membranet mot kolven som i sin tur trycks mot den linjära axialkraften. Den diameter som har en effekt på axialkraften, kallas den effektiva diametern D_w . Den beror på slagets position och ligger alltid emellan kolvdiametern D_k och cylinderdiametern D_g . Den effektiva diametern kan bestämmas som en *pitch point* av tangenten, som är vinkelrät mot membranaxeln, på den flexade ytans krökning. Det är bara arean innanför denna diameter som bidrar till att generera den linjära axialkraften. Trycket på ringen utanför, mellan den effektiva diametern och husdiametern, skapar endast en dragbelastning på infästningen.

En annan parameter är medeldiametern, $D_m = (D_g + D_k)/2 = D_{w(H=0)} \approx D_{w(H)}$, som precis som uttrycket visar, sammanfaller med den effektiva diametern i infästningsplanet. Bredden på ringen mellan kolv- och cylinderdiametern är $b = (D_g - D_k)/2$, och är membranets rullningsutrymme. Som ett första steg kan man fastställa att $b \approx 0,15D_g$. Vid val av ett membrans parametrar brukar det föredras att använda cylinderdiametern som fås direkt av nuvarande konstruktion. Om ett nytt hus ska göras, brukar man uppskatta D_g i ett tidigt skede för att få en uppfattning över hur stor konstruktionen kommer att bli. Utifrån $b \approx 0,15D_g$ kan man ta fram uttrycket $D_g = D_m/0,85 \approx D_w/0,85$ vilket ger en cylinderdiameter från den effektiva diametern.

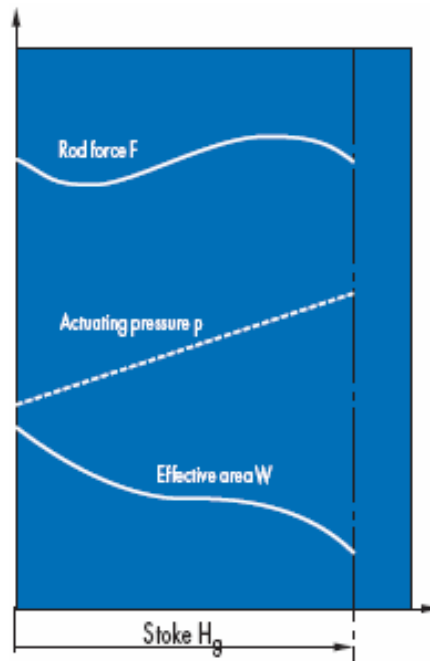
Elasticitetsmodulen (E-modulen) för elastomerer, är i motsats till stål, inte konstant. Den är beroende av flera parametrar såsom elastomerens hårdhet, temperatur, förlängning och deformationshastighet. E-modulen ökar med ökad deformationshastighet. Vid dimensionering, brukar man dock approximera detta till ett kvasistatiskt fall, för enkelhetens skull och komponentspänningarna brukar anses vara det kritiska.

Med en ökad sekant mellan ursprungstillståndet och en 20 % förlängning i spänningstöjningsdiagrammet, kan ett approximerat värde för e-modulen tas fram, för dimensioneringsarean. Beroendet av E20%-modulen på elastomerens hårdhet och temperatur kan ses i figur 4-20. Eftersom E-modulen beror på materialsammansättningen, bör man fråga tillverkaren om det karakteristiska värdet för sammansättningen.



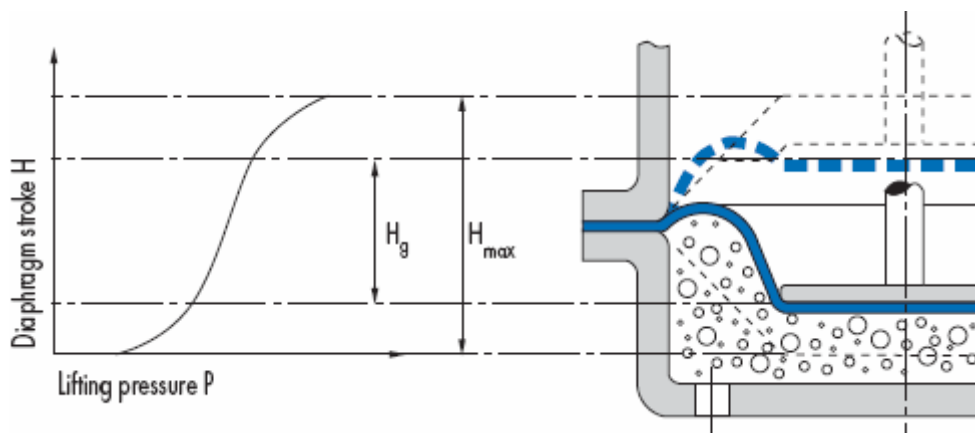
Figur 4-20: E-modulens beroende av elastomerens hårdhet och temperatur

Karakteristiska kurvor kan känneteckna ett membrans rörelse. Om den linjära axiella kraften F verkar under hela slaget är det möjligt att ta fram karakteristiska kurvor. Eftersom F beror på trycket som verkar på den effektiva arean är de karakteristiska kurvorna beroende på den effektiva diameterns variation. Hur den effektiva diametern varierar beror mycket på vilken typ av membran som används, och valet av membran-typ har därför stor inverkan på de karakteristiska kurvorna. Den principiella relationen visas i figur 4-21. När ändringen av de karakteristiska kurvorna ökar vid slutet av slaget, tillåter kurvans progression en optimering av valet av arbetsarea. Genom att välja ett membran med längre slaglängd, som slår slag som är kortare än dess maximala slaglängd ($H_g < H_{max}$), kan man få mer gynnsamma karakteristiska kurvor, med minskad påverkan på slaget.



Figur 4-21: Karakteristiska kurvor

Naturligt inbyggt motstånd är motståndet som membranet skapar vid förflyttning från en position till en annan, där alla influenser utanför exkluderas. Som en regel bestäms detta motstånd genom att mäta det tryck som behövs för att överkomma denna resistans. Resistansen beror på dragspänningar i membranets yta när membranet rullas ut och böjspänningar under utåtgående förflyttning från membranets tillverkningsposition. I figur 4-22 kan man se hur denna naturliga resistans ändras som funktion av membranets slaglängd. Som kan ses är resistansökningen särskilt stor i slutet av slaget. Precis som med den karakteristiska kurvan, kan påverkan på slaget reduceras genom att slå kortare slag, se skillnaden i figur 4-22 när slaglängden är H_g istället för H_{max} .



Figur 4-22: Kortare slag undviker stor resistensökning

4.4.5 Material

Materialvalet till ett membran varierar beroende på användningsområdet och under vilka omständigheter materialet ska arbeta. Man kan dessutom komplettera ett material med olika förstärkningar om lasterna blir för stora. Beroende på tryckförhållanden och membrantyp, kan förstärkningar antingen läggas i eller utanpå membranet.

Elastomerer är samlingsnamnet för elastiska polymerer och huvudbeståndsdelen i ett gummimembran. När man väljer lämpliga elastomeregenskaper, efter applikationens omständigheter, bör materialets karakteristik gås igenom:

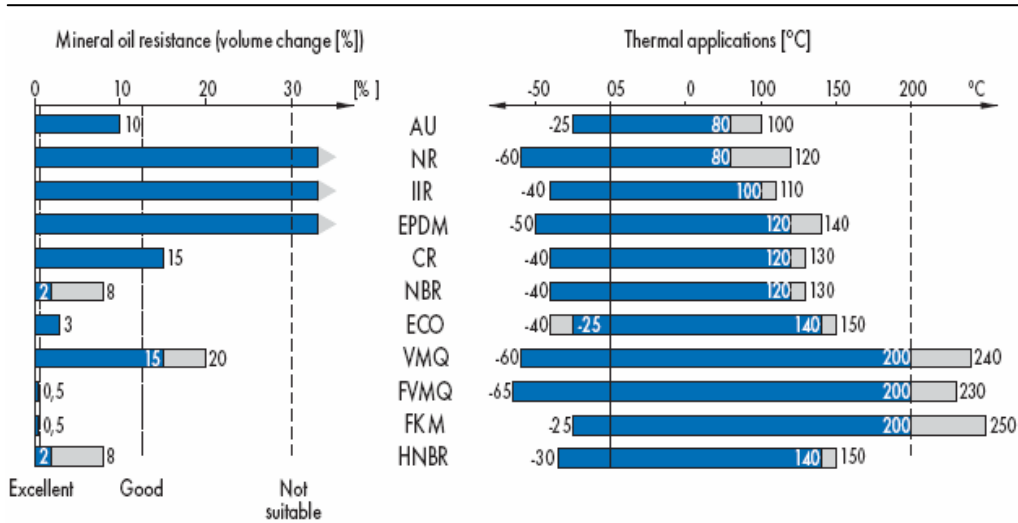
- För att säkra tätningen vid infästningen, ska materialet ha låga *pressure release* värden i långtidstest.
- Materialet ska ha tillräckligt bra elasticitet, flexibilitet, spänstighet, kemisk resistans, abrasions resistans och dessutom tåla lastspänningar bra.
- Ingen materialutmattning får ske under dynamiska lastcykler.
- Med hänsyn till tillverkningskvaliteten ska materialet ha god viskoelasticitet, gynnsamma vulkaniseringsaspekter och hög vidhäftningsförmåga för potentiell fästning eller införing av förstärkning.
- Materialet ska tåla kemiska laster utan att förstöras eller svälla up.
- Vid maximal arbetstemperatur ska inte materialet bli mjukare eller hårdare pga. termisk åldring eller spricka pga. UV-ljus. Dessutom ska materialet vara tillräckligt flexibelt vid lägsta arbetstemperatur.
- Materialet ska ha låga gasgenomträngningsvärden och god mediaresistens i kombination med god flexibilitet vid kyla är nödvändiga materialkännetecknen för ackumulerande membran.

De vanligaste elastomererna i membran är (engelska namn):

- | | | |
|--------|---|---|
| • AU | – | Polyurethane |
| • CR | – | Chloroprene rubber |
| • ECO | – | Epichlorohydrine rubber |
| • EPDM | – | Ethylene-propylene-diene rubber |
| • FFKM | – | Perfluoro rubber (Simriz) |
| • FKM | – | Fluoro elastomer rubber |
| • FVMQ | – | Fluoro silicone rubber |
| • HNBR | – | Hydrogenated acrylonitrile-butadiene rubber |
| • IR | – | Butyl rubber |
| • NBR | – | Acrylonitrile-butadiene rubber |
| • NR | – | Natural rubber |
| • VMQ | – | Silicone rubber |

Figur 4-23 nedan visar hur bra, dessa olika elastomerer, tål temperaturvariationer och mineraloljor.

4. Förundersökning



Figur 4-23: Materialegenskaper

4.4.6 Förstärkningar

Alla typer av membran kan tillverkas med eller utan förstärkning. Förstärkningen kan antingen placeras mitt i membranets tvärsnitt eller på membranets yta. Lägg förstärkningen på ytan, måste den läggas på utsidan av veckningen, annars kommer det elastiska lagret separeras från förstärkningen. Den begränsade plasticiteten hos förstärkningen, hindrar dock dess användningsmöjligheter, från ett tillverkningskompatibelt perspektiv.

För att förhindra slitage på membranet inom vissa tryckområden, används förstärkningsmaterial. Freudenberg delar upp sina förstärkningsmaterial i två typer, vanligt förstärkningsmaterial och *knitted* eller vävt förstärkningsmaterial. Den vävda strukturen ger membranen andra egenskaper än vanligt förstärkningsmaterial. Vilken typ av förstärkning man ska välja, vävd eller vanlig, lagd utanpå eller i tvärsnittet, är mycket applikationsberoende och man bör ta hjälp av expertis för att göra ett sådant val.

Det finns i princip tre olika förstärkningsmaterialgrupper för membran att välja bland. Dessa är:

- Polyester
- Polyamid
- Aromatisk polyamid

Polyester kännetecknas vanligtvis som ett starkt material även i tunna tjocklekar. De kan därför vävas tjockt, vilket är fördelaktigt vid djupdragning. I luft och mineraloljor försämras endast dess styrka långsamt med ökande temperatur. I vatten över 100°C kan dock en materialupplösning förväntas, då materialet förtvålas.

Polyamidförstärkningen binder till membranet bättre än polyester, särskilt efter lämplig förbehandling. Detta är viktigt för membran som utsätts för höga spänningar

4. Förundersökning

och med önskemål om långa livslängder. Dock försvagas polyamidens styrka något vid temperaturökning. Dessutom krävs en relativt bred tjocklek vilket försvårar djupdragningen och begränsar tillverkningsmöjligheterna.

Aramidförstärkning görs av aromatisk polyamid och är känt som *Nomex Nylon*. Denna förstärkning förlorar bara sin styrka långsamt i varmt vatten med stigande temperatur. Därför är Nomex Nylon, i kombination med membranmaterialet EPDM, en lämplig förstärkning för membran som utsätts för varmt vatten.

Förstärkningsfilm är en annan variant av förstärkning som gör membran uthålligare. Alla oförstärkta gummimembran (med undantag för ett membran tillverkat i Simriz) har nackdelen att de inte förblir resistent mot aggressiva medier under längre perioder. I dessa fall, där det är möjligt att skydda membranets huvudmaterial, kan en skyddande film, av vanligtvis PTFE, läggas på för att öka membranets livslängd. Flera olika varianter av PTFE-filmen kan göras för att ge membranet dess önskade egenskaper. Några exempel på specialfilmer med annorlunda egenskaper är elektrokonduktiva och utmattningsresistenta filmer.

Insättningsförstärkning är den typ av materialförstärkning som vulkaniseras till membranet mest. Som insättningsförstärkning används allt från metaller till olika syntetiska material. Dessa insättningar har många varierande funktioner och används exempelvis för att överföra linjära krafter från kolven till membranet eller för att göra visa delar styvare.

4.4.7 Membranvalsmetod

När man ska välja membran är det nödvändigt att bestämma följande operationsdata:

- Vilken applikationstyp
- Slaglängd med hänsyn till infästningsplanet
- Arbetsstryck och tryckpikar
- Effektiv diameter
- Omgivande media
- Temperaturområde
- Arbetsfrekvens
- Livslängd

Freundenberg Simrits Tekniska manual rekommenderar, följande tillvägagångssätt, vid val av membran:

1. **Val av membrantyp:** Innan man bestämmer cylinderhusdiameter och slaglängd är det bra att ta hänsyn till displacementvolymen och den effektiva diametern. Detta eftersom förhållandet mellan slaglängd/cylinderdiameter varierar så mycket mellan de olika membrantyperna. (Platta membran ska ha stor cylinderdiameter och kort slaglängd medan rullande membran ska ha tvärt om, för en viss displacementvolym.)
2. **Dimensionering:** Innefattar dimensionering av membranet och dess tillhörande delar, såsom kolv och cylinderhus. Hänsyn måste tas både till de funktionella och de tillverkningskompatibla aspekterna. En undersökning och optimering av dimensionerna bör även göras av membrantillverkaren.
3. **Spänningsundersökning:** Denna kan delas in i komponentspänningar, tillåtna lastspänningar samt utformning av husinfästningen och andra delar i kontakt med membranet.
4. **Membranets dimensionstoleranser**

4.5 Önskvärda egenskaper

Det känns i detta fall inte relevant att göra en kundundersökning bland bensinpumparnas brukare, då de flesta brukarna är nöjda med flödesmätaren så länge de inte får för lite bränsle för pengarna. Det skulle i så fall vara önskemål om att det skulle gå snabbare att tanka, dvs att bränslepumpen ska leverera ett högre utflöde vätska.

Istället för att göra en kundundersökning har därför en undersökning av Dresser Waynes anställda genomförts för att få reda på vilka egenskaper de tycker att flödesmätaren ska ha. Denna utfrågning resulterade i 13 egenskaper som följer nedan.

Flödesmätaren ska:

- helst vara mindre än dagens mätare
- kunna användas med så många bränslen som möjligt även bränslen med Urea och upp till 15 % Metanol.
- ha få rörliga delar
- vara enkel att felsöka
- vara enkel att serva
- ha en enkel utformning
- utsättas för lite slitage i drift
- ha hög noggrannhet efter lång tid i drift
- ha lång livslängd
- vara säker
- vara billig
- vara snabb
- vara tyst

5 Kriterieframtagning

Till kommande utvärderingar har det i detta kapitel tagits fram kriterier enligt metoden POME.

Vid framtagningen av kriterier är det lätt hänt att något kriterium glöms bort. För att undvika att missa något kriterium har Fredy Olssons metod, POME [14], använts. Detta innebär att man går igenom produktens hela livscykel från framtagningen av produkten till dess att produkten elimineras/återvinns. Denna livscykel delas upp i följande steg:

- **Alstring** – Perioden då produkten skapas genom aktiviteter som forskning, produktplanläggning och produktframtagning
- **Framställning** – Utifrån alstringens tillverkningsunderlag ska produkten tillverkas, monteras, kontrolleras och lagras, samt hanteras i samband härmed.
- **Avyttring** – Den framställda produkten distribueras, lagras och försäljs.
- **Brukning** – Då produktens konsumerats ska den transporteras till kunden, installeras, användas, eventuellt underhållas och förvaras samt göra sig av med produkten då den tiden är kommen.
- **Eliminering** – Produkten som kunden ska göra sig av med tas om hand. Detta innebär konkret att vissa delar eventuellt kan återanvändas eller så försöker man återvinna ingående material. Övriga delar destrueras.

Inom vart och ett av dessa livscykelsteg tar man hänsyn till P, O, M och E, vilka står för Process, Omgivning, Människa, och Ekonomi. Med hjälp av livscykelstegen och POME kan man skapa matrisen nedan, se tabell 5-1. (Man kan dela upp de olika livscykelstegen ytterligare i mindre steg, vilket dock inte har gjorts i detta fall.)

Tabell 5-1: POME

	Process	Omgivning	Människa	Ekonomi
Alstring				
Framställning				
Avyttring				
Brukning				
Eliminering				

Poängen med metoden är att försöka hitta kriterier i samtliga rutor i matrisen. Även om inte relevanta kriterier hittas i samtliga rutor, vet man åtminstone att man tagit hänsyn till hela produktens livscykel.

Då denna metod användes för att generera kriterier, utnyttjades även resultatet från undersökningen i avsnitt, 4.5 *Önskvärda egenskaper*. Denna undersökning gav framförallt kriterier inom livscykelsteget *Brukning*. Detta gjordes genom att göra om ”kundutlåtanden” till kriterier enligt Ulrich och Eppingers metodik [2].

POME-metoden genererade slutligen de kriterier som redovisas nedan. Alla kriterier kommer dock inte användas till kommande utvärderingar, utan kriterierna nedan kommer istället att fungera som en kriteriedatabank, ifrån vilken de mest relevanta kriterierna väljs ut till respektive utvärdering.

Alstring

- Kort utvecklingsprocess [h]
- Enkel utformning []
- Kräver få förändringar av övriga bränslepumpen [kr & h]
- Kompatibel med Dresser Waynes WIP []
- Mäter noggrant [%]
- Sannolikhet att uppfylla samtliga krav []
- Möjlighet att bli bättre än dagens lösningar []

Framställning

- Låg tillverkningskostnad/inköpskostnad [kr]
- Få tillverkningssteg [antal]
- Kort maskintid [s]
- Få manstimmar [s]
- Få tillverkningsställen [antal]
- Låg materialkostnad [kr]
- Enkel/Snabb tillverkning [s]
- Enkel/Snabb att montera i bränslepumpen [s]
- Få ingående delar [antal]
- Produkten är liten [m²]

5. Kriterieframtagning

Avyttring

- Få manstimmar [h]
- Kort förpackningstid [h]
- Låg förpackningskostnad [kr]
- Liten förpackningsstorlek/skrymmande [m²]
- Låg vikt [kg]
- Återvinningsbar förpackning []

Brukning

- Lång livslängd [h]
- Kräver lite underhåll []
- Mäter noggrant länge [h]
- Fungerar med många olika bränslen [antal]
- Enkel/Snabb att serva och felsöka [h]
- Bromsar flödet lite [l/min]
- Felsäker/svår att manipulera []
- Låg ljudnivå [db]
- Minimalt läckage [l/slag]
- Jämnt genomflöde []

Eliminering

- Enkel att montera ned []
- Stora delar av mätare kan återanvändas [%]
- Stora delar av mätare kan återvinnas [%]
- Ingående delar har liten miljöpåverkan []

Övrigt

- Låg totalkostnad [kr]
- Säljbar till kunder []

6 Primära lösningsgrupper

Det finns många olika möjligheter att ta fram en ny flödesmätare eller att förbättra dagens flödesmätare till Dresser Waynes bensinpumpar. Av denna anledning kommer inte konkreta lösningar tas fram i detta stadium, utan istället kommer olika lösningsgrupper genereras. Dessa lösningsgrupper kommer sedan att utvärderas och de mest intressanta grupperna kommer väljas vidare till att ta fram mer konkreta lösningar.

6.1 Framtagning av lösningar

Vid idégenereringen har tre huvudsakliga infallsvinklar använts för att ta fram lösningar. Dessa är:

1. Vidareutveckla Dresser Waynes nuvarande lösningar
2. Undersöka andra mätteknologier
3. Ta fram nya/egna lösningar

Den första infallsvinkeln går ut på att förnya och förbättra de lösningar som Dresser Wayne idag använder sig av. Detta kan vara allt ifrån olika tekniska förbättringar till olika ekonomiska förbättringar. Till hjälp har olika tekniska mässor besökts för att konsultera olika experter.

Som kan ses i teoridelen (4.3 Teori - Andra teknologier) har andra flödesmätningsteknologier studerats, vilket är den andra infallsvinkeln. I teoridelen har bara de teorier studerats, som har ansätts väldigt annorlunda emot dem som idag används. Av denna anledning har olika displacementmätare inte studerats, som ofta har samma problem med slitage som iMetern. Dresser Wayne är inte heller särskilt intresserade av olika displacementmätare. Ofta kräver en införing av en ny del, som en flödesmätare, en stor förändring för företaget. Därför krävs det att den nya mätaren tydligt ska vara bättre i något avseende än den tidigare och ingen displacementmätare tros kunna vara det.

De flesta av de studerade teknologierna har redan sållats bort i teoridelen, då de av olika anledningar inte klarat de krav som ställs på en flödesmätare i Dresser Waynes bränslepumpar. De teknologier som har varit tillräckligt bra, har studerats närmare för att de ska gå att utvärdera emot de andra lösningarna.

Den sista infallsvinkeln var att komma på något helt eget. Då det upplevs väldigt svårt att komma på något konkurrenskraftigt som liknar befintliga teknologier, har förundersökningens resultat, av de annorlunda applikationernas mätmetoder, använts.

6.2 Beskrivning och val av lösningar

De tre tidigare nämnda infallsvinklarna har i sin tur genererat mer tydliga lösningsgrupper, vilka följer nedan (siffran anger vilken infallsvinkel som använts):

- 1 A. Membran iMetern.
- 1 B. Förlänga iMeterns livslängd
- 1 C. Kompensation för iMeterns förslitning
- 1 D. Andra skruvmätare
- 1 E. Kombinerad skrupump och -flödesmätare

- 2 A. Ultraljudsmätare
- 2 B. Massflödesmätare

- 3 A. Snabb vägning

Nedan följer en noggrannare förklaring över de olika infallsvinklarna. Då det i detta fall varit tydligt vilka lösningsprinciper som inte är tillräckligt bra, har en utvärdering enligt *Ulrich & Eppinger* inte varit nödvändig. Istället har det kort motiverats varför vissa lösningar inte kommer att vara aktuella att titta vidare på. Därför kommer de tidigare framtagna kriterierna inte användas i denna sällning av lösningar.

1A. iMetern med membran

Det har varit svårt att hitta membran som är lämpade till att användas i en utomhusstående bränslepump. Kraven på bränslepumpen är att den ska fungera i -40°C , vilket väldigt få membran gör. Det har varit ganska svårt att hitta olika membrantillverkare, då tillverkare av membranpumpar ofta hemlighåller sina leverantörer av membran. (Membranpumpar är troligtvis den membranapplikationen som har membran som är mest lika de som eventuellt kan användas i iMetern.)

Ett problem med att ersätta kolvarna i iMetern med membran är att membran är elastiska. Med kolvarna kan man räkna hur många varv de snurrar och på så sätt veta hur mycket vätska som pumpats ut. Problemet med membranens elasticitet är att trycket från pumpen varierar och membranet eventuellt kommer bukta ut olika mycket, från slag till slag. Om man tittar närmare på membranet så buktar det dessutom ut olika mycket på olika punkter på membranet eftersom trycket ofta inte verkar jämt över

6. Primära lösningsgrupper

hela membranet (Björnemo¹⁰). Elasticitet är dessutom temperaturberoende vilket gör att även noggrannheten blir temperaturberoende. Detta går emellertid att lösa med antingen uppvärmning/kylning av membranerna så att de alltid håller ungefär samma temperatur, eller med en kompensation som motsvarar temperaturvariationen. Denna kompensation kan dock lätt bli komplex då både vätskans densitet och membranets elasticitet varierar med temperaturen.

För att komma runt elasticitetsproblemen med membranerna kan man försöka styra eller kontrollera membranens utbuktning. Detta kan göras på några olika sätt:

- Se till så att membranerna alltid har samma slaglängd, dvs. att samma volym går ut vid varje slag.
- Mäta membranets utbuktning för att veta vilken volym som pumpats ut.
- Kontrollera trycket så att det inte varierar för mycket från slag till slag.
- Mäta trycket vid varje slag och sedan räkna ut hur mycket membranet buktar ut vid det trycket.

Om man styr slaglängden lyckosamt så spelar inte elasticitetsvariationer, p.g.a. temperaturändringar lika stor roll, eftersom ändå ungefär samma volym alltid slås ut. Det gör det dock om man mäter eller kontrollerar trycket. Dock mäts redan temperaturen på vätskan, vilken är ungefär samma som membranens temperatur, och därmed kan temperaturkompensationer även göras på membranets elasticitet för att räkna ut vilken slagvolym membranet genererar för varje enskilt slag. Frågan är dock om mätningen blir tillräckligt noggrann, trots att man kontrollerar slaglängden.

Då denna lösning har problem som eventuellt kan lösas, kommer denna lösning att försöka vidareutvecklas så att den kan bli tillräckligt bra.

1B. iMetern med längre livslängd

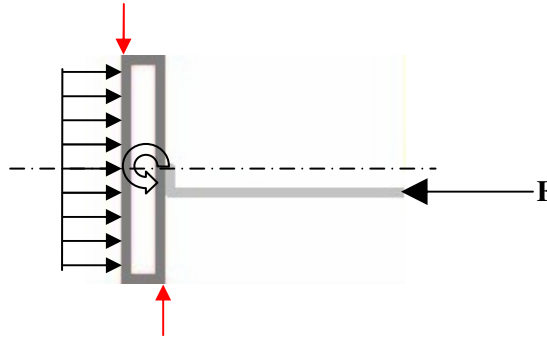
Problemet med iMetern idag är att den slits och driver efter ett antal drifttimmar. Detta tros bero på att en arm mellan axelns två kammar (som styr de två kolvarna via två styrarmar) antingen monteras i fel vinkel eller slits så att den vrids något från sin ursprungliga vinkel (denna kan delvis ses i figur 4-2). Denna tid fram till att den driver hade dock kunnat förlängas genom att t ex placera en pulsationsdämpare mellan pumpen och iMetern och en tryckbegränsningsventil efter iMetern (för att förhindra tryckpikar som uppstår då en brukare trampar på bensinpumpens slang), för att på så sätt minska förslitningar från tryckvariationer och tryckpikar.

Det noterades även att armarnas infästning eventuellt kan ge upphov till ett vridmoment som kan vara anledningen till att iMetern börjar driva. Som kan ses i figur 4-2 och figur 6-1 så verkar inte kraften från iMeterns axel genom kolvens mittpunkt, utan något under mittpunkten. Detta gör att det på något sätt måste uppstå ett vridmoment i

¹⁰ Björnemo, Robert, professor i maskinkonstruktion, Lunds universitet, personligt samtal den 5 oktober 2009

6. Primära lösningsgrupper

motsatt riktning (det illustrerade vridmomentet) vilket i detta fall uppstår då kolven snedställs och ett kraftpar enligt figuren bildas (illustreras av de två vertikala pilarna). De små svarta pilarna illustrerar ett högre vätsketryck på den vänstra sidan av kolven.



Figur 6-1: Friläggning av en kolv i iMetern

Vid normalt arbetstryck $q_{\text{normal}} = 3,5$ bar blir kraften (den stora svarta pilen):

$$F_{\text{normal}} = q_{\text{normal}}A = q_{\text{normal}}r^2\pi = 1,7 \text{ kN}$$

och vid tryckpikarna på $q_{\text{max}} = 18$ bar blir kraften:

$$F_{\text{max}} = 8,5 \text{ kN}$$

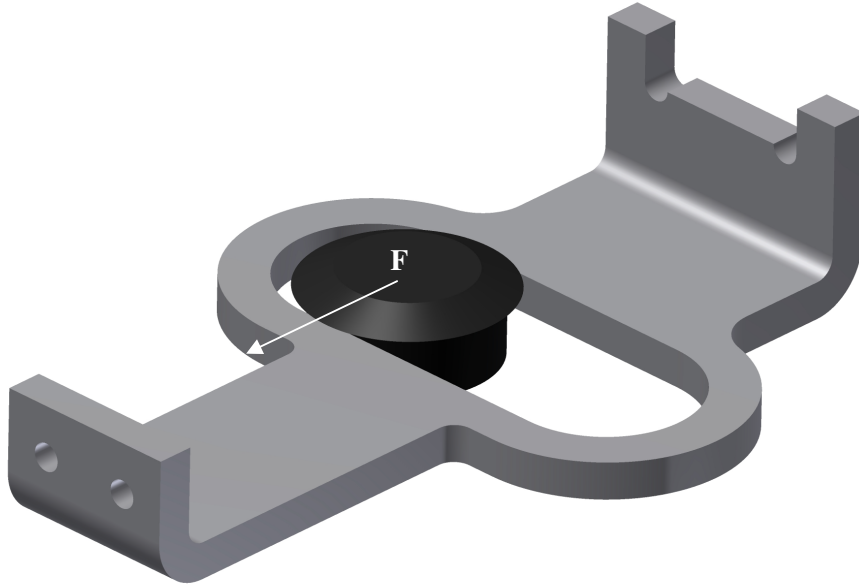
Kraften F verkar genom en punkt i kolvens mittplan som ligger uppskattningsvis 7,5 mm från kolvens mittpunkt vilket gör att momentet som måste tas upp blir 13 Nm för den normala trycklasten och 64 Nm vid tryckpikar. Detta gör att de vertikala pilarna i figur 6-1 som verkar cirka 5 mm från kolvens mittplan trycker med 1,3 kN för normal trycklast och 6,4 kN då en tryckpik uppstår. Att armarna dessutom sitter löst fast mot axelns kam i vertikalled gör att kolven är benägen att hamna snett redan vid små krafter. Dock tas vridmomentet upp av mittdelen av den högra flänsen i figur 6-2 som när kolven vrids motsols, går emot den andra styrarmen vilket kan ses i figur 4-2. Vrids kolven medsols kommer den gå emot den andra kolvens arms motsvarande fläns vilket kan förhindra rörelsen. Dock ligger dessa momentupptagande flänsar någon millimeter ifrån den andra armen för att undvika onödig friktion och slitage. Detta medför dock att man kan snedställa kolven bara genom att trycka på den.

Att detta moment hela tiden måste tas upp och att kolvarna snedställs något medför troligtvis att kolvtätningar slits fortare vilket kan vara en anledning till att kolven driver. Kraftöverföringen från kam till styrarm medför även den ett liknande fall. Kammen från axeln som styr armens rörelse, rör sig fram och tillbaka genom långhålet i iMeterns arm (se figur 6-2). Detta gör att kraften endast verkar rakt mot kolven i kolvens två ytterlägen; alltså uppstår det ett liknande moment som det i figur 6-1 (i ett plan ortogonalt till det i figur 6-1). Detta moment tas dock upp av de två ytterdelarna på den högra flänsen i figur 6-2, som går emot den andra styrarmen när armens vrids (se figur 4-2).

I detta examensarbete kommer dock inte detta att undersökas närmare, för att se om detta är orsaken till att iMetern driver. Det kommer heller inte att tas fram någon lös-

6. Primära lösningsgrupper

ning för att lösa detta problem. I företagets pågående *redesign*-projekt av iMetern, håller de nämligen på att lösa detta problem, genom att tillverka armen mellan kamarna i en del istället för flera hopsatta delar. Av denna anledning kommer denna infallsvinkel inte studeras närmare.



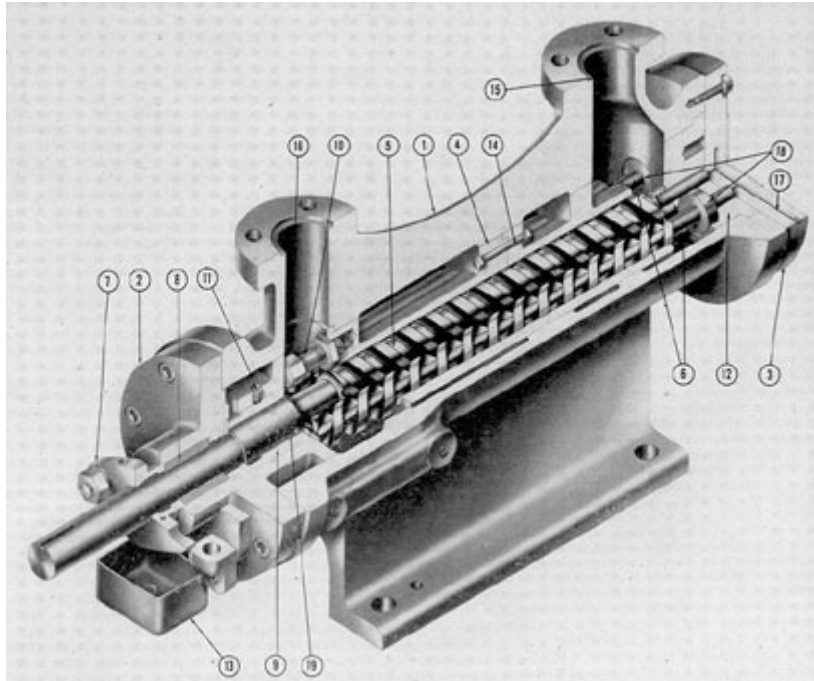
Figur 6-2: iMeterns arm och kam

1C. Kompensera för iMeterns förslitning

Om dock inte redesignprojektet löser problemet fullständigt hade man kunnat angripa problemet på ett annat sätt. Istället för att försöka lösa problemet med att iMetern slits kan man acceptera det och istället kompensera för det. Detta kan exempelvis göras elektroniskt med en algoritm som ändrar volymen per slag med tiden efter service och kalibrering. Dock får man inte ha för många ”elektriska” komensationer i en betalstation och då man redan har en temperaturkompensation som endast baseras på uppmätt temperatur, är detta inte aktuellt. Däremot hade kanske en fysisk komensation varit intressant, men Dresser Wayne är i nuläget inte intresserade av att titta närmare på en sådan lösning beroende på att man har tillit i det pågående redesignprojektet. På grund av detta kommer denna lösningsprincip ej att behandlas vidare. Visar det sig att redesignprojektet blir lyckat finns det inget slitage att kompensera för. Om däremot alla problem inte löses kan denna lösningsprincip tas upp igen. Detta kommer dock att ligga utanför ramen av detta examensarbete.

1D. Andra skruvmätare

En *IMO-pump* är en ”skrupump” som består av tre samverkande skruvar, vars gängytor inbördes bildar tätningar med varandra och transporterar vätska (se figur 6-3 nedan). Man driver på den centrala drivskruven och de andra skruvarnas funktion är att inestänga volymer och förflytta vätskan från inlopp till utlopp.



Figur 6-3: IMO-pump [16]

En IMO-pump hade kunnat byggas om till en flödesmätare genom att ta bort motorn och sätta en magnetsensor på den centrala drivskruven. IMO-flödesmätaren blir då lik Xflo™ Fuel Meter och kommer troligtvis inte ha någon annan fördel än att eventuellt kunna köpas in till ett lägre pris.

Företaget IMO har tidigare tillverkat flödesmätare men gör det inte längre. Det är därför svårt för dem att få fram ett ungefärligt pris på en sådan mätare då de inte tillverkar dem idag och det var längesedan de gjorde det. De ansåg att de hade för få garantier för att sätta igång en sådan undersökning och hänvisade istället till en av deras konkurrenter som gör liknande pumpar och även skruvmätare.

Det Österrikiska företaget Kral har Alnab Armatur AB som distributörer i Sverige. Alnabs försäljningsingenjör har kontaktats och ombetts ta fram en prisbild på en skruvmätare som klarar alla dessa krav. Dock kom de fram till att de inte ens kommer att vara nära ett lika lågt pris som det Xflo™ Fuel Meter tillverkas för.

1E. Kombinerad skruvpump och -flödesmätare

Istället för att ha två delar, flödesmätare och en pump kan eventuellt dessa kombineras till en enhet. Samtidigt som man driver pumpen räknar man hur många varv spindlarna snurrar och vet då hur mycket som pumpats ut. Detta förutsätter dock att det inte finns några kavitationer i bränslet.

Detta hade dock inte fungerat i alla sammanhang då många bränslepumpar är så kallade *dispensers*, vilket innebär att pumpen inte är en sugpump som sitter i närheten av flödesmätaren, utan den sitter i stället i marken vid tanken och trycker upp bränslet därifrån genom flödesmätare och ut. Det hade dock kunnat vara en lösning som bara används på en del av produkterna men är givetvis då inte lika intressant.

Angående detta har både Kral i Österrike och IMO i Stockholm kontaktats. Dock anser de att det inte går att uppnå tillräckligt hög noggrannhet med en sådan lösning. Därför kommer denna lösning inte tas med vidare i projektet.

2A. Ultraljudsmätare

Att använda en ultraljudsmätare som flödesmätare är en väldigt annorlunda teknik jämfört med den som idag används. Då får man fritt genomflöde genom mätaren och därmed ett högre utflöde. Detta kan i bästa fall korta eventuella köer till bensinstationen vilket kan leda till att färre kunder väljer konkurrentens station med kortare köer.

En annan fördel är att det inte finns några rörliga delar vilket gör att inget slitage uppstår på samma sätt som hos de befintliga lösningarna. Livslängden finns dock inte specificerad på den här typen av mätare, men de uppskattas att hålla i upp till 15 år.

De flesta av dagens ultraljudsmätare fungerar bara upp till 60 - 65 °C vilket är under Dresser Waynes krav på 70 °C. Det i mätaren som inte håller för så höga omgivningstemperaturer är elektroniken, närmare bestämt transmittorn. Då man även har elektronik i dagens mätare är detta ett problem som går att lösa i ett senare skede om det blir aktuellt. Detta skulle kunna göras genom kylning så att maxtemperaturen för mätare aldrig överstigs eller genom att gräva ner transmittorn i marken.

En annan nackdel för den här typen av mätare är att de har krav på raksträckor i rören före och efter själva flödesmätaren. Rörets raksträcka före ultraljudsmätaren ska vara minst tio gånger rörets diameter och raksträckan efter ska var minst fem gånger rörets diameter.

Ultraljudsmätaren kan precis som dagens mätare kombineras med en termometer för att kompensera för densitetsvariationer på grund av temperaturändringar, och på detta sätt leverera rätt mängd bränsle.

Det som framförallt talar emot denna lösning är dock priset. Priset på en ultraljudsmätare, som är tillräckligt bra, ligger runt 25 000 kr, vilket kan jämföras med priset på en iMeter, d.v.s. två flödesmätare, på cirka 1 500 kr. Av denna anledning kommer denna lösning inte undersökas vidare (Nilsson¹¹).

¹¹ Nilsson, Jörgen, produktspecialist –instrument, Gustaf Fagerberg AB, e-mail den 8 oktober 2009

2B. Massflödesmätare

Massflödesmätaren är ytterligare en annan teknik som har i stort sett samma för- och nackdelar som ultraljudsmätaren. Det som är annorlunda med denna metod är att man mäter massan och inte volymen. Detta kan vara fördelaktigt för noggrannheten eftersom bränslenas densitet varierar med temperaturen. De flödesmätare som används i bensinpumpar idag mäter volymen och blir därför tvungna att temperaturkompensera för densitetsvariationer beroende av varierande omgivningstemperaturer. 1 kg bensin är dock alltid 1 kg bensin oberoende av vilken volym den har, vilket gör att man slipper temperaturkompensation i en massflödesmätare. Mätningen blir på detta sätt mycket rättvis, vilket kan vara ett bra säljargument till kunderna. Dock måste ändå en temperaturkompensation göras. Detta för att mättubens egenfrekvens ändras med temperaturen och svängningen blir annorlunda.

Man får precis som med ultraljudsmätaren fritt genomflöde, inga rörliga delar och en odefinierad livslängd som uppskattas till cirka 10-15 år. Den har alltså eventuellt en något kortare livslängd än dagens mätare men kräver istället inte mer underhåll än en årlig kontroll utan åtgärd (Broomé¹²).

Mätaren har samma temperaturproblem som ultraljudsmätaren, men däremot inga krav på raksträckor innan mätaren. Priset på en massflödesmätare är i regel ungefär dubbelt så högt som priset för en ultraljudsmätare, dvs. i detta fall cirka 45 000 kr (Broomé¹³). Dock kan priset pressas ända ner till cirka 15 000 kr eftersom mätaren ska användas i en betalstation och konstruktionen blir avsevärt mycket enklare, då mätaren inte behöver I/O funktioner samt display utan endast en utsignal som kommer i form av MODBUS protokoll. Via MODBUS-anlutningen kan all nödvändig information från mätaren skickas till betalstationens mjukvara (Nilsson¹⁴) Priset kan pressas ännu mer om en stor beställning görs, vilket blir aktuellt om lösningen väljs att satsa på, och då skulle kostnaden eventuellt kunna hamna under 10 000 kr för en mätare.

Ett pris på 10 000 kr per mätare är dock fortfarande mycket högre än priset på den dyrare XfloTM Fuel Metern. Av denna anledning är inte denna lösning aktuell att titta vidare på.

3A. Snabb vägning av vätska

Man hade även kunnat byta metod helt och istället för att mäta vätska, väga den. Detta är en metod som används i färgindustrin, där man väger den mängd färg som ska tappas i en burk. Detta görs med en hög medelflödes hastighet när 10 literburkar tappas på löpande band. Detta sker dock med väldigt varierande flödes hastighet, antingen pumpas väldigt mycket ut på en gång när en burk står i rätt läge och fylls eller så pumpas inget ut emellan fyllningen av två burkar.

¹² Broomé, Lars, produktchef för flödesmätare, ABB, den 9 oktober 2009

¹³ Ibid

¹⁴ Nilsson, Jörgen, produktspecialist – instrument, Gustaf Fagerberg AB, e-mail den 8 oktober 2009

6. Primära lösningsgrupper

Det kommer givetvis inte bli lätt att väga vätska i så höga flöden, men med viktmätning får man samma massa bensin oavsett i vilken temperatur man tankar, vilket inte är fallet vid volymmätning på grund av densitetsvariationer (så länge ingen kompensation för temperaturvariationerna genomförs).

Det är givetvis inget alternativ att ha ett varierande flöde, som antingen har ett utflöde på kanske 5 l/s eller ett på 0 l/s. Men man hade kunnat mäta mycket mindre volymer åt gången och haft flera vågar för att uppnå ett mer jämt och kontinuerligt flöde. Risken är dock att priset sticker iväg med flera vågar och det kommer dessutom att bli svårt att få vätskan tillräckligt stagnerad för att vägningen ska kunna bli noggrann.

Möjligheten att ta fram denna massflödesmätare i en mindre del av ett examensarbete, som är konkurrenskraftig med flödesmätare från företag som har flödesmätare som huvudsyssla, är mycket liten. Det kommer ta för mycket tid att lösa alla de problem som metoden har och det finns för få garantier på att det faktiskt kommer att fungera. Alternativet att göra en egen flödesmätare som bygger på denna princip, faller därför bort.

6.2.1 Sammanfattning av lösningsval

Det enda lösningsförslagets som valts vidare för ytterligare utveckling är lösningen där membran ersätter kolvarna i iMetern. Dock kan lösningen där man kompenserar för förslitningen komma att tas upp igen beroende på hur det går med Dresser Waynes pågående projekt. Det är det projektet som gör att det inte heller blir aktuellt att förbättra iMetern.

Inget av förslagen om att lägga ut tillverkningen av skruvmätaren eller kombinerad skrupump och skruvflödesmätare, kommer att fortsättas. Detta då Dresser Wayne själv tillverkade skruvmätaren billigare och experterna på skrupumpar och skruvmätare inte ansåg det möjligt att uppnå tillräckligt hög noggrannhet med en kombinerad pump och flödesmätare.

Både ultraljudsmätaren och massflödesmätaren var betydligt mycket dyrare än dagens flödesmätare och är därför inte intressanta. Den egna idén med att väga vätska kommer ta för mycket tid och det är för få garantier för att den kommer att fungera, för att den ska kunna väljas vidare i detta stadium.

7 Vidareutveckling av: *Membran i iMetern*

I detta kapitel ska det tas fram konkreta, principiella lösningar med gummimembran. Inledningsvis i kapitlet nämns vilka egenskaper som är önskvärda hos ett membran som ska sitta i iMetern. Därefter väljs olika membrantyper ut, för att sedan bilda principiella lösningar. Kapitlet avslutas sedan med olika jämförelser för att underlätta en kommande utvärdering.

Som tidigare nämnts är det tänkt att, vid behov, använda fyra olika infallsvinklar för att ta fram förslag på olika lösningar som ska göra att membranflödesmätaren får en tillräckligt hög noggrannhet. Dessa infallsvinklar är:

1. Se till så att membranerna alltid har samma slaglängd och därmed får ungefär samma displacementvolym varje slag.
2. Mäta membranets utbuktning för att veta vilken volym som pumpats ut.
3. Kontrollera trycket så att det inte varierar för mycket från slag till slag.
4. Mäta trycket vid varje slag och sedan räkna ut hur mycket membranet buktar ut vid det trycket.

I dagens iMeter finns dock redan en styrning av kolvarnas slag och slaglängd vilken även skulle fungera på en iMeter med membran. Dock vet man inte vilken typ av membran som ska användas. Av denna anledning kommer dessa komplementlösningar läggas på is tills det visar sig att det blir absolut nödvändigt för att uppfylla alla flödesmätarens krav. I detta kommande membranval kommer det därför inte tas någon hänsyn till att det eventuellt kommer att vara lättare att ta fram en komplementlösning till en viss membrantyp.

7.1 Implementering av membran i iMetern

Ett givet krav på membranerna är att de på ett eller annat sätt ska klara alla de krav som ställs på flödesmätaren. Men det finns sätt att gå runt några krav, som till exempel temperaturkravet, genom att värma membranerna om det blir nödvändigt. Men önskvärt är givetvis att detta inte behövs.

Membranerna ska helst vara så robusta som möjligt för att kunna behålla noggrannheten i mätningen med ett varierande vätsketryck från pumpen. Det ska vara så starkt att det tål tryckpikarna på 18 bar som kan uppstå, men samtidigt måste arbetstrycket på 3,5 bar kunna få membranet att slå.

Armarna mellan kolvarna i iMetern ska behållas, men konstrueras om vid behov. Anledningen till att armarna ska behållas är att, man vill att armarna skall styra membranet så att de slår med en fasförskjutning på 120° grader, vilket gör att mätaren endast drivs av vätsketrycket från pumpen. Att de eventuellt inte kommer att se likadana ut beror på vilken slaglängd membranet som ska väljas har. Detta gör att ett krav på att armarna ska kunna fästas på membranet, på ett eller annat sätt, uppstår.

Ett problem som kan uppstå p.g.a. fasförskjutningen är att man måste se till så att membranets utbuktning ser likadan ut varje gång en kammare öppnas eller stängs. Med en stel kolv är detta inget problem då armarna hela tiden ser till att kolven är på rätt plats. Men med ett membran kan armarna endast se till så att membranets centrum befinner sig på rätt plats och inte hur utbuktningen ser ut i övrigt. Det är den 120 gradiga fasförskjutningen som gör att de två membranet i iMetern inte befinner sig i ett ytterläge, när mittenkammaren (kammare 2 i tabell 4-1) börjar expandera istället för att minskas, eller vice versa.

Det ställs endast krav på repeter Noggrannheten vid genomflöde större än $3,8$ l/min; vilket gör att man inte behöver veta den exakta utpumpade volymen på millilitern när mätaren stannar. Detta hade annars kunnat vara ett problem då membranets rörelser oftast endast beskrivs m.h.a. approximationer.

Infästningen av membranet i flödesmätaren kommer troligtvis göra att en viss omkonstruktion blir nödvändig. Den vanligaste metoden är att membranet blir fastskruvat mellan två flänsar. Detta ställer till problem i iMeterns kompakta utformning, då flänsarna eventuellt kommer gå in i andra gånger där vätskan transporteras till och från de yttre kamrarna. Av kanske framförallt denna anledning kommer en omkonstruktion av mätaren vara nödvändig. Detta medför även att man inte har lika stor anledning att behålla samma dimensioner som tidigare, på t.ex. cylinderdiametern, och därmed har man en något större frihet i membranvalet.

7.2 Val av membrantyper

Det är önskvärt att behålla samma slaglängd som i iMetern då man i sådant fall slipper en omkonstruktion av armarna som ser till att rörelsen blir fasförskjuten 120 grader. Husdiametern, är som sagt, inte lika viktig att behålla då hela huset troligtvis ändå måste byggas om för att membranet ska kunna fästas i huset. Displacementvolymen och utpumpad volym per varv är bara kalibreringsvärden och därför inte heller något att begränsa sig till. Men man vill dock undvika för höga frekvenser på mätaren, då detta kan skapa problem med densitetsvariationer och virvlar i vätskan.

Det är istället bättre att, så förutsättningslöst som möjligt, välja det membran som bäst och lättast kan kombineras med någon lösning som får upp noggrannheten. Då även en av Freudenberg's utvecklingsingenjörer för membran, Roman Herzog, ansåg det vara svårt att uppnå en tillräckligt hög noggrannhet i en iMeter med membran, blir det troligtvis nödvändigt med något komplement för att få upp noggrannheten.

Elasticitetsvariationer pga. temperaturvariationer är lättare att komma runt. Antingen kan man värma/kyla membranet så att det håller konstant temperatur eller så kan man kompensera för temperaturvariationen. På vilket sätt som temperaturproblemet kommer att lösas, beror på vilken metod som väljs att användas för att lösa det mer svår-lösta tryckvariationsproblemet.

När man ska välja membrantyp kan det vara lämpligt att utgå ifrån de fyra grundtyperna, platta, konkava, veckade/rullande och rullande membran med lång slaglängd, vilka finns beskrivna i teoridelen 4.4 Teori - Membran. De två sistnämnda membrantyperna klarar bara tryck pålagt unilateralt, då veckningen/rullningen annars trycks ut och in. Kolvarna i iMetern utsätts dock för tryck bilateralt, och därför krävs en större omkonstruktion för att kunna använda de membrantyperna. Dessa två membrantyper har fördelen att den effektiva diametern är relativt konstant. Om man jämför dessa två membrantyper mot varandra har de rullande membranerna med lång slaglängd just den långa slaglängden som en fördel. Detta gör att frekvensen kan vara lägre och diametern mindre.

De två kvarstående membrantyperna, dvs. de som tål bilateralt tryck och därmed kan användas i iMetern, är konkava och platta membran. Av dessa är de konkava bättre lämpade än de platta i denna applikation. Dels har de längre slaglängder och dels är de inte lika instabila. Båda har dock en extremt slagberoende effektiv diameter som eventuellt kommer att bidra med lite problem.

Med hjälp av Freudenberg's utvecklingsingenjör för membran, Roman Herzog, har fem olika konkava membran tagits fram, som skulle kunnat användas i iMetern. Alla konkava membran ska preliminärt tillverkas med samma material och förstärkning, som gör att membranet klarar alla krav som ställs på mätaren, utöver noggrannhetskravet och eventuellt livslängdskravet. Av dessa fem membran är det ett som är betydligt plattare än de övriga. Detta har tagits med då plattare konkava membran har högre noggrannhet. Att plattare membran har högre noggrannhet beror på att de är relativt tjocka och mer robusta, vilket gör att de lättare kan kompensera för tryckpikar och densitetsvariationer i vätskan. Platta membran har generellt sett även längre livslängd (Herzog¹⁵). Det som skiljer de övriga fyra membranerna åt är diametern, slaglängden och därmed även displacementvolymen.

Då det i detta fall rör sig om ganska stora displacementvolymerna och rullande membran, förutom en längre slaglängd, även har en bättre noggrannhet än konkava membran, är rullande membran ett bättre alternativ. Att rullande membran har bättre noggrannhet beror på att de har en nästan konstant effektiv diameter och en mycket liten flex- eller rullningsarea. Det andra alternativet till att få en hög noggrannhet för stora displacementvolymerna är, som tidigare nämnts, att använda ett relativt stort platt membran, med kort slaglängd. (Herzog¹⁶)

¹⁵ Herzog, Roman, utvecklingsingenjör för membran, Freudenberg Simrit KG, telefonsamtal den 26 november 2009

¹⁶ Ibid

7. Vidareutveckling av Membran i iMetern

Fördelen med konkava och platta membran är att de generellt har en längre livslängd än ett rullande membran, men det är svårt att säga exakt hur lång. Anledningen till att rullande membran har kortare livslängd, är att de utsätts för relativt stora spänningar då de töjs från kolven till cylinderhuset, under slagets gång. Dock uppstår ingen friktion under slaget. Det har påträffats platta och konkava membran som har klarat flera miljoner slag. När det kommer till infästningen av olika membrantyper är det i stort sett ingen skillnad.(Herzog¹⁷)

Då rullade membran har högre noggrannhet än konkava, har även ett rullande membran valts ut. Därför har en ny konstruktion utformats, som bygger på samma princip som iMetern, men där kolvarna endast utsätts för unilateralt tryck. Även en vidareutveckling av iMetern har gjorts som möjliggör en användning av rullande membran i konstruktionen. Då ett missförstånd uppstod med Freudenberg's utvecklingsingenjör, vilket medförde att displacementvolymen blev något för liten och därmed även att frekvensen blev högre än vad rullande membran klarar av, har ett större rullande membran tagits med. I detta membran, som benämnes Rullande*, har cylinderdiametern, kolvdiametern och slaglängden gjorts nästan 50 % större. Därefter har den nya displacementvolymen och frekvensen räknats ut.

Dessa sex olika membran presenteras i tabell 7-1 nedan, och ritningar på membranerna finns i bilaga C.1-C.5, C.7 (Rullande* återfinns inte i bilagorna då detta är tillagt senare). Slaglängderna som redovisas är de rekommenderade slaglängderna för de olika membranerna.

Tabell 7-1: Membran till olika lösningsförslag

Namn	Diameter	Slaglängd	Depl.volym	Tjocklek	Frekvens (57 l/min)
Konkav 1	72 mm	14 mm	0,022 l	3 mm	40 Hz
Konkav 2	112 mm	30 mm	0,138 l	3 mm	7 Hz
Konkav 3	142 mm	37 mm	0,250 l	3 mm	4 Hz
Konkav 4	100 mm	18,5 mm	0,065 l	3 mm	15 Hz
Konkav 5	112 mm	10 mm	0,050 l	3 mm	20 Hz
Rullande	75 mm	30 mm	0,058 l	0,55 mm	16 Hz
Rullande*	100 mm	44,5 mm	0,173 l	0,55 mm	5,5 Hz
iMetKolv	77,8 mm	37 mm	0,176 l	≈ 5 mm	5,4Hz

Diametern som redovisas är ytterdiametern inklusive infästningskanten, och alltså inte cylinderdiametern. Konkavt membran 1 och det rullande membranet ska t ex sitta i ett cylinderhus med diametern 60 mm respektive 52,5 mm. Tjockleken är membranets tjocklek och frekvensen är ett membrans frekvens vid flödet 57l/min. För Rullande* är frekvensen 5.5 Hz dess kritiska frekvens. Uträkningen för konkavt membran 1 visas i bilaga C.12.

¹⁷ Herzog, Roman, utvecklingsingenjör för membran, Freudenberg Simrit KG, telefonsamtal den 26 november 2009

Den rekommenderade slaglängden som visas på ritningarna, är inte den maximala slaglängden. Exempelvis har membran 1 höjden 8 mm i obelastat tillstånd, vilket möjliggör en total slaglängd (från ytterläge till ytterläge) på 16 mm, men den rekommenderade totala slaglängden är endast 14 mm. Det är denna slaglängd som använts i uträkningarna. Att den maximala slaglängden inte utnyttjas beror på att man då får en mindre gynnsam karakteristisk kurva, se Figur 4-21 och avsnitt 4.4 Teori - Membran. (Herzog¹⁸)

Det konkava membranet 3 har som kan ses en rekommenderad slaglängd som är lika lång som iMeter kolvarnas slaglängd. Detta för att slippa göra en omkonstruktion på de armar som styr kolvrörelsen i iMetern.

7.2.1 Membranmaterial [13]

Samtliga sju membran är tänkt att tillverkas i samma material nämligen 70 FKM 252515. FKM är ett av de nämnda materialen i avsnitt 4.4 Teori - Membran. Materialet uppfyller alla de krav som ställs på mätaren utöver eventuellt livslängds- och noggrannhetskravet som har mycket att göra med utformningen av membranet.

FKM som är en förkortning på *Fluorocarbon elastomer rubber*. Siffran 70 framför FKM indikerar hårdheten på gummit. Materialet kännetecknas av en hög termisk och kemisk resistens, men även av låga värden för gas emission och gas permeabilitet vid rumstemperatur. FKM brukar framförallt användas som material i membran som utsätts för gaser eller vätskor som är mycket aromatiska eller i vakuumpplikationer. Speciella fluorelastomerer är nödvändiga vid hantering av vattenånga.

Om det dock i ett senare skede visar sig att det blir nödvändigt att värma/kyla membranerna för att få upp mätnoggrannheten kan ett billigare material väljas. Ett sådant alternativ är 70 FKM 576, som bara tål temperaturer ner till -15°C.

7.2.2 Förstärkning

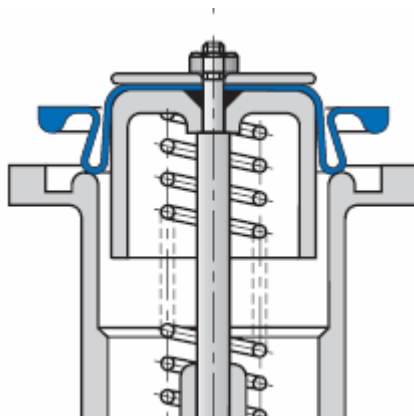
Till de rullande membranerna ska Fruedenbergs förstärkning 85 användas och till de konkava membranerna ska förstärkning 32 användas. Båda förstärkningarna har en vävd struktur och det vävda materialet för förstärkning 85 och 32 kallas PES respektive PA 66. Förstärkning 85 till de rullande membranerna är en *onlay*-förstärkning och läggs på membranets yta medan förstärkning 32 är en *inlay*-förstärkning och läggs mitt i tvärsnittet. Mer information om förstärkningarna finns i bilaga C.9-C.11.

Till de konkava membranerna ska man även ha en insättningsförstärkning, vars uppgift är att stärka membranet och möjliggöra en infästning av armarna som ska styra membranet. Den kommer alltså att fungera som en kolv som styr membranets rörelse. Ett förslag till hur den kommer att se ut till konkavt membran 1 visas i en ritning i bilaga

¹⁸ Herzog, Roman, utvecklingsingenjör för membran, Freudenberg Simrit KG, telefonsamtal den 26 november 2009

C.11. Ett annat alternativ är att ha ett hål rakt igenom membranet och spänna fast förstärkningen från båda sidorna.

De rullande membranerna kommer även att ha en kolv som styr membranets rörelse. Till rullande membran är det vanligt att den kolven inte fästs mot membranet över huvud taget, eftersom membranet alltid omsluter kolven tack vare tryckvariationen på de två olika sidorna av membranet. Men i detta fall då kolven ska se till att membranets rörelse blir kontrollerad är det nödvändigt att fästa kolven mot membranet. Detta kan göras enligt figur 7-1 nedan. Detta förhindrar även vätska från att komma in emellan membranet och kolven.



Figur 7-1: Visar hur kolven fästs mot ett rullande membran[13]

7.2.3 Kostnad för de olika membranalternativen

Freudenberg i Tyskland har ombetts att ta fram en prisbild för de olika membranalternativen. I tabell 7-2 nedan visas denna ungefärliga prisbild för en kvantitet på 20 000 membran/år, levererat vid fyra tillfällen. Den relativt höga verktygskostnaden är dock bara en engångskostnad. Som kan ses är materialvalet mycket väsentligt för priset på membranet. Elastomeren 70 FKM 576, som ger ett betydligt billigare membran, klarar alla krav som ställs på Dresser Waynes flödesmätare förutom temperaturkravet, med en omgivningstemperatur på -40°C . 70 FKM 576 klarar som tidigare nämnts bara en omgivningstemperatur på -15°C . Med denna stora prisskillnad bör Dresser Wayne, om det blir aktuellt, överväga att endast använda det dyrare materialet då det är absolut nödvändigt. Blir det aktuellt att värma membranerna, kan man i så fall alltid använda det billigare materialet eller kanske t.o.m. hitta ett billigare.

Tabell 7-2: Ungefärligt pris för de olika membranerna

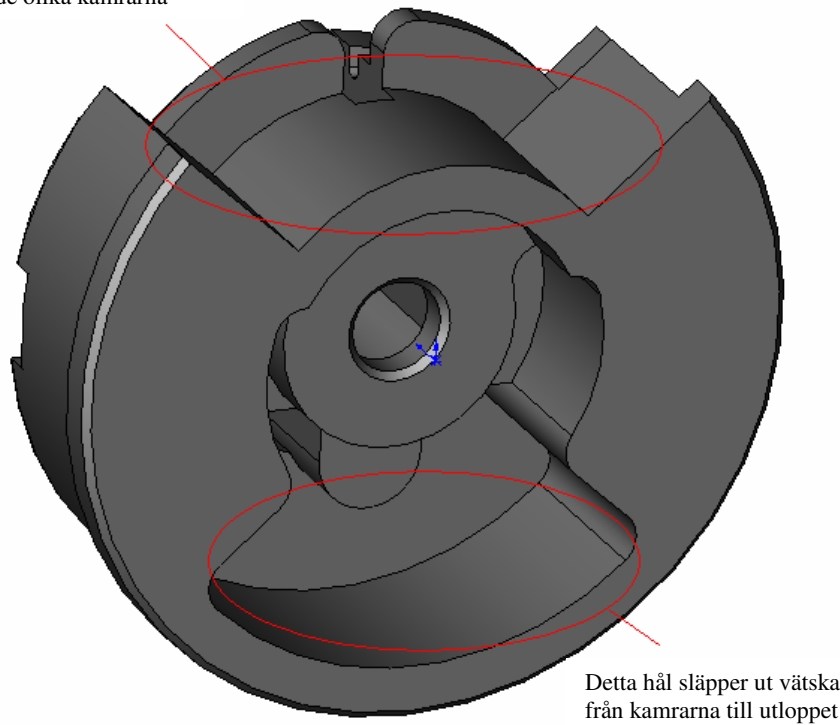
Orientation price					
diaphragm	tool costs	quantity per year	quantity per delivery	price/100pcs (70 FKM 576)	price/100pcs (70 FKM 252516 for -40C)
rolling diaphragm	9.300,00 €	20000pcs	5000pcs	240,00 €	470,00 €
diaphragm 1	14.100,00 €	20000pcs	5000pcs	360,00 €	830,00 €
diaphragm 2	15.100,00 €	20000pcs	5000pcs	600,00 €	1.870,00 €
diaphragm 3	17.100,00 €	20000pcs	5000pcs	880,00 €	2.980,00 €
diaphragm 4	14.500,00 €	20000pcs	5000pcs	530,00 €	1.580,00 €
diaphragm 5	15.100,00 €	20000pcs	5000pcs	580,00 €	1.750,00 €

Anledningen till att det rullande membranet är så mycket billigare, är att det är nästan sex gånger så tunt, som de konkava membranen. Dessutom är förstärkningen en så kallat *onlay* och billigare att producera.

7.3 Ny flödesmätare

En ny flödesmätare har tagits fram för att möjliggöra användningen av membran som bara klarar unilateralt tryck. Flödesmätaren bygger på samma princip som iMetern, d.v.s. att den har tre kammare som förstoras/förminskas med en fasförskjutning på 120°. Inloppet/utloppet till dessa kammare ser precis ut som på iMetern och den nya mätaren använder sig även av samma ventil (se figur 7-2) för att öppna och stänga in- och utlopp till de tre kamrarna. Detta innebär att Dresser Waynes WIP (se kapitel 4.1) kan användas och all elektronik med kalibreringscentral och olika säkerhetsfunktioner kan behållas.

Detta hål släpper in vätska till de olika kamrarna

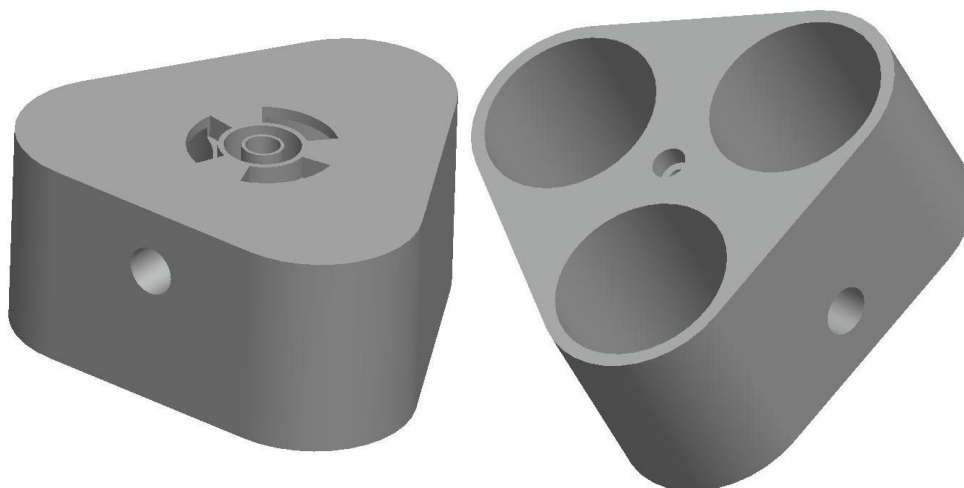


Detta hål släpper ut vätska från kamrarna till utloppet

Figur 7-2: Ventil som styr kamrarnas in- och utflöde i iMetern

Denna nya flödesmätare har tre cylinderhus istället för ett, som båda iMeterns flödesmätare har (iMetern består som tidigare nämnts av två flödesmätare). Av denna anledning kommer denna nya flödesmätare i fortsättningen kallas triMeter. I figur 7-3

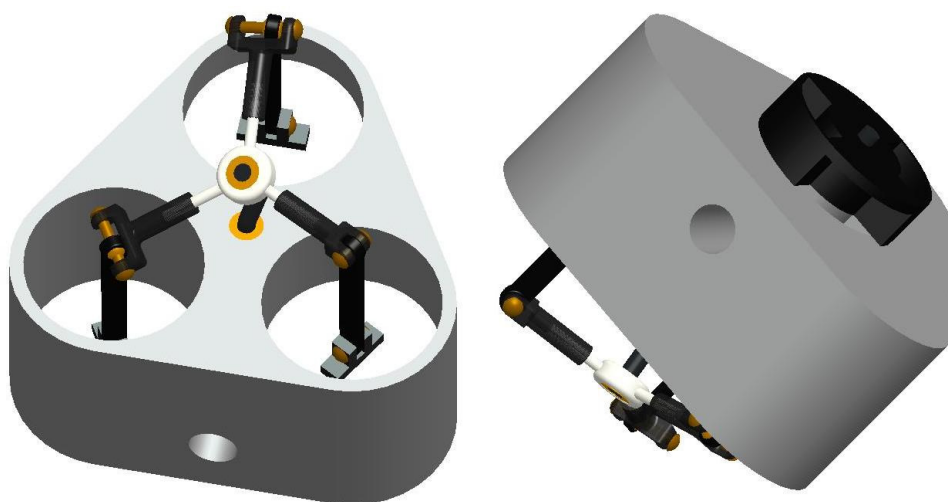
visas två vyer av en principiell utformning av denna mätarens hus. I vyn till vänster, på ovansidan, visas in-/utlopp till de tre kamrarna. Hålet i mitten i figur 7-3 är för axeln inklusive lagring som ska styra ventilen, i figur 7-2:s, rörelse. Hålet emellan lagringsplatsen och kamrarnas in- och utlopp är utloppet från hela mätaren. Detta hål går först rakt ner en bit i mätaren för att sedan ta en 90°-sväng ut genom hålet som kan ses på sidan av mätaren (se även ritningarna i Bilaga D: för ökad förståelse).



Figur 7-3: Mätarhuset

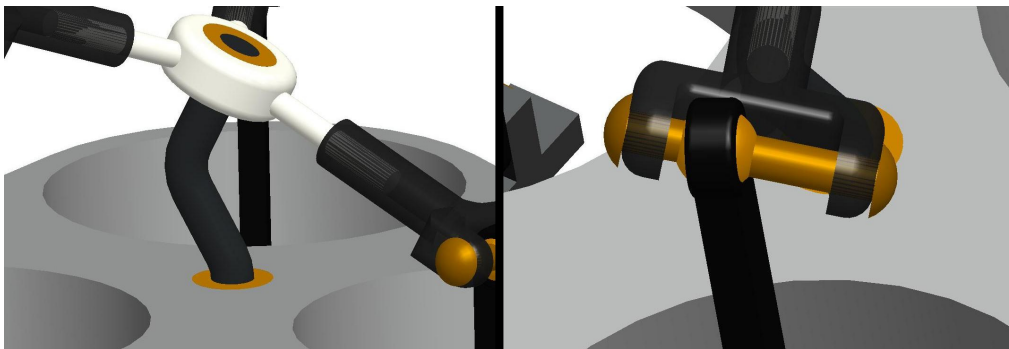
Axeln går rakt igenom huset och man ser även axelhålet i vyn till höger i figur 7-3, även där med plats för en lagring. De tre stora cylinderhålen är de tre kamrarna som kommer att begränsas av tre kolvar och senare tre membran.

Idén är att det är de tre kolvarna som ska få axeln att rotera och på så sätt ska ventilen öppna och stänga kamrarna på önskat vis. Mätaren ska alltså fungera som en motor, där tryck på kolvarna får maskineriet att snurra. En principiell konstruktion av triMetern visas i figur 7-4 nedan.



Figur 7-4: Principiell utformning av triMetern

När man använder kolvar får man ett visst stöd av väggarna som ser till att kolvarna inte hamnar snett. Men med membran är det väldigt lätt att en kolv hamnar något snett vilket, om inte annat, påverkar noggrannheten i mätningen. För att få stabilitet i rörelsen är armen fast inspänd i kolvinfästningen, istället för ledad, och armen bör dessutom hållas på plats på något sätt så att kolven inte ska hamna snett.



Figur 7-5: Axel och kulkoppling

Som kan ses, i den vänstra vyn i figur 7-5, är axeln böjd två gånger. Att den är böjd en gång beror på att man vill att det, i figuren, vita armkorset hela tiden ska luta cirka $26,6^\circ$ för att den totala slaglängden ska bli 60 mm då kolvcentrum är 60 mm från mätarens centrumaxel. Att axeln är böjd två gånger är för att armkorsets mittpunkt hela tiden ska befinna sig på samma ställe, dvs. i en punkt på mätarens centrumaxel.

Armkorset har två huvuduppgifter. Dels ska den se till att kolvarna slår med en fasförskjutning på 120° och dels ska armkorsets vickande rörelse ge en rotation på axeln. Med endast tre kolvar kan denna rotation på axeln bli svår att åstadkomma från en vickande rörelse. Det är risk att rörelsen blir ryckig och framförallt finns det stora risker att flödesmätaren kommer att bli svårstartad. Därför kommer det eventuellt bli nödvändigt med en viss drivning på axeln som sätter igång rörelsen och även på något sätt motverkar att rörelsen blir ryckig.

En kritisk punkt är cylinderkopplingen mellan det vita armkorset och de transparenta svarta förlängande armarna. Där kommer troligtvis bildas en spänningstopp som kan försvåra glidning mellan armtopp och armkors. Detta skulle eventuellt kunna lösas med starka material och implementering av kulor som underlättar glidningen.

Kopplingen på bilden till höger i figur 7-5, visar en specialkoppling, som bara finns på två av de tre armarna (se figur 7-4). En av armarna låser nämligen armkorsets rotation, vilket gör att den armen bara rör sig upp och ned. Detta gör i sin tur att de övriga två armarna på korset rör sig i en åtta, vilket gör att en vanlig koppling hade låst rörelsen. Specialkopplingen har dels en kula som glider fram och tillbaka på niten som möjliggör armkorsets rörelse i en åtta och dels av kulkoppling mellan kulan och armen till kolven/membranet. Här måste man se till så att kulan glider lätt både mot

armen i kulkopplingen och mot niten i cylinderkopplingen så att rörelsen inte låser sig.

Ingen detaljutformning såsom axelutformning är utförd. Det genomförs först om det visar sig att denna mätare är något att satsa på för Dresser Wayne. Flödesmätaren är alltså långt ifrån klar, men principen är klar och man kan få en tillräckligt klar bild för att vet vilka för och nackdelar konstruktionen har jämfört med iMetern.

7.4 Lösningförslag

Sju lösningar kommer att tas upp i detta kapitel. Men om de är tillräckligt bra för att gå igenom en utvärdering kommer att avgöras i en *Design review* tillsammans med Dresser Wayne. Komplementlösningar för att höja noggrannheten tas fram i ett senare skede då det finns färre membran att välja bland.

1. iMeter med konkavt membran 1
2. iMeter med konkavt membran 2
3. iMeter med konkavt membran 3
4. iMeter med konkavt membran 4
5. iMeter med konkavt membran 5 (plattare)
6. iMeter med rullande membran och bälg
7. iMeter med två rullande membran per kolv
8. triMeter med rullande membran
9. triMeter med konkavt membran

7.4.1 iMeter med konkavt membran 1

En fördel med denna mätare är att den faktiskt kommer bli mindre än dagens mätare, då den har kortare slaglängd och mindre diameter. Att membranet är mindre för även med sig andra fördelar jämfört med de andra konkava membranerna. Membranet har nämligen en mindre flexarea och samma tjocklek trots att den är mindre vilket gör den mindre elastisk. Mindre diameter och flexarea ger mindre utrymme för densitetsvariationer i vätskan.

Nackdelen med ett mindre membran är att det krävs en högre frekvens för att mäta en bestämd flödes hastighet. En högre frekvens kan påverka både membranets dynamiska material och ge densitetsvariationer i vätskan.

7.4.2 iMeter med konkavt membran 2

Ligger mitt emellan membran 1 och 3 både storleksmässigt och egenskapsmässigt. Membranet har inte lika stora fördelar men även mindre nackdelar. Då membran 1-3 har samma tjocklek är membran 2 mer robust än membran 3, men mindre robust än membran 1. Mätaren kommer att bli ganska mycket större än dagens mätare.

7.4.3 iMeter med konkavt membran 3

Är en motpol till membran 1, med en stor flexarea men även med en större displacementvolym som gör att mätaren kan köras på en lägre frekvens. En relativt låg frekvens är nödvändig för att komma upp i en hög noggrannhet på mätningen. Att tjockleken i förhållande till membranstorleken är liten kan göra att membranet lättare svarar. Dessutom kommer mätaren bli betydligt mycket större än dagens mätare. Detta membran har dock fördelen att slaglängden är samma som på dagens iMeter och därför undviks en omkonstruktion av armarna som styr kolvrörelsen.

7.4.4 iMeter med konkavt membran 4

Detta membran är precis som det första relativt litet, även om det är drygt 30 % större. Men i stora drag har den samma för och nackdelar. Mätaren kommer dock bli något större än dagens iMeter, men det rör sig inte om mycket.

7.4.5 iMeter med konkavt membran 5

Detta membran är det plattare alternativet vilket innebär att man måste ha en ganska stor diameter för att få samma displacementvolym. Fördelen med ett plattare membran är som tidigare nämnts längre livslängd och högre noggrannhet i mätningen. Konstruktionen kommer därför se ganska annorlunda ut med ett helt annat förhållande mellan slaglängd och diameter.

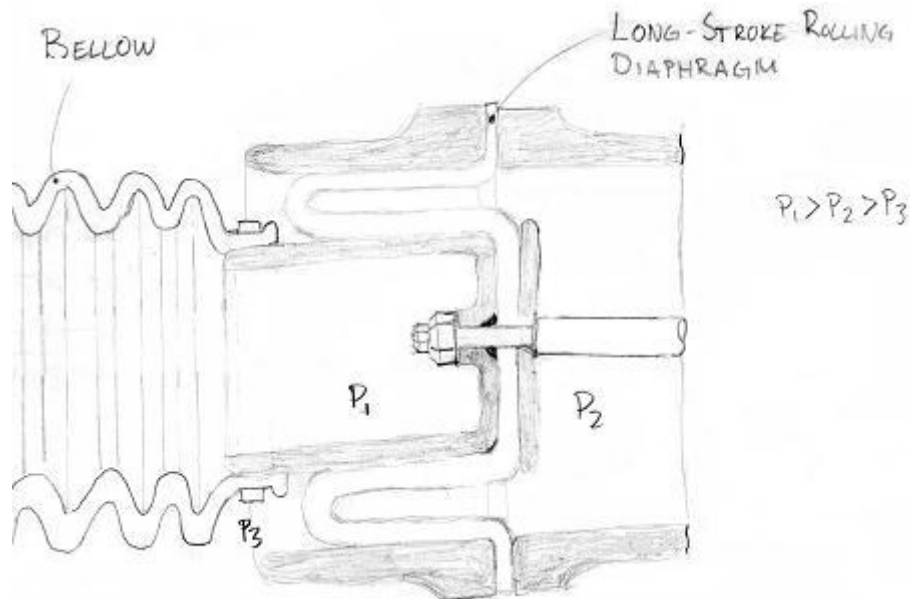
7.4.6 iMeter med rullande membran och bälg

För att kunna använda ett rullat membran i iMetern måste en relativt stor omkonstruktion göras. Man skulle kunna utnyttja en bälg för att, som i figur 7-6 nedan, stänga in trycket P_1 så att det inte trycker ut membranets rullning.

Denna lösning anses dock för komplicerad och innehåller dessutom ytterligare en elastisk komponent som kan påverka noggrannheten i mätningen till det sämre. Det är därför inte troligt att denna lösning kommer att fungera med önskad noggrannhet. Ett alternativ är att använda en metallbälg som inte inverkar lika negativt på mät noggrannheten. Mätaren kommer dock att bli komplicerad, dyr och dessutom ganska stor.

Den enda fördelen med konstruktionen är att, som tidigare nämnts, ett rullat membran har högst noggrannhet av de olika membrantyperna för stora displacementvolym.

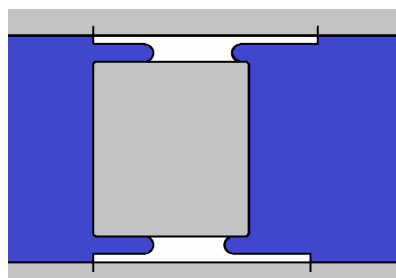
7. Vidareutveckling av Membran i iMetern



Figur 7-6: iMeter med bälg och rullat membran

7.4.7 iMeter med två rullande membran per kolv

En annan lösning, som Dresser Waynes Bengt I Larsson¹⁹ föreslog, är att ersätta varje kolv med två rullande membran. Membranens insida, som måste ha ett lägre tryck, är vända mot varandra med endast luft och en plastcylinder emellan. I figur 7-7 nedan illustreras ett tvärsnitt på denna lösning, där man ser hur luft (det vita) stängs inne mellan de två membranerna. När väsketrycket trycker på det ena membranets utsida flyttas den och därmed även plastcylindern som i sin tur flyttar det andra membranet. På så sätt utsätts inte membranerna för bilateralt tryck och rullande membran kan användas.



Figur 7-7: Tvärsnitt av iMeter med två membran per kolv

¹⁹ Larsson. Bengt I, Globalt utvecklingsansvarig, Dresser Wayne, personligt samtal 18 december 2009
60

De uppenbara nackdelarna är ett det krävs dubbelt så många membran och dessutom troligtvis två membraninfästningar, då membranerna annars kommer rullas utanpå varandra. Mätaren kommer dessutom bli mycket längre, ungefär två gånger plastcylinderns längd. Lösningen är mycket dyr, innehåller flera delar och har precis som föregående lösning bara de rullande membranens högre noggrannhet som fördel.

7.4.8 triMeter med rullande membran

Den klara fördelen, och anledningen till att denna flödesmätare gjordes, är att man kan använda rullade membran. Dessutom har den fördelen att varje kammare endast är beroende av en kolv och därför bara beroende av membranets utbuktning vid ändlägena. Då iMeterns mittenkammaras volym börjar öka istället för att minska befinner sig nämligen inte kolvorna i ett ändläge. Man behöver alltså se till så att membranets utbuktning ser likadan ut, vid denna punkt, varje slag.

Storleksmässigt kommer mätaren bli större än dagens iMeter. I runda slängar är iMetern $150 \times 200 \times 220 \text{ mm}^3$ medan två triMetrar skulle bli cirka $195 \times 360 \times 160 \text{ mm}^3$ eller $350 \times 180 \times 160 \text{ mm}^3$ beroende på hur den sätts ihop. Men eftersom det inte är en färdig konstruktion kan storleken variera något.

Den stora nackdelen är att det behövs tre kolvar/membran istället för två. Mätaren består dessutom av många fler detaljkomponenter och det känns intuitivt som om det finns fler felkällor på den än hos iMetern. En annan nackdel är att företaget inte har någon erfarenhet av denna mätare och därför finns även en osäkerhet med att satsa på denna mätare, jämfört med att använda membran i iMetern. Det är även osäkert att mätaren kommer att fungera överhuvudtaget. Det är inte säkert att kolvorna lyckas åstadkomma en rotation då de ständigt trycker armkorset uppåt, bara med olika stora krafter.

7.4.9 triMeter med konkavt membran

Det kanske visar sig senare att de rullade membranerna inte når upp till en tillräckligt hög noggrannhet och att det samtidigt är lättare att hindra ett konkavt membranets utbuktning. Då kan det bli aktuellt att använda konkava membran i triMetern. Detta skulle minska höjden på mätaren markant då konkava membran inte har lika lång slaglängd.

7.5 Jämförelser

I detta avsnitt kommer några jämförelser att göras. Först ska en allmän jämförelse mellan kolvtätningar och membran göras. Sedan en mellan konkava och rullande membran. Därefter ska triMetern jämföras med iMetern. Jämförelserna kommer att sammanfattas och användas som underlag till att bedöma olika kriterier i kommande utvärderingar.

7.5.1 Kolvtätning vs. membran

En nackdel med ett membran är att slaglängden är begränsad av membranet. Dessutom är den effektiva diametern alltid mindre än cylinderdiametern och inte alltid konstant. Hur mycket tryck ett membran klarar är också begränsat. De starkaste förstärkta membranerna klarar ungefär 25 bar. Kolvar är även betydligt formstabilare och kommer därför ge en noggrannare mätning i en flödesmätare.

Fördelarna med membran är att de inte läcker och sitter tekniskt sätt absolut tight. De kräver inget underhåll och slits minimalt. Det finns inga friktionsförluster och de har låg hysteres. Kolvtätningar har dessutom en risk att fastna och sedan sticka iväg, vilket kallas *stick-slip effect*. Då membran utsätts för så lite slitage har de generellt längre livslängd än kolvtätningar. Både membran och tätningar ändras till det sämre med tiden. Tätningar slits så att de tätar dåligt och membran ändrar form och displacementvolym. Kolvtätningen ställer även krav på toleranser på de omgivande ytorna vilket påverkar tillverkningskostnaden något. Generellt sett är dock en kolv inklusive tätning billigare än ett membran inklusive kolv trots ytjämnhetskraven.

En sammanfattning av jämförelsen visas nedan i tabell 7-3.

Tabell 7-3: Sammanfattning av jämförelsen mellan Kolvtätningar och membran

Respektive produktgrupps fördelar	
Kolv + tätning	Membran (+ kolv)
Konstant effektiv diameter	Läcker inte
Större effektiv diameter	Underhållsfria
Obegränsad slaglängd	Slits minimalt
Högre noggrannhet	Längre livslängd
Formstabilare	Ingen friktion
Billigare	Ingen Stick-Slip effekt
Tål högre tryck	Inga toleranskrav på cylinderhuset

7.5.2 Rullande vs. konkava membran

Rullande membran har fördelen att de har en nästan konstant effektiv diameter. Dessutom har de längre slaglängd och mindre flexarea. Ett rullande membran har oftast högre noggrannhet än ett konkavt membran, dels tack vare en mindre flexarea och dels har de ofta en större displacementvolym och kan därmed köras på en lägre frekvens. Dessutom har de ofta lägre hysteres och ändrar inte form lika lätt med tiden som ett konkavt membran. Rullande membran är även oftast billigare då de är tunnare och ofta har en billigare förstärkning.

7. Vidareutveckling av Membran i iMetern

De konkava membranens fördelar är att de har längre livslängd och tål tryck pålagt bilateralt. Att de ofta är mycket tjockare gör även att de är mindre känsliga för tryckvariationer. Dock kompenseras detta ned då flexarean är så stor.

Denna jämförelse sammanfattas i tabell 7-4 nedan.

Tabell 7-4: Sammanfattning av jämförelsen mellan rullande och konkava membran

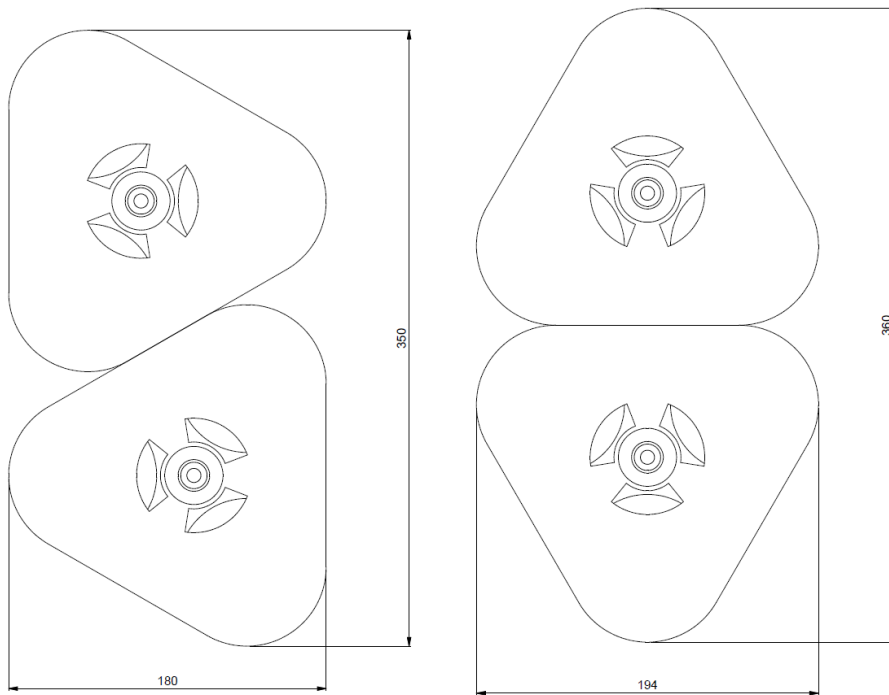
Respektive membrantyps fördelar	
Rullande membran	Konkava membran
Konstant effektiv diameter	Bilateralt tryck
Liten flexarea	Längre livslängd
Lägre frekvens	Tjocka=> Styvare
Högre noggrannhet	
Formstabilare	
Billigare	
Längre slaglängd	
Mindre slagmotstånd	

Ett undantag är att noggrannheten även är hög för de konkava membranerna, som är relativt platta, som membran 5. Detta beror på, vilket tidigare nämnts, att plattare membranerna är mer robusta och därför klarar att ta hand om tryckpikar och tryckvariationer på ett bättre sätt.

7.5.3 triMetern vs. iMetern

Att triMetern är större än iMetern beror framförallt på att den har tre cylinderhus istället för ett som iMetern. Dock har triMetern mycket korta gånger till och från kamrarna, utan en 90° och en 180°-gradersväng, vilket både sparar plats och kan vara gynnsamt eftersom man då får mindre tryckförluster i dessa gånger.

iMetern har även en kortare slaglängd och totalt sett även en mindre displacementvolym per varv. Hade triMetern gjorts med iMeterns displacementvolym per varv, det vill säga 0,5 l/varv, hade yttermåttarna ungefär blivit 350*180*195 mm³ som kan jämföras med iMeterns 150*200*220 mm³. Dessa mått är dock på en tänkt låda som mätarna stoppas ner i (och två trekanter fyller inte ut en låda så bra, se figur 7-8). Denna överblivna volym i "lådan" kan eventuellt utnyttjas till annat även om det är föga troligt.



Figur 7-8: Flödesmätarens yttermått

Som tidigare nämnts är varje kammare bara beroende av en kolv, vilket gör att hela kolvens displacementvolym pumpas ut varje slag. I iMetern använder man sig istället bara av tvåtredjedels kolv per kammare vilket om inte annat får ses som mer kostnadseffektivt. Så varje kolv i iMetern får ca 42 % mer arbete utfört än en kolv i triMetern. Det vill säga att ca 42 % av en kolvs displacementvolym pumpas ut genom mittenkammaren. Anledningen till att det inte är 100 % beror på kolvarnas fasförskjutning. Med detta i åtanke kan man räkna ut vilken frekvens membranerna måste slå med för att klara att pumpa ut 113 l/min.

I Tabell 7-5 nedan är det uträknat med vilken frekvens ett membran måste slå med i respektive flödesmätare för att den ska ha ett genomflöde på 113 l/min. I iMetern sitter två kolvar så varje kolv/membran ska ge ut $113/2=56,50$ l/min, och som tidigare nämnts pumpas ca 142% av en kolvs/membrans displacementvolym, V_d , ut varje slag, i iMetern. Därför blir frekvensen:

$$f = \frac{56,5[l / \text{min}]}{60[s / \text{min}]} \cdot \frac{1}{1,42V_d[l]} = \frac{0,6631}{V_d} [Hz] \quad \text{[I]}$$

I triMetern sitter tre kolvar/membran. Därför ska varje membran pumpa ut $113/3=37,67$ l/min. I denna mätare pumpas 100% av en kolv/membrans displacementvolym ut och frekvensen blir:

$$f = \frac{37,67[l / \text{min}]}{60[s / \text{min}]} \cdot \frac{1}{V_d[l]} = \frac{0,6278}{V_d} [Hz] \quad \text{[II]}$$

7. Vidareutveckling av Membran i iMetern

Som kan ses i tabell 7-5 nedan är det väldigt liten skillnad på vilken frekvens membran/kolvorna i de olika mätarna måste slå. Det är en något lägre frekvens i triMetern, men det är marginellt. Den sista kolumnen kommer från tabell 7-1 och visar frekvensen för ett membran vid flödet 57 l/min.

Tabell 7-5: Slagfrekvenser för olika membran

Namn	Depl.volym	Frekvens i iMetern 113 l/min	Frekvens i triMetern 113 l/min	Frekvens för ett membran vid 57 l/min
Konkav 1	0,022 l	29,83 Hz	28,24 Hz	40 Hz
Konkav 2	0,138 l	4,82 Hz	4,57 Hz	7 Hz
Konkav 3	0,250 l	2,64 Hz	2,50 Hz	4 Hz
Konkav 4	0,065 l	10,64 Hz	10,08 Hz	15 Hz
Konkav 5	0,050 l	12,92 Hz	12,23 Hz	20 Hz
Rullande	0,052 l	12,75 Hz	12,07 Hz	16 Hz
Rullande*	0,173 l	3,83 Hz	3,63 Hz	5,5 Hz
iMetKolv	0,176 l	3,77 Hz	3,57 Hz	5,4 Hz

Eftersom triMetern har tre kolvar och dessutom fler detaljer i konstruktionen, är det fler delar som kan slitas. Sedan återstår det att se hur pass mycket och snabbt alla detaljer i mätaren slits. Hur som helst medför fler detaljer fler felkällor och det kan vara så illa att servicen tar lång tid och får genomföras mer frekvent.

Det som skiljer i pris mellan de båda mätarna är kanske framförallt att det krävs fler kolvar/membran i triMetern. Dessutom innehåller den som nämnts fler detaljer och en svårare axelutformning med höga toleranskrav. Hur mycket som skiljer i pris är dock svårt att avgöra då triMetern inte är en färdig konstruktion.

triMetern har dock många fördelar när det kommer till implementering av membran. Man kan använda rullade membran och man behöver bara veta utbuktningen vid ändlägena och det spelar nästan ingen roll hur membranet betar sig mellan ändlägena.

triMetern är dock långt ifrån färdigutvecklad och det finns stora möjligheter att bli av med några av de nackdelar den har i nuläget. Ett exempel på en sådan vidareutveckling visas i figur 7-9 nedan, där man har ersatt all leder med en *Swash plate* och kulor som rullar mot plattan och får den att rotera. (Kulorna kan ersättas med rundade hjul i ett senare skede, om det visar sig lämpligare.) Konstruktionen är mycket enklare och man har reducerat antalet kopplingar markant. Nackdelen med konstruktionen är att man har ökat materialåtgången ganska mycket och att plattan inte kan "dra upp" armen, utan endast trycka ner den. Men då det hela tiden är lufttryck på ena sidan kolven/membranet och vätska på andra sidan borde inte detta vara ett problem. Som kan ses i både figur 7-8 och figur 7-9 har även ett kors lagts till som är tänkt att hindra kolven och armen att hamna snett i cylinderhuset.



Figur 7-9: Vidareutveckling av den nya flödesmätaren

Denna utformning gör att lösningen blir betydligt enklare och får färre delar än iMetern och jämnar troligtvis även ut prisskillnaden något mellan mätarna. Dock är förmodligen iMetern fortfarande billigare då den bara har två kolvar/membran. Men eftersom denna utformning av triMetern anses betydligt bättre, kommer denna version att ersätta den tidigare. Den nya versionen är därför den som jämförs nedan och den som kommer att vara med i den kommande utvärderingen.

En sammanfattning av jämförelsen visas i tabell 7-6 nedan.

Tabell 7-6: Sammanfattning av jämförelsen mellan de två flödesmätarna

Respektive mätares fördelar	
triMetern	iMetern
Unilateralt tryck	Mindre
Endast beroende av utbuktning i ändlägena	Anpassad till Dresser Waynes pumpar
Lägre frekvens	Väl beprövad
Möjliggör användning av rullat membran	
Färre delar	

8 Utvärdering

Denna utvärdering består av fyra delar. Först en jämförelse av de olika membranförslagen, i en utvärdering. Därefter en design review av kompletta lösningar där de bästa lösningarna väljs vidare för att utvärderas. Den sista delen är en jämförelse mellan de bästa nya förslagen och iMetern.

Då det är många olika lösningar att välja bland och både membranen och själva flödesmätaren att ta hänsyn till, ska det inledningsvis göras en *concept scoring* på de olika membranförslagen. Detta dels för att kunna reducera antalet lösningar och dels för att få en klarare bild på membranens egenskaper, vilket senare underlättar betyg-sättningen av de kompletta flödesmätarna.

De vidarevalda membranen kommer att kombineras ihop med de olika lösningarna och de mest intressanta lösningarna väljs ut i en *design review*. När antalet lösningar har reducerats ytterligare ska en *concept scoring* genomföras för lösningsförslagen, varefter de bästa lösningsförslagen ska jämföras med dagens iMeter i ytterligare en *concept scoring*.

Hela denna utvärdering är gjord tillsammans med Dresser Waynes Kerstin Holmqvist och Bengt I Larsson. Det var de som valde ut kriterier till respektive utvärdering, från den genererade listan i kapitel 5. *Kriterieframtagning*. Det var även de som gjorde valen i *design reviewn*, bestämde vikten till respektive kriterium och hade sista ordet i betygsättningen.

8.1 Val av membran

Inledningsvis gjordes som nämnts en utvärdering där de olika membranen jämfördes emot varandra. Kriterierna med vikt visas nedan i tabell 8-1. Kriterierna har valts från den genererade listan i kapitel 5. *Kriterieframtagning* och har även kompletterats med några nischade membrankriterier.

8. Utvärdering

Tabell 8-1: Viktade kriterier

Kriterier	Vikt
1 Produkten är liten [m ²]	3
2 Mäter noggrant [%]	5
3 Låg inköpskostnad [kr]	4
4 Låg frekvens/mindre slitage [Hz]	2
5 Lång livslängd [h]	5
6 Är formstabil [m ² /h]	3
7 Konstant effektiv area [%]	1
8 Liten påverkan på övriga konstruktionen []	2

1. Det första kriteriet handlar om hur stor hela lösningen kommer att bli. Ett stort membran ger en stor flödesmätare.
2. Noggrann mätning är, som tidigare nämnts, ett av de svåraste kriterierna att uppnå med membran och anses därför väldigt viktigt.
3. Inköpspriset för ett membran är mycket viktigt då Dresser Wayne säljer så stora kvantiteter.
4. En hög frekvens gör att allt snurrar fortare men också slits fortare. Anledningen till den låga vikten är att den även har med noggrannheten i mätningen att göra och att det därför delvis överlappar kriterium 2.
5. Att flödesmätaren har lång livslängd är mycket viktigt för företaget och är även svårbedömd för membran.
6. Med formstabilitet menas hur membranet deformeras med tiden och därmed ändrar displacementvolymens storlek. Detta är dock något som är relativt lätt att kompensera för.
7. Den konstanta effektiva diametern överlappar återigen noggrannhetskriteriet men kan även ställa till problem i flödesmätaren då undantryckt volym varierar med kolvens förflyttning.
8. Detta innebär att flödesmätarens utformning är så lik dagens som möjligt. Stora förändringar kan innebära att det krävs förändringar på resten av bensenpumpen också.

Kriteriet, *liten flexarea*, valdes bort då den endast ansågs påverka noggrannheten och noggrannheten är redan representerad i andra kriterier.

Resultatet av utvärderingen visas nedan i tabell 8-2. Som kan ses användes det konkava membranet nummer 2, som Freudenberg rekommenderade, som referens. Det membranet fick därför betyg 3 på samtliga kriterier och när andra membran sedan ska betygsättas jämförs varje egenskap mot membran 2. Är membranet bättre än membran 2 på ett visst kriterium tilldelas den betyg 4 eller 5 beroende på hur mycket bättre det är. Är det lika bra tilldelas den betyg 3 och är den sämre tilldelas den betyg 1 eller 2.

8. Utvärdering

Som kuriosa togs alternativet *kolv inklusive tätning* med och som synes fick det högst poäng. Anledningen till detta är dock delvis att generella fördelar med membran som alla membran har gemensamt inte är representerade i utvärderingen. Sådana egenskaper visades tidigare i tabell 7-3.

Tabell 8-2: Utvärdering för olika membrantyper

Concept scoring: Membran	Konkav 1		Konkav 2		Konkav 3		Konkav 4		Konkav 5		Rullande		Rullande*		Kolvtätning		
	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	
Kriterier																	
1 Produkten är liten [m2]	3	5	3	9	1	3	4	12	4	12	4	12	4	12	4	12	4
2 Mäter noggrant [%]	5	1	3	15	3	15	2	10	4	20	4	20	5	25	6	30	6
3 Låg inköpskostnad [kr]	4	4	3	12	1	4	4	16	3	12	5	20	4	16	6	24	4
4 Låg frekvens/mindre slitage [Hz]	2	1	3	6	5	10	2	4	2	4	2	4	4	8	4	8	4
5 Lång livslängd [h]	5	2	3	15	4	20	2	10	3	15	1	5	2	10	1	5	5
6 Är formstabil [m2/h]	3	2	3	9	4	12	3	9	2	6	4	12	4	12	5	15	5
7 Konstant effektiv area [%]	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	5	5	5	5	5	5	5
8 Liten påverkan på övriga konstruktionen []	2	2	3	6	3	6	3	6	2	4	1	2	1	2	5	10	5
Totalt		61		75		73		70		75		83		90		109	
Ranking				3						3		2		1			

Av membranen fick det största rullande membranet högst poäng. Detta beror framförallt på att det är billigt och troligtvis mäter noggrannast av membranen. På andra plats kom det mindre rullande membranet av samma anledning trots att det är så litet och måste slå med en relativt hög frekvens. Då detta membran är så likt det större rullande membranet fast sämre, finns det dock ingen anledning att gå vidare med detta membran. På delad tredjeplats kom det plattare membranet, konkavt membran 5 och membranet som användes som referens, nämligen konkavt membran 2. Anledningen till det plattare membranets höga resultat är dess livslängd och höga noggrannhet. Det plattare membranet hade troligtvis fått ytterligare lite högre poäng om det hade varit lite större. Membran 2 har egentligen bara noggrannheten som stor svaghet och är därför med i toppen.

Att det inte gick bra för konkavt membran 1 beror framförallt på att det är för litet och måste gå på för hög frekvens. Detsamma gäller konkavt membran 4 och motsatt anledning för konkavt membran 3. Det vill säga att membran 3 är för stort och kommer ge en för dyr lösning.

8.2 Val av lösning och jämförelse med dagens iMeter

När membranutvärderingen är utförd, och man vet vilka membran som är lämpligast, har en klarare bild skapats över vilka lösningsalternativ som är rimliga. I membranutvärderingen utvärderades bara membranen oberoende av vilken flödesmätare de ska användas i, medan denna utvärdering värderar hela lösningen inklusive en bestämd membrantyp.

Tillsammans med Dresser Wayne genomfördes en *design review* där ett urval gjordes från nedanstående lösningar.

1. iMeter med konkavt membran 1
2. iMeter med konkavt membran 2
3. iMeter med konkavt membran 3
4. iMeter med konkavt membran 4
5. iMeter med konkavt membran 5 (plattare)
6. iMeter med rullande membran och bälg
7. iMeter med två rullande membran per kolv
8. triMeter med rullande membran
9. triMeter med konkavt membran

Av dessa kompletta lösningar valdes fyra ut till utvärderingen. Dessa var lösning 2, 5, 7 och 8, vilka ska jämföras inbördes mot varandra.

Kriterierna som användes i utvärdering är återigen tagna från kriterielista i kapitel 5 *Kriterieframtagning* och viktade, med hjälp av Dresser Wayne. De kriterierna som användes i utvärderingen och deras viktning visas nedan i tabell 8-3.

8. Utvärdering

Tabell 8-3: Viktade kriterier

Kriterier	Vikt
1 Kräver få förändringar av övriga bränslepumpen [kr&h]	1
2 Mäter noggrant [%]	4
3 Få ingående delar [antal]	3
4 Produkten är liten [m2]	2
5 Lång livslängd [h]	5
6 Mäter noggrant längde/slits lite [h]	5
7 Kräver lite underhåll []	5
8 Låg totalkostnad [kr]	4
9 Sannolikhet att uppfylla samtliga krav []	5

Många av kriterierna är samma som i utvärderingen för membranen. En del av kriterierna som var med i membranutvärdering har dock fått en annan viktning. Detta har olika anledningar, t ex kriterium 4: *Produkten är liten*, ansågs nu inte lika viktig då det inte är så stor storleksskillnad på de kvarvarande lösningarna.

Kommentarer till kriterierna och deras viktning följer nedan:

1. Det går i detta skede tydligare att se hur förändringen av flödesmätaren kommer att påverka bensinpumpen i övrigt. Detta anses dock inte så viktigt.
2. Det finns en viss osäkerhet om noggrannheten kommer att uppfyllas, men så länge mätaren klarar noggrannhetskraven är det tillräckligt. Dessutom har de membranen med högst noggrannhet valts vidare, därav en något lägre viktning nu än tidigare.
3. Få delar ger färre felkällor och oftast en enklare konstruktion vilket anses vara ganska viktigt.
4. Anses inte lika viktigt i denna utvärdering då det inte är så stor storleksskillnad på de kvarvarande lösningarna.
5. Lång livslängd är en av de egenskaperna man vill förbättra med membran istället för kolvar med tätningar. Därför anses detta kriterium mycket viktigt.
6. Är även det en egenskap som man hoppas att implementeringen av membran ska medföra. Ett av de största problemen med dagens iMeter är att tätningarna slits och kolvarna driver.
7. Dresser Waynes mål är att inte behöva underhålla sina flödesmätare över huvud taget och således viktas detta kriterium högt.
8. Kostnaden är viktig men det är viktigare att få ett fungerande alternativ.
9. Detta kriterium gäller framförallt membranen som eventuellt inte kommer att uppfylla livslängds- och noggrannhetskraven.

8. Utvärdering

Resultatet av utvärderingen av de fyra lösningsförslagen visas i tabell 8-4. Som kan ses är det mycket jämt mellan alla lösningar. Som referens användes iMetern med konkavt membran 2 som precis som i föregående utvärdering tilldelades betyg 3 på samtliga kriterier. Det lösningsförslag som fick högst poäng var triMetern med rullande membran. Detta beror framförallt på att mätaren har hög noggrannhet och består av få delar. iMetern med platta membran kom tvåa, beroende på att den både har en lång livslängd och hög noggrannhet. På sista plats hittar vi lösningen med två rullande membran per kolv. Att det gick sämst för denna lösning beror framförallt på att den blir dyrare, större och har fler ingående delar. Att referenslösningen kom näst sist beror framförallt på att den har sämst noggrannhet av de olika lösningarna.

Tabell 8-4: Utvärdering av de nya lösningarna

Concept scoring: Lösningsförslag		iMeter & konkav 2		iMeter & rullande*		triMeter & rullande*		iMeter & Platt	
Kriterier	Vikt	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg
1 Kräver få förändringar av övriga bränslepumpen [kr&h]	1	3	3	2	2	2	2	2	2
2 Mäter noggrant [%] (Utbuktning)	4	3	12	4	16	5	20	4	16
3 Få ingående delar [antal]	3	3	9	2	6	4	12	3	9
4 Produkten är liten [m2]	2	3	6	3	6	2	4	2	4
5 Lång livslängd [h]	5	3	15	2	10	2	10	4	20
6 Mäter noggrant länge/slits lite [h]	5	3	15	4	20	4	20	3	15
7 Kräver lite underhåll []	5	3	15	3	15	3	15	3	15
8 Låg totalkostnad [kr]	4	3	12	2	8	3	12	2	8
9 Sannolikhet att uppfylla samtliga krav []	5	3	15	3	15	3	15	4	20
Totalt			102		98		110		109
Ranking			3		4		1		2

De två lösningsförslag det gick bäst för, triMetern med rullande membran och iMetern med plattare membran, kommer att jämföras med nuvarande iMetern, d.v.s. med kolvar, i en separat *Concept scoring*. Jämförelsen visas i tabell 8-5.

Initialt var det tänkt att denna jämförelse med dagens produkt skulle innehålla andra kriterier än membranlösningarnas utvärdering, och därför göras separat. Dock ansåg Dresser Wayne att kriterier som *Lite läckage* var tillräckligt representerade i andra kriterier, i detta fall i noggrannhetskriteriet. Av denna anledning användes samma kriterier som i föregående utvärdering, mellan de nya flödesmätarna. Därmed är viktningen även densamma som i föregående utvärdering. Denna gång användes dagens iMeter med kolvar som referens, och en annan referens medför andra poäng.

8. Utvärdering

Tabell 8-5: Jämförelse med dagens iMeter.

Concept scoring: Nya lösningar vs. iMeter		iMeter		triMeter & rullande*		iMeter & Platt	
Kriterier	Vikt	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg
1 Kräver få förändringar av övriga bränslepumpen [kr&h]	1	3	3	2	2	2	2
2 Mäter noggrant [%]	4	3	12	2	8	2	8
3 Få ingående delar [antal]	3	3	9	4	12	3	9
4 Produkten är liten [m2]	2	3	6	2	4	2	4
5 Lång livslängd [h]	5	3	15	4	20	5	25
6 Mäter noggrant längde/slits lite [h]	5	3	15	4	20	3	15
7 Kräver lite underhåll []	5	3	15	4	20	4	20
8 Låg totalkostnad [kr]	4	3	12	2	8	2	8
9 Sannolikhet att uppfylla samtliga krav []	5	3	15	2	10	2	10
Totalt			102		104		101
Ranking			2		1		3

Denna utvärdering blev, som kan ses, oerhört jämn. Det skiljer endast 3 poäng mellan den bästa och den sämsta lösningen. En liten annorlunda viktning så kunde placeringarna se annorlunda ut. Högst poäng fick triMetern, mest beroende på att den är uthållig och mäter noggrant längde. Det är dock ett stort frågetecken om livslängden, då Freudenberg inte sätter ut livslängd på sina membran och rullande membran är den membrantyp med kortast livslängd.

Därför beslutades det att först göra en djupare undersökning om rullande membrans livslängd för att få ett ungefärligt värde. Om inte en tillräckligt lång livslängd går att uppnå ska istället lösningen med plattare membran i iMetern vidareutvecklas. Dessutom har möjligheten att använda metallmembran inte undersökts. Initialt känns metallmembran som ett alternativ som borde ha längre livslängd och högre noggrannhet än gummimembran och därför kommer även denna möjlighet undersökas.

9 Kompletterande research och vidareutveckling

Då det var tveksamt huruvida gummimembranen skulle klara livslängdskraven kommer den tidigare genomförda förundersökningen att kompletteras med ytterligare en research. Dessutom ska möjligheten av användning av metallmembran undersökas vilket missades i förundersökningen.

9.1 Gummimembran

Då det fanns tvivel om huruvida de rullande membranerna skulle ha tillräckligt lång livslängd kontaktades återigen Freudenberg's utvecklingsavdelning i Tyskland. Tyvärr konstaterade de att de rullande membranerna inte har tillräckligt lång livslängd. Av denna anledning kommer lösningen, med triMetern och rullande membran, väljas bort. Därför kommer istället lösningen med iMetern och plattare membran att undersökas vidare.

Då Freudenberg föreslog de tidigare nämnda membranalternativen, antydde de att membranalternativen eventuellt skulle få svårt att uppfylla livslängdskravet. Men när de pressades på ett svar visade det sig att deras bästa pumpmembran hade en livslängd mellan $3 \cdot 10^6$ till $5 \cdot 10^6$ slag. Vilket innebär att de membran de föreslagit tidigare troligtvis har betydligt kortare livslängd. En livslängd på 3 till $5 \cdot 10^6$ slag innebär att för att $10 \cdot 10^6$ liter ska gå igenom flödesmätaren under dess livslängd måste de två membranerna ha en displacementvolym på runt 0,7 liter vilket är flera gånger större än de membranerna de föreslagit tidigare.

Pumpmembranerna är av den typ som det plattare membran 5 är, se bilaga C.5. På dessa membrantyper är förhållandet mellan ytterdiametern och slaglängden som störst 0,15 till 0,20. Membranerna med förhållandet 0,15 är de som har längst livslängd, det vill säga $5 \cdot 10^6$ slag. Utifrån denna vetskap och relativt många approximationer och antaganden gjordes nedanstående uträkning.

ε – är förhållandet mellan ytterdiametern D_{outer} och slaglängden H_g

n – är membranets livslängd i antal slag

V_d – är en membransidas displacementvolym

N – är 2,84 dvs. antalet verksamma membransidor i iMetern

V – är $10 \cdot 10^6$ liter, livslängdskravet på flödesmätaren i liter

$$V_d = \frac{V}{N * n}$$

$$V_d = \frac{H_g \pi}{3} (R1^2 + R2^2 + R1R2)$$

Deplacementet kan enligt ovan uttryckas på två sätt. Antingen från livslängdskravet eller från membranets storlek.

D_c – är cylinderdiametern och antas vara 15 mm mindre än ytterdiametern

$R1$ – visas i figuren i bilaga C.12

$R2$ – visas i figuren i bilaga C.12 och har antagits ha samma förhållande mellan $R1$ och D_c som konkavt membran 5 har.

$$\left. \begin{aligned} D_c &= D_{outer} - 0,15dm \\ R1 &= D_c / 2 \\ R2 &= 0,30D_c \\ H_g &= \epsilon D_{outer} = \epsilon(D_c + 0,15dm) \approx \epsilon D_c \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$V_d = \epsilon D_c \frac{\pi}{3} D_c^2 (0,25 + 0,09 + 0,15) = 0,16333 D_c^3 \pi \epsilon = \frac{V}{N * n} \Rightarrow$$

$$D_c = \sqrt[3]{\frac{10 * 10^6}{2,84 * 0,16333 * \pi \epsilon}} = \sqrt[3]{\frac{6862099}{n \epsilon}}$$

$$F = \frac{q}{N * V_d} = \frac{113[liter / min]}{2,84 * V_d} = \frac{113 / 60[liter / s]}{2,84 * V_d}$$

F – är den maximala frekvensen ett membran kommer att slå med i iMetern. Dvs. frekvensen vid maximal flödeshastighet.

Utifrån dessa uträkningar kan tabell 9-1 göras. Det har antagits att det finns ett linjärt samband mellan n och ϵ , förutom i alternativ * som är ett *Best Case Scenario* och därför har räknats ut med både det största n - och ϵ - värdet.

Tabell 9-1: Storlek på pumpmembran med tillräckligt lång livslängd

	n [strokes]	ϵ	D_c [dm]	H_g [mm]	D_{outer} [dm]	V_d [litres]	F [Hz]
1	$5 \cdot 10^6$	0,15	2,09	33,6	2,24	0,703	0,94
2	$4 \cdot 10^6$	0,175	2,14	40,1	2,29	0,880	0,75
3	$3 \cdot 10^6$	0,20	2,25	48,1	2,40	1,169	0,57
*	$5 \cdot 10^6$	0,20	1,90	41,0	2,05	0,704	0,94

Av dessa alternativ är alternativ 1 att föredra, då den både har en relativt liten diameter och den kortaste slaglängden, vilket dessutom ger minst displacementvolym. Frekvensen är så låg för samtliga alternativ att den inte spelar någon roll. Det näst bästa alternativet är * som har den minsta diametern, men den är som tidigare nämnt ett *Best Case Scenario*.

Dock är inget av alternativen tillräckligt bra. De är för stora och även om Dresser Wayne skulle klara av att klämma in en flödesmätare, med de membranen, i bensinpumpshuset efter viss omkonstruktion, så är den för dyr. Dels är membran i den storleken mycket dyra och dels kommer materialåtgången på resterande delar av mätaren öka markant. Freudenberg tog ändå fram en ritning på hur detta membran skulle kunna se ut, vilken återfinns i bilaga C.6.

Även andra företag som tillverkar gummimembran har kontaktats, däribland *Fujikura Rubber Ltd*, *Metflex* och *DiaCom*. Ingen av dessa företag kan heller erbjuda ett tillräckligt litet membran med tillräckligt lång livslängd. Av denna anledning återstår bara alternativet att använda metallmembran.

9.2 Metall-/Teflonmembran

För att behålla ungefär samma frekvens på iMetern, ska displacementvolymen ligga på runt 0.175 l. Om man utgår från denna displacementvolym och livslängdskravet på flödesmätaren, 10^7 passerade liter, kan man räkna ut den erforderliga utmattningsgränsen enligt följande (samma betäckningar som i tidigare uträkningar är använda):

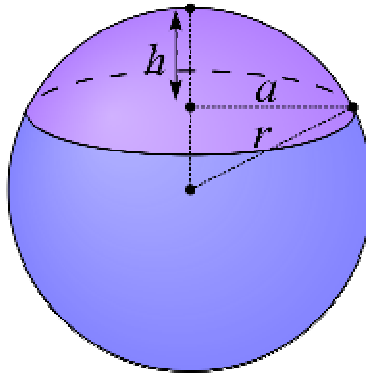
$$n = \frac{V}{N \cdot V_d} = \frac{10^7}{2,84 \cdot 0,175} = 2,012 \cdot 10^7 \text{ cykler}$$

Det är en utmattningsgräns som går att uppnå för metallmembran som ofta tillverkas i rostfritt stål.

Det tyska företaget LEWA GmbH som tillverkar pumpar med metallmembran har kontaktats för att konsulteras om metallmembran. LEWA tillverkar nämligen pumpar med både metall- och teflonmembran som de själv tillverkar och även säljer som reservdelar, vilka båda två uppfyller livslängdskravet.

Enligt Rudy Rossner²⁰ på LEWA kan ett metallmembran maximalt ha en deflektion på mellan 2-2,5%, medan ett teflonmembran, som också är ett alternativ, kan ha en deflektion på mellan 10-12%. Alltså är metallmembran större och plattare medan teflonmembranen blir mer lika de konkava gummimembranen som tidigare tagits upp.

Med denna deflektion känd kan man approximativt räkna ut displacementvolymen för olika storlekar på teflon- och metallmembran. Detta görs genom att räkna ut volymen för ett sfäriskt segment (kalott i figur 9-1 nedan) där a är halva membranets diameter och h är deflektionen multiplicerat med membranets diameter.



Figur 9-1: Volymen av ett sfäriskt segment [15]

V = volymen för ett sfäriskt segment

d = membranets diameter

ξ = membranets deflektion

V_d = membranets displacementvolym

$$V = \frac{\pi h^2}{3} (3r - h) = \frac{\pi h}{6} (3a^2 + h^2) = \left[\begin{array}{l} a = d / 2 \\ h = \xi d \end{array} \right] = \frac{\pi d^3}{6} \xi \left(\frac{3}{4} + \xi^2 \right)$$

Men det är två sfäriska segment som bildar den totala displacementvolymen V_d och därför blir formeln för displacementvolymen:

$$V_d = 2V = \frac{\pi d^3}{3} \xi \left(\frac{3}{4} + \xi^2 \right)$$

²⁰Rossner, Rudy, ingenjör, LEWA USA Hollistone MA, mail 3 mars 2010

Från denna formel kan tabell 9-2 genereras. Diametern som anges är membranets diameter och d i formeln ovan. Slaglängden räknas ut som $h_g=2*h=2*\zeta*d$. För att räkna ut vilken frekvens i Metern maximalt kommer att få (d.v.s. vid det maximala flödet 113 l/min) har formel I i kapitel 7.5.3 använts. Denna säger att den maximala frekvensen i iMetern kan räknas ut enligt följande:

$$f = \frac{0.663[l/s]}{V_d[l]}$$

Tabell 9-2: Sammanfattning av olika teflon- och metallmembran

Namn	Diameter	Deflektion	Slaglängd	Depl.volym	Frekvens i iMetern
T120	120 mm	12 %	28,8 mm	166 cm ³	4,0 Hz
T125	125 mm	12 %	30,0 mm	188 cm ³	3,5 Hz
T130	130 mm	12 %	31,2 mm	211 cm ³	3,1 Hz
T130*	130 mm	10 %	26,0 mm	175 cm ³	3,8 Hz
M200	200 mm	2,5 %	10,00 mm	157 cm ³	4,2 Hz
M205	205 mm	2,5 %	10,25 mm	169 cm ³	3,9 Hz
M210	210 mm	2,5 %	10,50 mm	182 cm ³	3,6 Hz
M225*	225 mm	2,0 %	9,00 mm	179 cm ³	3,7 Hz

Som kan ses av resultatet i tabell 9-2 är skillnaden mellan den lägsta och högsta frekvensen endast 1,1 Hz. Detta är dock många slag efter 5000 timmar i drift och har därför en ganska stor betydelse för livslängden.

Enligt Rudy Rossner²¹ är den maximala frekvensen för dessa metall- och teflonmembran uppskattningsvis 4 Hz. Eftersom detta är ett uppskattat värde är det lämpligt att i varje fall ligga en bit under denna frekvens. Rossner uppskattade även livslängden i detta förhållande (med ett arbetstryck på 3,5 bar med tryckpikar på 18 bar) till mellan 20 000 och 30 000 timmar, vilket är klart över Dresser Waynes krav på 5 000 timmar.

Rossner säger även att teflon egentligen är olämplig att använda med olika bränslen och att en viss permeation av lättare kolväten kommer att uppstå, men han tror samtidigt inte att detta kommer att vara ett problem. Dock är detta något som måste undersökas närmare.

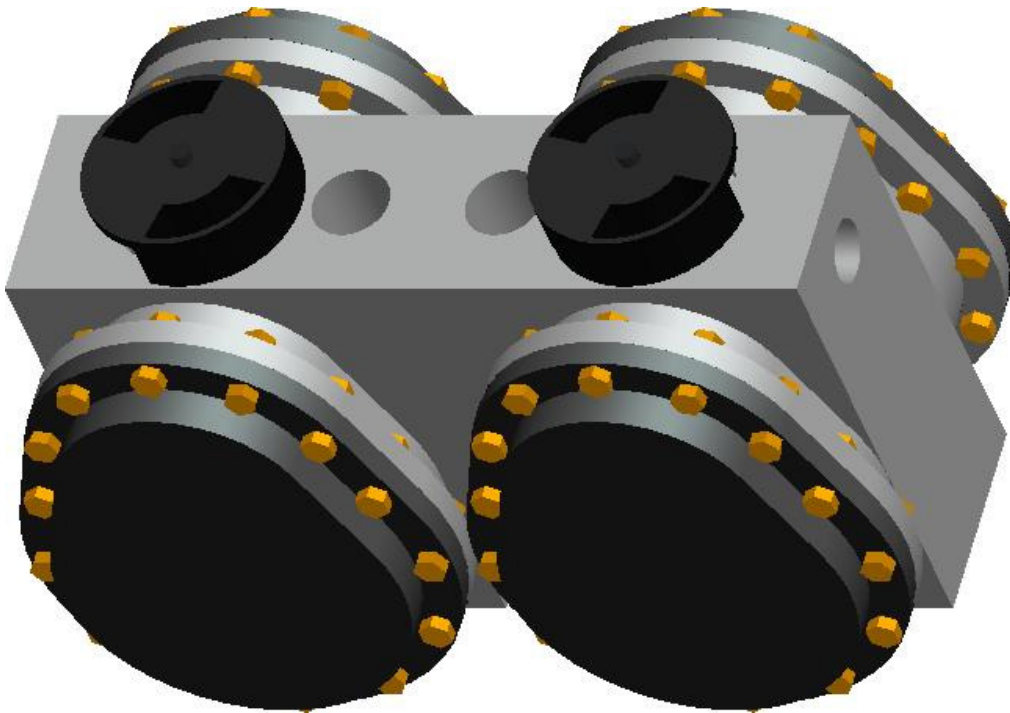
Med denna vetskap kan man göra ett val mellan alternativen i tabell 9-2 ovan. Av teflonmembranen är det T125 som är det minsta alternativet som inte ligger för nära 4 Hz gränsen. Av metallmembranen är det M210 och M225* som inte ligger för nära 4 Hz gränsen. Vilket av dessa två membran man väljer är beroende av konstruktionen och vilken dimension som man vill ha minst, diametern eller slaglängden. I denna konstruktion krävs det ett visst avstånd mellan membraninfästningen och iMeterns

²¹ Rossner, Rudy, ingenjör, LEWA USA Hollistone MA, mail 30 april 2010

mittdel och dessutom behöver flödesmätarens ytterdel en viss längd, som är betydligt större än båda membranens halva slaglängd (förklaras närmare i kommande avsnitt).

9.2.1 Anpassning av iMetern för M210 och T125

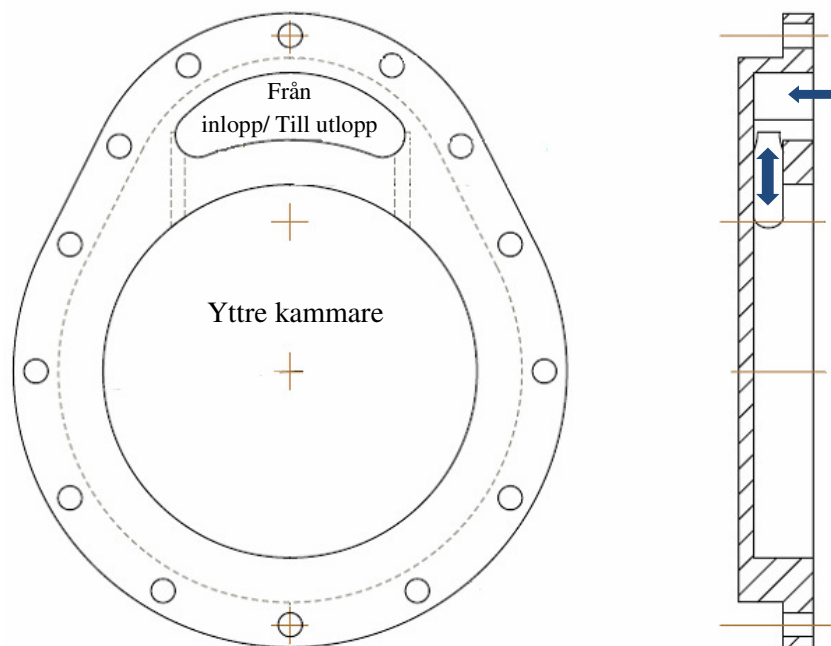
I bilaga D.1 - D.4 visas några ritningar över iMetern med membranen T125 respektive M210 implementerade. Ritningen över iMetern med M210 visar endast några få utvalda mått medan det finns utförligare ritningar över iMetern med T125. (Anledningen till att det finns fler detaljerade ritningar till iMetern med T125 är att konstruktionerna är desamma i olika storlekar och dessutom är det inte några färdiga konstruktioner). I figur 9-2 ser man hur iMetern med T125 skulle kunna se ut. Locket som stänger inne vätska och separerar de två flödesmätarna har inte tagits med då denna inte har någon annan funktion.



Figur 9-2: iMetern med T125

Om man studerar bilaga D.3 och D.4 kan man se varför små slaglängder i denna storleksklass inte är begränsande. I bilaga D.1 och D.2 ser man att det krävs ett visst avstånd mellan flänsar och mittdel för att kunna montera skruvar och muttrar, och i bilaga D.4 och figur 9-3 ser man att ytterdelen har en i figuren vertikal flödesväg som gör att en kortare slaglängd inte påverkar denna dels storlek. Pilarna visar flödesvägen till/från en yttre kammare från inloppet/till utloppet.

De stora skillnaderna mellan denna flödesmätare och den vanliga iMetern, förutom att kolvorna är ersatta av membran, är ytterdelens utseende. I iMetern är ytterdelens enda funktion att skapa en väg till/från de yttre kamrarna, medans ytterdelen i iMetern med membran även har funktionen att spänna in membranet. Av denna anledning räcker troligtvis inte de fyra skruvar som tidigare spänt ytterdelen mot mittdelen och har därför ersatts av ett större skruvförband. Noterbart är att detta förband inte är dimensionerat utan endast symboliskt utsatt.



Figur 9-3: Ytterdelens funktion

Om man studerar de två översta vyerna i bilaga D.3, ser man att där är ett spår runt cylinderhuset. Detta spår är till för att dels spänna in membranet och dels ge membranet möjlighet att röra sig i radiell riktning när membranet slår. I övrigt är denna del i stora drag densamma som i iMetern med kolvar.

En alternativ lösning är att ha ett runt skruvförband och en rördragning eller slang för att transportera vätskan mellan mittdel och ytterdelarna. Detta innebär att det blir fler delar och eventuellt även ett svetssteg i produktionen för att fästa nipplar på de olika delarna. Ett annat alternativ är ett extra bearbetningssteg där man gängar hål i godset. Gängade hål hade även kunnat användas i flänsarna på mittdelen för att slippa använda muttrar och därmed även minska avståndet till flänsen på mittdelen.

De övriga delarna i konstruktionen: lock, ventil, lagringar och axel inklusive kammar och styrarmar, kräver ingen större omkonstruktion med undantag av styrningen som måste göras om då slaglängden skiljer sig vilket påverkar storleken på kammarna och styrarmarna.

Prismässigt uppskattade Rossner²² att teflonmembran är dubbelt så dyra som metallmembran. Men å andra sidan har metallmembranen en större mantelarea vilket jämnar ut prisskillnaden. Ett teflonmembran med displacementvolymen 170 cm³ estimerades till runt \$20 styck för en kvantitet på runt 20 000 membran per år.

Om man jämför storleken på iMetern med T125 och M210, vilket kan göras i bilaga D.1 och D.2, får man följande yttermått: M210 520x190x310, T125 380x190x230. D.v.s. att volymen för iMetern med M210 är nästan 85 % större, än volymen för iMetern med T125. Om man sätter dessa volymer i relation till dagens iMeter med yttermått 150*220*200, så är iMetern med M210 4,6 gånger så stor och iMetern med T125 2,5 gånger så stor. Då denna storleksökning är alldeles för stor kommer iMetern med M210 inte att studeras vidare i detta arbete. iMetern med T125 membran anses dock vara liten nog för att kunna bli en bättre flödesmätare än iMetern med kolvar.

iMetern med membran är även ett ganska osäkert kort trots att den enda väsentliga skillnaden är att kolvarna ersatts med membran. Detta beror på att förflyttningshastigheten av en kolva i axialled är proportionerlig med in-/utflödet till en yttre kammare, medans den inte är det för ett membran. Detta kan dels leda till en något ryckig rörelse och eventuellt även påverka mätnoggrannheten.

Det är dessutom fortfarande oklart huruvida teflonmembranen klarar de olika bränslena och temperaturvariationerna i omgivningen. Detta är information som inte påträffats i någon litteratur och ingen av källorna till rapporten kunnat svara på. Av denna anledning kommer det i kommande utvärdering antas att teflonmembranen uppfyller dessa högst väsentliga kriterier och detta får eventuellt bli något som Dresser Wayne själv får undersöka i framtiden.

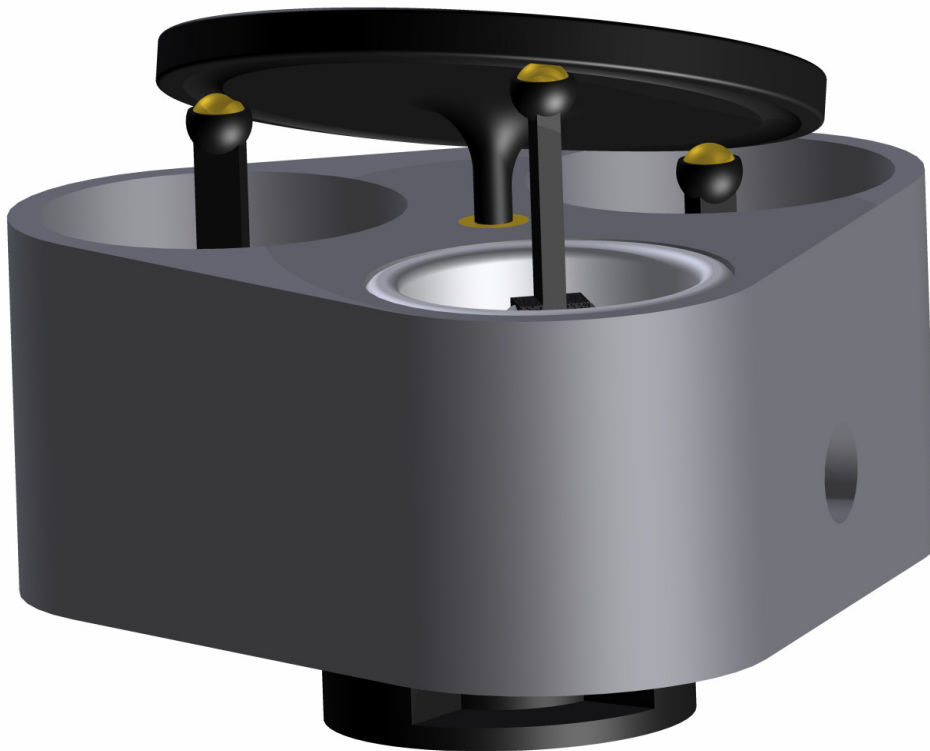
9.3 triMetern

Eftersom det i denna kompletterande research visade sig att gummimembran har för kort livslängd valdes förra utvärderingens vinnare bort, triMetern med rullande gummimembran. triMetern kan dock lika gärna tillverkas med kolvar som med membran och är, med tanke på förra utvärderingens resultat, en lösning som borde tas med. Därför har en mindre vidareutveckling gjorts på triMetern då den anpassats till kolvar, vilket har gjort att storleken kunnat reduceras något. Lösningen är visserligen fortfarande cirka 50 % större än iMetern men samtidigt består den av färre delar och använder sig av en annan styrning. Det är just styrningen i iMetern som inte fungerar riktigt som den ska vilket gör att många iMetrar börjar driva till bekostnad av mätnoggrannheten.

I bilaga D.5-D.10 visas preliminära ritningar över triMetern och i figur 9-4 nedan visas en bild på hur triMetern med kolvar skulle kunna se ut.

²² Rossner, Rudy, ingenjör, LEWA USA Hollistone MA, mail 30 mars 2010

Noterbart är att triMetern är utformad med samma cylinderdiameter som iMetern och slaglängden 45 mm vilket gör att 0.64 l/varv pumpas ur triMetern jämfört med iMeterns 0,50 l/varv. Alltså slår triMetern med en lägre frekvens, för ett visst utflöde, vilket kan vara fördelaktigt med tanke på mätnoggrannhet och livslängd. Alternativt hade man istället kunnat reducera triMeterns storlek om det prioriteras istället. Om triMetern görs med samma cylinderdiameter och slaglängd (37mm) som iMetern, pumpar triMetern ut 0,53 l/varv och höjden på mätaren minskas med 16 mm. (Kortas slaglängden med X mm kan huset kortas med X mm; detta gör att armarna kan kortas med X mm vilket leder till att armarna sticker upp X mm mindre över huset i sitt ytterläge och totalt minskas därför triMeterns höjd med 2X mm. Noterbart är att swashplatens vinkel måste ändras) Om triMetern görs med samma cylinderdiameter och frekvens (0,5 l/varv) blir slaglängden drygt 35mm vilket gör att triMetern blir nästan 20 mm kortare än den på ritningen. Då blir triMetern bara 38% större än iMetern.



Figur 9-4: triMetern med kolvar

9. Kompletterande research och vidareutveckling

Den vidareutveckling som genomförts på triMetern har resulterat i följande förändringar:

1. Ett spår i Swash platen
2. En kortare axel till Swash platen
3. Kortare armar mellan kolv och kula
4. Ett 5 mm lägre hus
5. 25 mm höga kolvar

Spåret i den snedställda plattan (swash plate), är till för att hindra kulorna från att vilja gå in/ut från/mot centrum från plattan och därmed snedställa kolven. Detta löser dock bara problemet i radiell riktning och problemet i den tangentiella riktningen kvarstår. Detta hoppas dock lösas med den 25 mm höga kolven, men eventuellt kommande tester får utvisa huruvida detta är en tillräckligt bra lösning.

10 Slutlig utvärdering

I denna utvärdering kommer två nya lösningar att jämföras med dagens iMetern i en Concept Scoring. Dessa lösningar är iMetern med teflonmembranen T125 och triMetern med kolvar.

Utvärderingen kommer att bestå av precis samma kriterier och viktning som i tidigare utvärdering och kommer därför inte att förklaras noggrannare. Att tänka på är att triMetern och iMetern med teflonmembran inte är några testade lösningar och betygsättningen därför är baserad på antagande. Detta kompenseras dock av kriteriet: 9. *Sannolikhet att uppfylla samtliga krav.* I tabell 10-1 visas resultatet av denna slutliga utvärdering.

Tabell 10-1: Concept Scoring mellan iMeter och två nya flödesmätare

Concept scoring: Nya lösningar vs. iMeter		iMeter		triMeter		iMeter med T125	
		Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg	Betyg	Viktat betyg
Kriterier	Vikt						
1 Kräver få förändringar av övriga bränslepumpen [kr&h]	1	3	3	2	2	1	1
2 Mäter noggrant [%]	4	3	12	3	12	2	8
3 Få ingående delar [antal]	3	3	9	4	12	3	9
4 Produkten är liten [m2]	2	3	6	2	4	1	2
5 Lång livslängd [h]	5	3	15	4	20	5	25
6 Mäter noggrant länge/slits lite [h]	5	3	15	4	20	3	15
7 Kräver lite underhåll []	5	3	15	3	15	4	20
8 Låg totalkostnad [kr]	4	3	12	3	12	2	8
9 Sannolikhet att uppfylla samtliga krav []	5	3	15	2	10	1	5
Totalt			102		107		93
Ranking			2		1		3

En motivation till betygsättningen följer nedan:

1. Givetvis krävs det förändringar i den övriga bensenpumpen om flödesmätaren byts ut. Anledningen till att det krävs en större förändring på membranmätaren, trots att konstruktionen är mer lik, beror på att den är så mycket större; triMetern är bara 1,5 gånger större än iMetern medan membranmätaren är 2,5 gånger så stor.

10. Slutlig utvärdering

2. Mätnoggrannheten kommer troligtvis vara något sämre för en membranmätare, dels p.g.a. membranets elasticitet och dels beroende på att det inte finns något linjärt samband mellan styrarmarnas förflyttningshastighet och flödet. Däremot är förhoppningen att man ska uppnå samma noggrannhet med triMetern som med iMetern.
3. Båda iMeterna består av lika många delar så när som på antalet skruvar, medan triMetern har något färre delar, därav den högre betygsättningen.
4. Se punkt 1.
5. Livslängden är det man hoppas att förlänga med dessa nya flödesmätare och teflonmembranens livslängd på 20-30 000 timmar jämfört med iMeterns 5000 timmar är en klar förbättring. Förhoppningen är även att triMeterns styrning ska förlänga livslängden något.
6. Eftersom styrningen är det som gör att iMetern driver får iMetern med membran samma betyg. Man skulle dock kunna tänka att den längre livslängden kompenserar upp betyget för de gånger då iMetern inte driver. triMeterns styrning hoppas dock kunna ge en förbättring på denna punkt.
7. Membran kräver generellt sätt mindre underhåll än kolvar och har dessutom en längre livslängd.
8. Membranen är dyrare än kolvar. Den extra kolven i triMetern kompenseras av en enklare konstruktion i övrigt.
9. Eftersom de två nya lösningarna inte är testade blir sannolikheten lägre att de uppfyller alla krav. Eventuellt hade man kunnat se det som att iMetern i många fall inte uppfyller alla krav (de tillfällen då den driver) och därför ge de nya lösningarna ett något högre betyg. Detta är dock inte gjort i detta fall. Anledningen till membranmätarens betyg 1 i beror framförallt på osäkerheten om teflonmembran fungerar i olika bränslen, men även på mätnoggrannheten.

Anledningen till att triMetern får den högsta poängen är förhoppningarna om att den ska fungera längre än dagens iMeter, och inte heller ha några driftproblem under dess livslängd. Att det inte gick lika bra för membranmätaren beror framförallt på dess storlek och osäkerheten om lösningen kommer att fungera.

triMetern är dock som tidigare nämnt en oprövad lösning och det finns en del osäkerheter med den nya styrningen och olika tester är därför definitivt nödvändiga.

11 Slutsatser och rekommendationer

Resultatet av examensarbetet samt andra slutsatser som dragits under projektets gång har sammanfattats nedan. Dresser Wayne har även fått rekommendationer om hur de ska följa upp detta examensarbete.

Resultatet av utvecklingsprocessen visade inledningsvis att Dresser Wayne gjorde helt rätt i att tillverka sina egna displacementmätare. Detta beror framförallt på att de lyckas tillverka en bra mätare till en mycket låg kostnad. De andra teknologierna som tillförde någon förbättring var helt enkelt för dyra.

Dresser Waynes idé om att implementera membran i flödesmätaren såg till en början lovande ut, men det visade sig, efter en utförlig utredning, att de inte riktigt räckte till. Gummimembranen har antingen en för kort livslängd eller så är de för stora. Metallmembranen uppfyller livslängdskravet med råge, men har istället en för liten deflektion. Detta innebär att det krävs en mycket stor diameter för att komma upp i de volymer som ger en tillräckligt låg frekvens. Denna stora diameter gör att iMetern blir mycket stor. Teflonmembranen kan däremot tillverkas med cirka fem gånger större deflektion som metallmembranen och får därför en mindre diameter som ger en mindre iMeter. Dock är flödesmätaren fortfarande 2,5 gånger så stor som dagens iMeter och det finns en osäkerhet huruvida teflon är inerta mot de olika bränslena.

I den sista utvärderingen jämfördes iMetern med triMetern med kolvar och iMetern med teflonmembran. Resultatet av denna utvärdering var att triMetern fick högst poäng beroende på en enklare konstruktion och förhoppningar om längre livslängd och färre driftproblem. Av denna anledning rekommenderas Dresser Wayne att vidareutveckla denna lösning för att sedan kunna bygga prototyper och göra tester.

Anmärkningsvärt är att om sannolikheten varit större att teflonmembransmätaren uppfyllt alla krav, skulle den fått en högre poäng än iMetern i den sista utvärderingen. Dresser Wayne rekommenderas därför att slutföra researchen om teflonmembran för att eventuellt fortsätta på idén med teflonmembran i iMetern. Eftersom metallmembranen uppfyllde alla krav, hade Dresser Wayne även kunnat undersöka möjligheten till en ny utformning på en flödesmätare som är bättre anpassad till stora, platta metallmembran. Hade en mindre metallmembransmätare kunnat utformas hade den haft stora möjligheter att bli bättre än iMetern. Kontaktuppgifter till den i detta projekt använda källan till teflon- och metallmembran lämnas gärna över till Dresser Wayne. Om det å andra sidan visar sig att varken metall- eller teflonmätarna blir bra nog hade Dresser Wayne kunna lägga idén med membran åt sidan tills bättre membran utvecklats.

11. Slutsatser och rekommendationer

En annan detalj som Dresser Wayne eventuellt borde undersöka är styrarmarnas utformning. Infästningen till kolven i iMetern gör att kraftöverföringen inte sker direkt på kolvens mittpunkt och därför skapas ett vridmoment, vilket blir ganska stort med tryckpikar på 18 bar. Även kraftöverföringen från kamaxeln till styrarmarna gör att kolvarna vill snedställas. Detta kan eventuellt vara en anledning till att iMetern driver. Men även om det inte är fallet, orsakar det onödigt slitage på kolvtätningarna.

12 Diskussion

Då examensarbetet inte följt den väl beprövade produktutvecklingsmetodiken till punkt och pricka kan man diskutera huruvida projektet genomförts på bästa sätt. I detta kapitel diskuteras därför projektets genomförande, men även rapportens upplägg samt hur bra examensarbetet uppfyllt de mål som sattes upp i början av projektet.

Förundersökningen är ett kritiskt steg i ett produktutvecklingsprojekt och har ofta stor betydelse för projektets slutliga resultat. I detta fall hade dock framförallt den del av förundersökningen som undersökte möjligheten att köpa in flödesmätare externt, kunnat göras lite mer utförligt. Men i detta fall har förundersökningen bedömts vara lagom stor med tanke på projektets tidsbegränsning.

Om man ser till metodiken i övrigt så följde den inte riktigt *Ulrich* och *Eppingers* steg. Till en början fanns det för många olika infallsvinklar att undersöka och eventuellt borde projektet ha avgränsats mer. Att en avgränsning inte genomfördes ledde till att projektet spretade åt för många håll och att inte allt undersöktes så noggrant som det kanske borde ha gjorts. De infallsvinklar med liten sannolikhet att generera bra resultat motiverades istället bort, vilket givetvis kan jämföras med en avgränsning med motivation. Men sanningen är att det lades ner tid på flera olika håll istället för mycket tid på några få håll. Detta innebär att de lösningar som inte uppkommit direkt har missats. Efter denna ursällning av infallsvinklar återstod bara en, vilken lyckligtvis var den infallsvinkel *Dresser Wayne* var mest intresserade av att få undersökt.

Om man ser till rapportens utformning kan eventuellt kapitel 6 och 7 upplevas som något röriga. Rapporten är skriven i någon form av kronologisk ordning dels för att den ska vara lättföljd och dels för att det varit det enda att göra. Att rapportskrivning många gånger varit det enda att göra har berott på att väsentliga svar från olika kontaktpersoner dragit ut på tiden. Detta har även gjort att hela projektet dragit ut på tiden. Sedan årsskiftet har i genomsnitt mindre än 10 % av heltid lagts ner på arbetet då det många gånger tagit mer än två veckor att få svar från olika kontaktpersoner och arbetet därför stått still. Detta har gjort att den planering som gjordes i inledningen av projektet endast följdes initialt. Projektet har sammanlagt tagit cirka dubbelt så lång tid som planerat. Då har ändå projektet avrundats innan researchen av teflonmembran hann avslutas. Att researchen inte avslutades beror även på att kontakten var ovillig att lägga ner mer tid på att hjälpa till då han inte fick reda på vem projektgivaren var. *Dresser Wayne* ville nämligen inte att konkurrenterna skulle få reda på att de undersöker möjligheten att använda membran i sina flödesmätare.

12. Diskussion

Om man jämför resultaten och slutsatserna med problemställningarna och målen ser man att målen inte riktigt uppfylldes. Förhoppningarna var att den lösning som rekommenderades till Dresser Waynes skulle vara anpassad för implementering i deras bensinpumpar och så pass färdig att prototyper tagits fram eller kunde tas fram av Dresser Wayne utan större omkonstruktioner. De lösningar som rekommenderas är dock bara principiella lösningar och inte alls anpassade för implementering i Dresser Waynes bensinpumpar. Det återstår dessutom en hel del konstruktionsarbete såsom anpassning till bensinpumpen, detaljutformning, massoptimering osv. Förhoppningen är trots detta att Dresser Wayne kommer att avsluta arbetet med den rekommenderade flödesmätaren för att kunna testa den och se om den kan lösa de problem de har med dagens iMeter.

Dresser Wayne fick heller inte ett hundra procentigt besked på om membran var lämpliga att använda i en flödesmätare till deras bensinpumpar. Det som återstår att undersöka är dock bara om teflonmembranen tål de olika bränslen som används i Dresser Waynes bensinpumpar. Däremot fick de svar på att gummimembran har för korta livslängder och att metallmembran får för stor diameter om en tillräckligt stor displacementvolym ska uppnås, vilket i sin tur leder till att hela flödesmätaren blir för stor. Dock skulle de kunna satsa på att ta fram en ny flödesmätare som är bättre anpassad för stora, platta membran.

Det som återstår för Dresser Wayne för att kunna lägga detta projekt bakom sig är alltså en snabb kontakt med Rudy Rossner på LEWA samt att eventuellt färdigställa och testa triMetern.

13 Referenser

De källor som använts i detta examensarbete sammanfattas nedan.

- [1] Studentguiden (2006). Dresser Wayne Pignone (Elektronisk).
<http://www.studentguiden.com/foretagsbanken/detail.asp?Id=289>, 2010-02-26
- [2] Ulrich, KT & Eppinger, SD (2004). Product design and development. McGraw-Hill, New York, USA
- [3] Dresser Wayne (-). iMeter (Elektronisk).
<http://dresserwayne.com/index.cfm/go/product-detail/product/imeter/>, 2010-02-26
- [4] Dresser Wayne (2008). iMeter Fuel Meter (Elektronisk).
http://dresserwayne.com/documents/brochure_ac_imeter_en.pdf, 2010-02-26
- [5] Negley, Scott, Dresser Wayne (2009). Xflo™ Fuel Meter – White paper (Elektronisk).
http://dresserwayne.com/documents/wpaper_ac_xflo_en.pdf, 2010-02-26
- [6] Krohne (-). EMF/Magmeter – Measuring Principle (Elektronisk).
http://www.krohne.com/Measuring_principle_EMF__electromagnetic_flowmeters__en.1343.0.html, 2010-02-26
- [7] Krohne (-). Variable Area Flowmeter – Float Measuring Principle (Elektronisk).
http://www.krohne.com/Measuring_Principle__Variable_Area_Flowmeter__en.732.0.html, 2010-02-26
- [8] Krohne (-). Ultrasonic Flowmeter– Measuring Principle (Elektronisk).
http://www.krohne.com/Measuring_Principle__Ultrasonic_Flowmeters__en.1346.0.html, 2010-02-26
- [9] Krohne (-). Mass Flowmeter– Measuring Principle (Elektronisk).
http://www.krohne.com/Measuring_Principle_Coriolis_Mass_Flowmeters__en.730.0.html, 2010-02-26
- [10] Krohne (2009). Optiswirl 4070 C – Vortex Flowmeter (Elektronisk).
<http://www.krohne-downloadcenter.com>

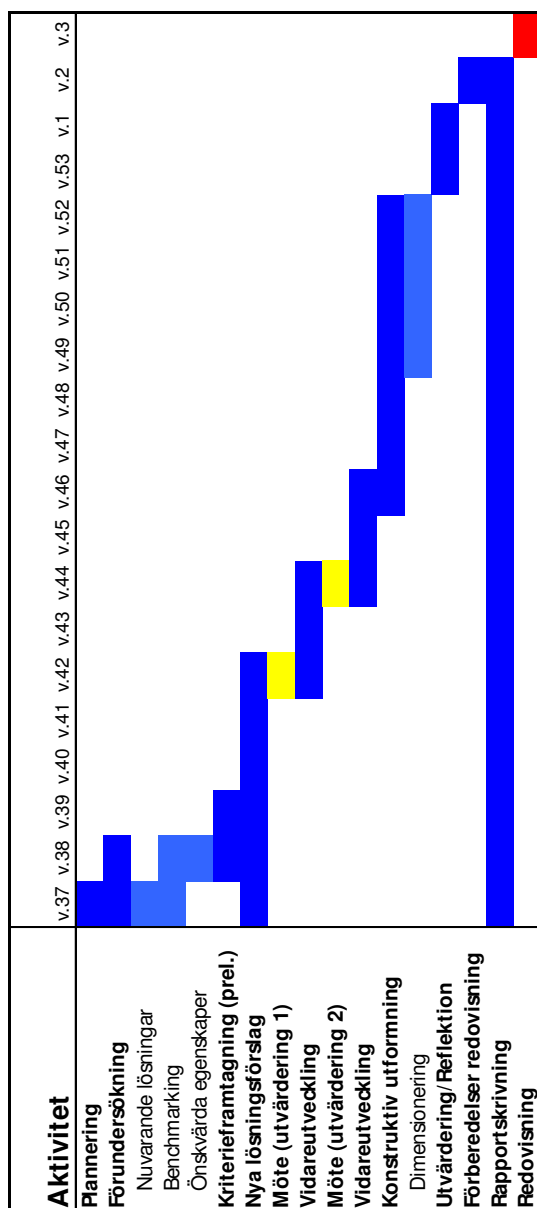
13. Referenser

ter.com/dlc/TD_OPTISWIRL4070C_en_090702_4000165503_R04.pdf,
s. 8, 2010-02-26

- [11] Universal Flow Monitors (-). Differential Pressure Flowmeter (Elektronisk).
http://www.flowmeters.com/ufm/index.cfm?task=differential_pressure, 2010-02-26
- [12] Spirax Sarco (-). Types of Stream Flowmeters – Turbine Flowmeter (Elektronisk). <http://www.spiraxsarco.com/resources/steam-engineering-tutorials/flowmetering/types-of-steam-flowmeter.asp>, 2010-02-26
- [13] Freudenberg Simrit GmbH & Co. KG (2007). Technical Manual. Freudenberg Simrit GmbH & Co. KG
- [14] Olsson, F (1995). Principkonstruktion. Institutionen för Maskinkonstruktion, Lunds tekniska högskola, Lund
- [15] Wikipedia (-). Kugelkalotte (Elektronisk). de.wikipedia.org/wiki/Kugelkalotte, 2010-04-03
- [16] Maritime Park Association (2004). Sources of Hydraulic Power (Elektronisk). <http://www.maritime.org/fleetsub/hydr/chap2.htm>, 2010-08-21

Bilaga A: Planering, Gantt - schema

Tabell A-1: Preliminärt Gantt-schema



Bilaga B: Bränsleegenskaper

B.1 Viskositet

Tabell B-1: Från drivmedlens säkerhetsblad på [B1]

	OKQ8 Bensin 95, 96, 98	OKQ8 Diesel MK1	OKQ8 Diesel B5 MK1	OKQ8 Diesel ECO 20	OKQ8 Etanol E85
Form	Vätska	Vätska	Vätska	Vätska	Vätska
Färg	Ev. färgad	Färglös	Ljusbgul	Färglös	Röd
Utseende	Blank	Blank	Blank	Blank	Blank
Lukt	Karakteris- tisk	Karakteris- tisk	Karakteris- tisk	Karakteris- tisk	Karakteris- tisk
pH	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral	Neutral
Kokintervall, °C	25 - 220	180 - 330	180 - 300	180 - 330	~40 - ~170
Lägsta flyttemp- eratur, °C	< -50	< -24	< -24	< -24	< -50
Flampunkt, °C	< -40 (ASTM 56)	> 60 (ASTM D93, P-M)	> 60 (ASTM D93, P-M)	> 60 (ASTM D93, P-M)	< -30 (SS- EN 22719)
Självantändnings- temperatur, °C	> 250	220 - 300	220 - 300	220 - 300	> 300
Övre explosions- gräns	7.6 % vol. - luft (basolja)	Ca. 5 % vol. -luft	Ca. 5 % vol. -luft	Ca. 5 % vol. -luft	ca. 9
Undre explosions- gräns	1.4 % vol. - luft (basolja)	Ca. 0.7 % vol. -luft	Ca. 0.7 % vol. -luft	Ca. 0.7 % vol. -luft	ca. 3
Ångtryck, 20 °C, kPa	35 - 100	< 0.5	< 0.5	< 0.5	35 - 95
Viskositet, kinema- tisk, 40 °C, mm²/s	< 1	2.5	2.5	2.5	< 1
Relativ densitet, 15 °C	0.72 - 0.79	0.81	0.81	0.80 - 0.82	0.765 - 0.785
Löslighet i vatten	0.006 % m	Olöslig	Olöslig	Olöslig	Dispergerande
Fördelningskoeffici- ent, n-oktanol/vatten	2 - 7	4 - 6	4 - 6	4 - 6	Ej känd
Övriga data	Ångdensitet (luft=1): > 3	-	-	-	-

Det mindre vanliga bränslet Urea, i sammansättningen AdBlue® har densiteten 1,09 g/cm³, och en dynamisk viskositet på ca 1,4*10⁻³ Pa·s vid 25°C. [B2]

Enligt [B3] kan den kinematiska viskositetens beroende av temperaturen uttryckas

$$\nu = \frac{\eta_0}{\rho} \left(\frac{T}{T_0} \right)^{-n}$$

som:

- ν = mediets kinematiska viskositet
- η_0 = mediets dynamiska viskositet vid rumstemperatur
- T = mediets temperatur
- T_0 = rumstemperaturen
- ρ = mediets densitet
- n = en konstant

Om $T=T_0$ så kan följande tabell göras.

Tabell B-2: Densitet, dynamisk- och kinematisk viskositet

	ρ	η_0	$\nu = \frac{\eta_0}{\rho}$
Etanol	0,789 g/cm ³	1,20 · 10 ⁻³ Pa·s	0,152 cm ² /s
Metanol	0,791 g/cm ³	0,59 · 10 ⁻³ Pa·s	0,075 cm ² /s
AdBlue®	1,09 g/cm ³	1,40 · 10 ⁻³ Pa·s	0,128 cm ² /s

$$\nu = \frac{\eta_0}{\rho} = \left[\frac{\text{Pa} \cdot \text{s}}{\text{g} / \text{cm}^3} \right] = \left[\frac{\text{kg} / (\text{m} \cdot \text{s})}{\text{g} / \text{cm}^3} \right] = \left[\frac{100 \text{g} / (\text{cm} \cdot \text{s})}{\text{g} / \text{cm}^3} \right] = 100 [\text{cm}^2 / \text{s}]$$

B.2 Ledningsförmåga

Olika bränslens ledningsförmåga enligt [B4]:

- Bensin:** 5*10⁻⁶ μS/cm
Diesel: >5*10⁻⁶ μS/cm
E85: 13,4 *10⁻⁴ μS/cm
E100: 13,4 *10⁻⁴ μS/cm

B.3 Referenser

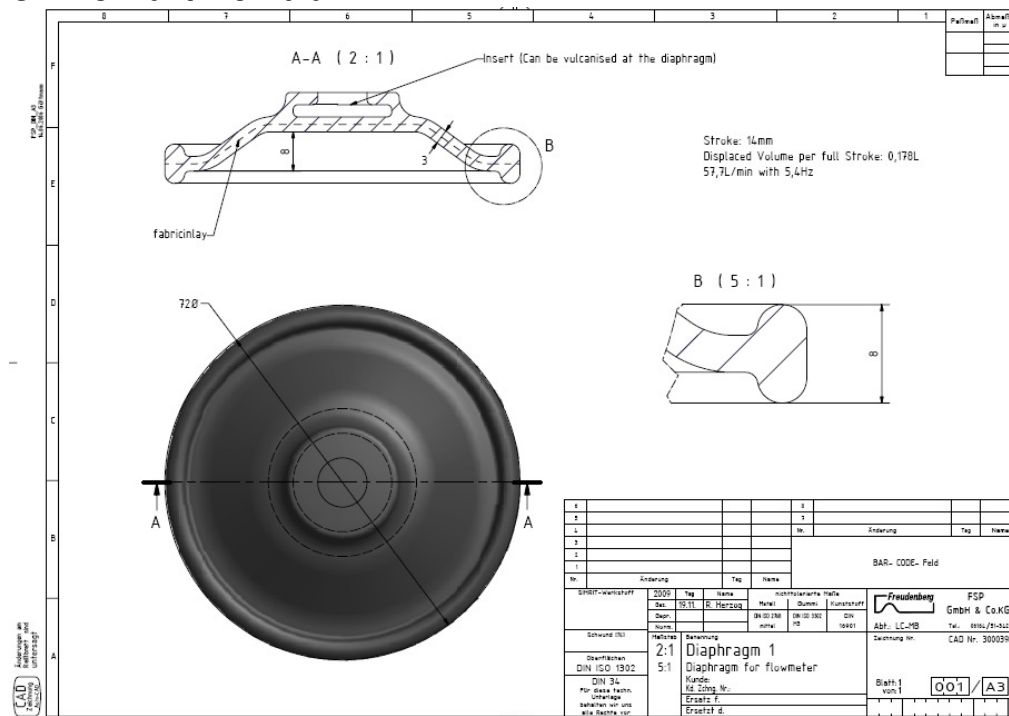
- B1. OKQ8 (-). Säkerhetsdatablad (för respektive bränsle), (Elektronisk).
<http://www.okq8.se/servlet/ContentViewerServlet?contentUrl=cycube://internal/document/106409&nodeId=com.cycube.navigation.node.NodeId@100910,2010-02-27>
- B2. CEFIC (2004). Automotive grade Urea- AUS 32, According to DIN V 70070 – Quality Assurance Guidance Document, Version 1.2
- B3. Academic Computer Club Umeå Universitet (-). Reologi (Elektronisk).
<http://www.acc.umu.se/~joun/index2.html>, 2010-02-27
- B4. Larsson, Egon & Brandberg, Åke, Ecotraffic ERD³ AB (2007). Säkerhetsaspekter med E85 (Elektronisk).
http://www.msb.se/Upload/Forebyggande/brandfarlig_explosiv/E85/E85seminarie_nov_2007/S%C3%A4kerhetsaspekter%20E85%20Lars%20Eriksson.pdf, 2010-02-27

(Data taget från *CEFIC kvalitets krav.pdf*. CEFIC är en Europeisk organisation för kemisk industri och databladet *Automotive grade Urea- AUS 32 (According to DIN V 70070) – Quality Assurance Guidance Document*, är utgivet den 9 december 2004.)

Bilaga C: Membranförslagen

Samtliga dokument i denna bilaga är skickat via mail från Herzog, Roman, utvecklingsingenjör för membran, Freudenberg Simrit KG.

C.1 Konkavt membran 1



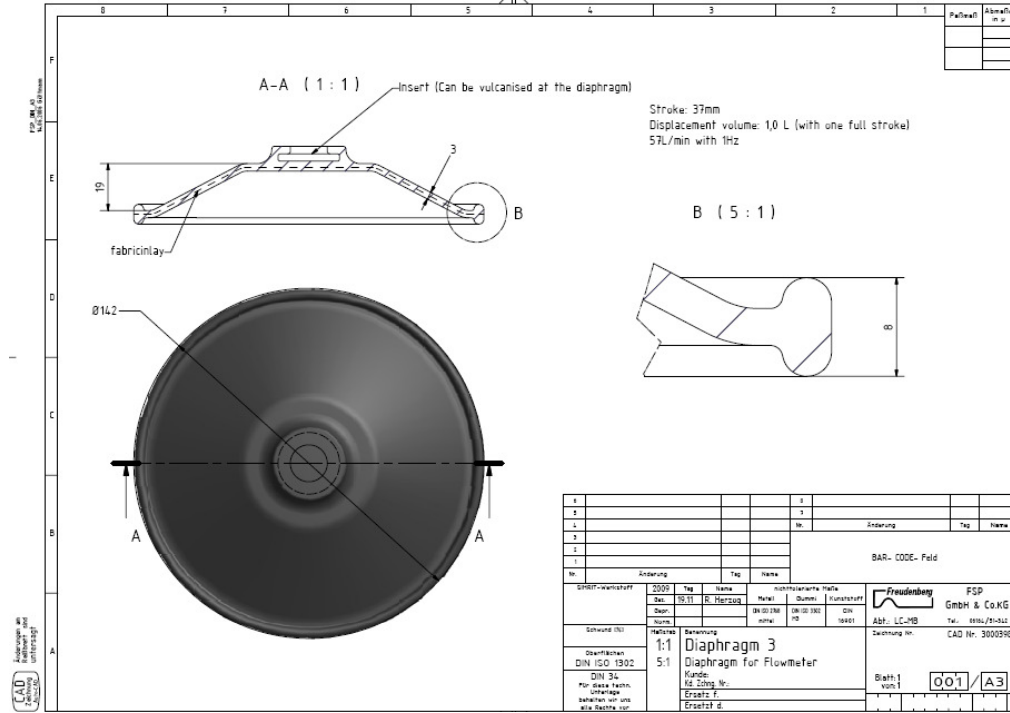
C.2 Konkavt membran 2

Stroke: 30mm
Displaced Volume per full Stroke: 0,55L
56,5L/min with 1,8Hz

Ä	Ändring	Tag	Ändring	Tag	Ändring	Tag	Ändring	Tag
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

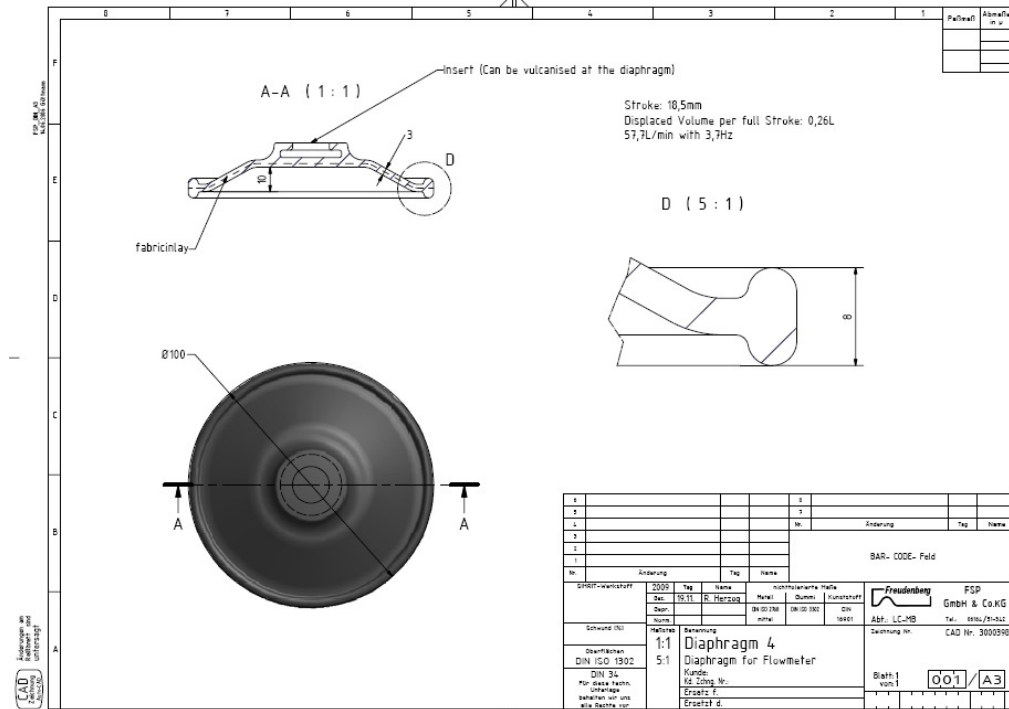
ERFOLGWEISE KUNDENKONTAKT CAD-KONTROLLE	Freudenberg GMBH & CO.KG Abt.: LC-MB Tel.: 069/291-344 Fax: 069/291-344 CAD Nr.: 30003954	Blatt 1 von 1 001 / A3
--	--	------------------------------

C.3 Konkavt membran 3

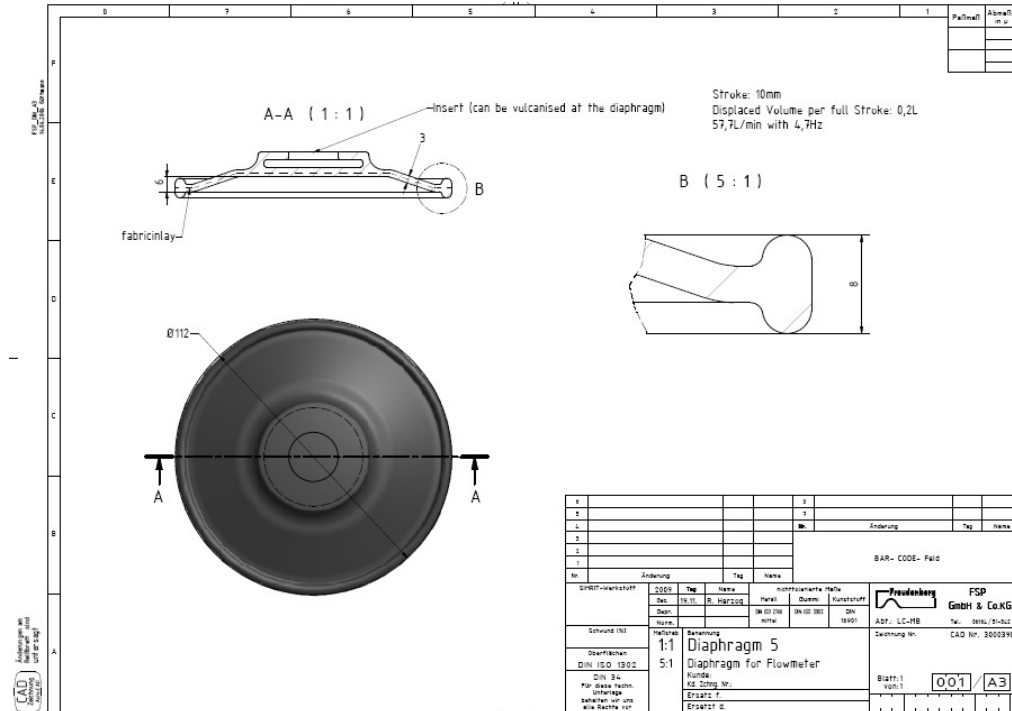


Bilaga C: Membranförslagen

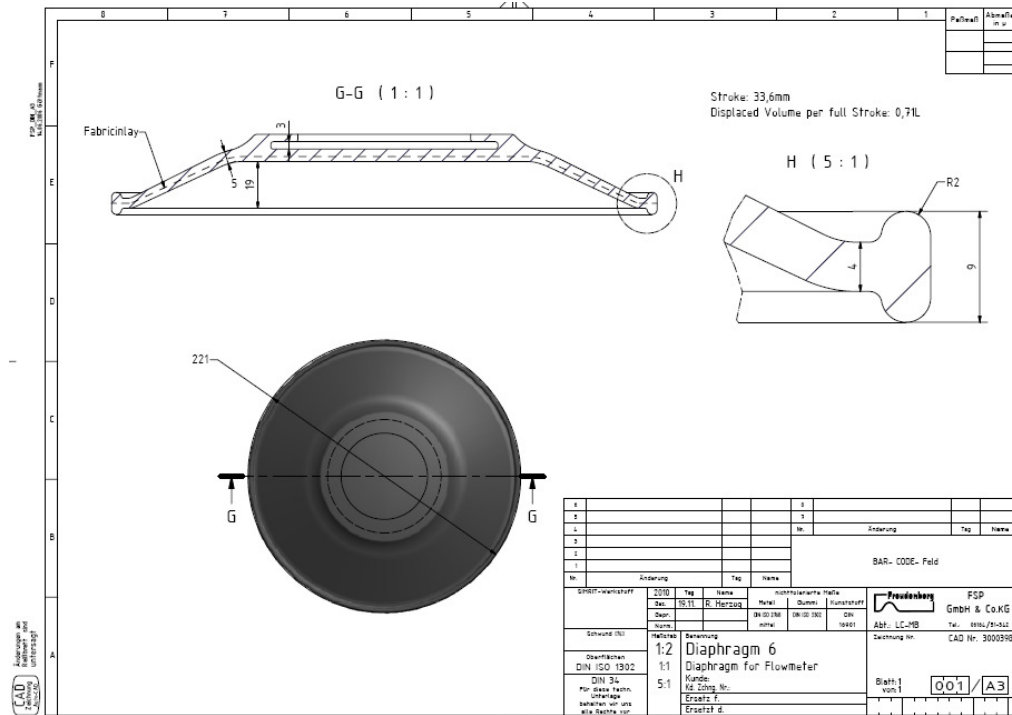
C.4 Konkavt membran 4



C.5 Konkavt membran 5 (plattare membran)

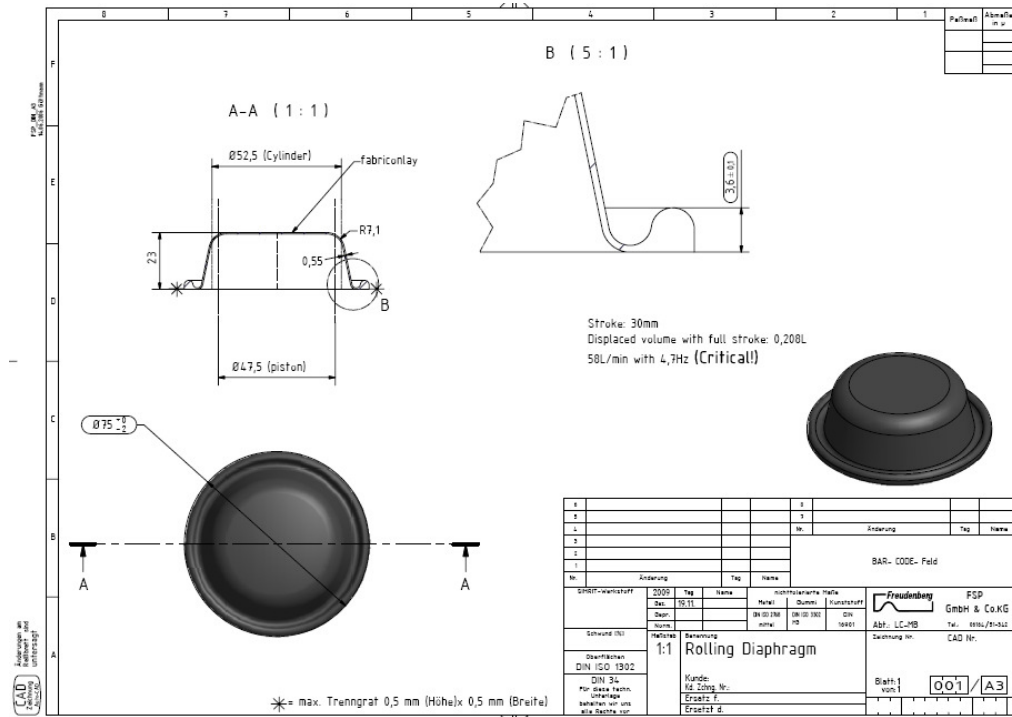


C.6 Konkavt membran 6 (pumpmembran)



Bilaga C: Membranförslagen

C.7 Rullande membran



C.8 Material 70 FMK 252515



Material 70 FMK 252515

print date	revision index	revision date	page	1/1
11/19/2009	1	12/1/2005		
Physical properties		nominal	actual	
Density DIN EN ISO 1183, 23 °C		---	1.87	g/cm ³
Hardness DIN 53505, Shore A, 23 °C		---	71	Shore
Modulus 100 %, DIN 53504, S2, 23 °C		---	7.9	N/mm ²
Tensile strength DIN 53504, S2, 23 °C		---	11.8	N/mm ²
Elongation at Break DIN 53504, S2, 23 °C		---	140	%
Compression set DIN ISO 815, B, 24 h, 200 °C, 25 %		---	20	%
Low Temperature DIN 3761 Teil 15, DSC		---	-38	°C

The given values are based on a limited number of tests on standard test pieces (2mm sheets) produced in the laboratory. The data from finished parts can deviate from above values depending on the manufacturing process and the component geometry.

Die vorstehenden Angaben stellen unsere gegenwärtigen Erfahrungswerte dar. Es obliegt dem Besteller, vor Verwendung des Produktes selbst zu prüfen, ob es sich, auch im Hinblick auf mögliche anwendungswirksame Einflüsse, für den von ihm vorgesehenen Verwendungszweck eignet. Alle Fragen einer Gewährleistung und Haftung für dieses Produkt regeln sich nach unseren Allgemeinen Verkaufsbedingungen, sofern nicht gesetzliche Vorschriften etwas anderes vorsehen.

Freudenberg

Dichtungs- und Schwingungstechnik GmbH & Co., KG

Werkstofftechnik EUROPA

Wolfgang Becker

Phone: +49 (0)6201/80-2893

Fax: +49 (0)6201/88-2893

Email: wolfgang.becker@Freudenberg-ds.com

C.9 Förstärkning 32 till de konkava membranen

Freudenberg
Spezialdichtungsprodukte GmbH&CO.KG
64385 Reichelsheim



Specification woven fabric

Designation:

32

Material-No.:

T275571

Data of Material

	Warp	Weft
Material of yarn:	PA 66	PA 66
Type of yarn:	multifilament	
Count of yarn/structure:	dtex 940/1	dtex 940/1

Data of fabric / Physical properties

Weave:

Thickness:	DIN EN ISO 5084	mm	0,38 ± 0,05
Width:	DIN EN 1773	cm	160 ± 5
Weight:	DIN EN 12127	g/m ²	200 ± 20

			Warp	Weft
Set in fabrics:	DIN EN 1049	Fd/10cm	100 ± 10	100 ± 10
Maximum tensile force:	DIN EN ISO 13934	N/mm	≥ 60	≥ 60
Elongation at max. force:	DIN EN ISO 13934	%	24 ± 5	24 ± 5

Finish / Treatment

Thermofixing:	No
Coating:	No

C.10 Förstärkning 85 till det rullande membranet

Freudenberg
Spezialdichtungsprodukte GmbH&CO.KG
64385 Reichelsheim



Specification woven fabric

Designation:

85

Material-No.:

T272580

Data of Material

	Warp	Weft
Material of yarn:	PES	PES
Type of yarn:	multifilament	
Count of yarn/structure:	dtex 280/f48	dtex 280/f48

Data of fabric / Physical properties

Weave:

Thickness:	DIN EN ISO 5084	mm	0,27 ± 0,05
Width:	DIN EN 1773	cm	152 ± 5
Weight:	DIN EN 12127	g/m ²	120 ± 10

			Warp	Weft
Set in fabrics:	DIN EN 1049	Fd/10cm	195 ± 10	195 ± 10
Maximum tensile force:	DIN EN ISO 13934	N/mm	≥ 25	≥ 25
Elongation at max. force:	DIN EN ISO 13934	%	≥ 25	≥ 25

Finish / Treatment

Thermofixing:	Yes
Coating:	No

C.12 Uträkning av displacementvolymen hos Konkavt membran 1

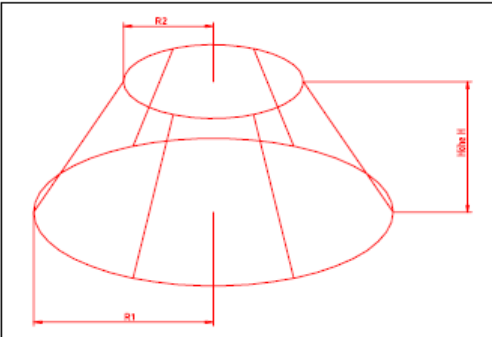
Calculation of the strokevolume of a Pumpdiaphragm

Customer:

Project :

Alternative:

Frustum:



The diagram shows a frustum of a cone. The top circular face has a radius labeled R2. The bottom circular face has a radius labeled R1. The vertical height of the frustum is labeled H. The frustum is drawn in perspective, showing its three-dimensional shape.

Formula :
 $V = (1/3 \times \text{Pi} \times H (R1^2 + R2^2 + R1 \times R2)) \times 2$

Input :

R1 =	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="60.00"/>	in mm
R2 =	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="28.00"/>	in mm
H =	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="14.00"/>	in mm
Frequency =	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="325.00"/>	in U/min
	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="5.4"/>	Hz

Result :

Strokevolume =	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="177805.7868"/>	in mm ³ /Hub
	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="177.8058"/>	in cm ³ /Hub
	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="0.1778"/>	in l/Hub
Flow rate =	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="57788874.1492"/>	in mm ³ /min
	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="57788.8741"/>	in cm ³ /min
	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="57.7889"/>	in l/min
	<input style="width: 90%; height: 15px;" type="text" value="3467.2124"/>	in l/h

Bilaga D: Ritningar

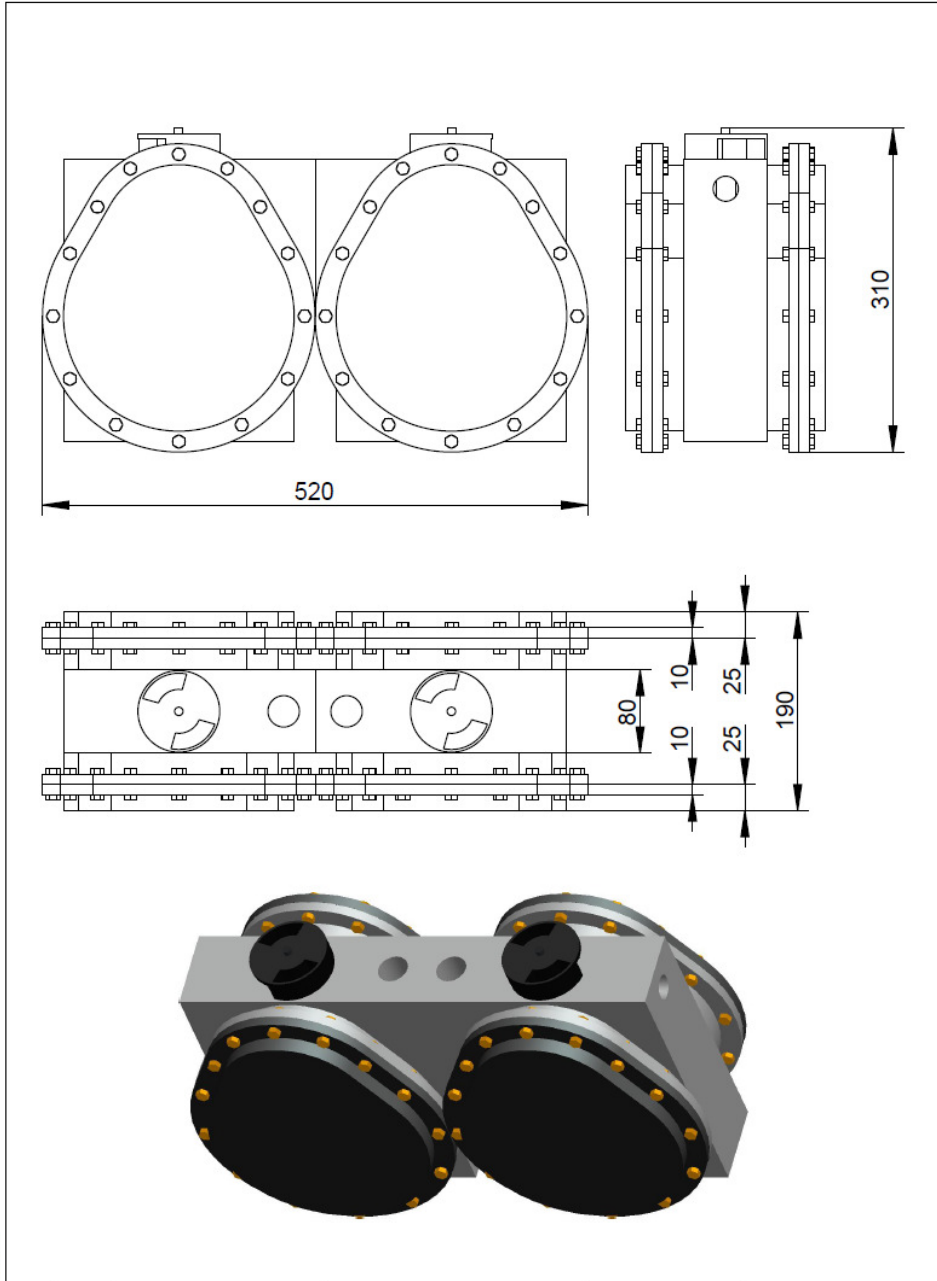
I denna bilaga visas ritningar över de lösningar som tagits fram. Ritningarna är dels över den nya iMetern med implementerade teflon respektive metallmembran, och dels över triMeterns olika delar.

Ritningar:

1. Sammanställningsritning över iMetern med M210
2. Sammanställningsritning över iMetern med T125
3. Detaljritning över mittdelen till iMetern med T125
4. Detaljritning över ytterdelen till iMetern med T125
5. Sammanställningsritning över triMetern (Hela ritningen)
6. Detaljritning över triMeterns hus (Hela ritningen)
7. Sammanställningsritning över triMetern (Förstoring 1)
8. Sammanställningsritning över triMetern (Förstoring 2)
9. Detaljritning över triMeterns hus (Förstoring 1)
10. Detaljritning över triMeterns hus (Förstoring 2)

(Notera att ritningarna inte är skalenliga i rapporten.)

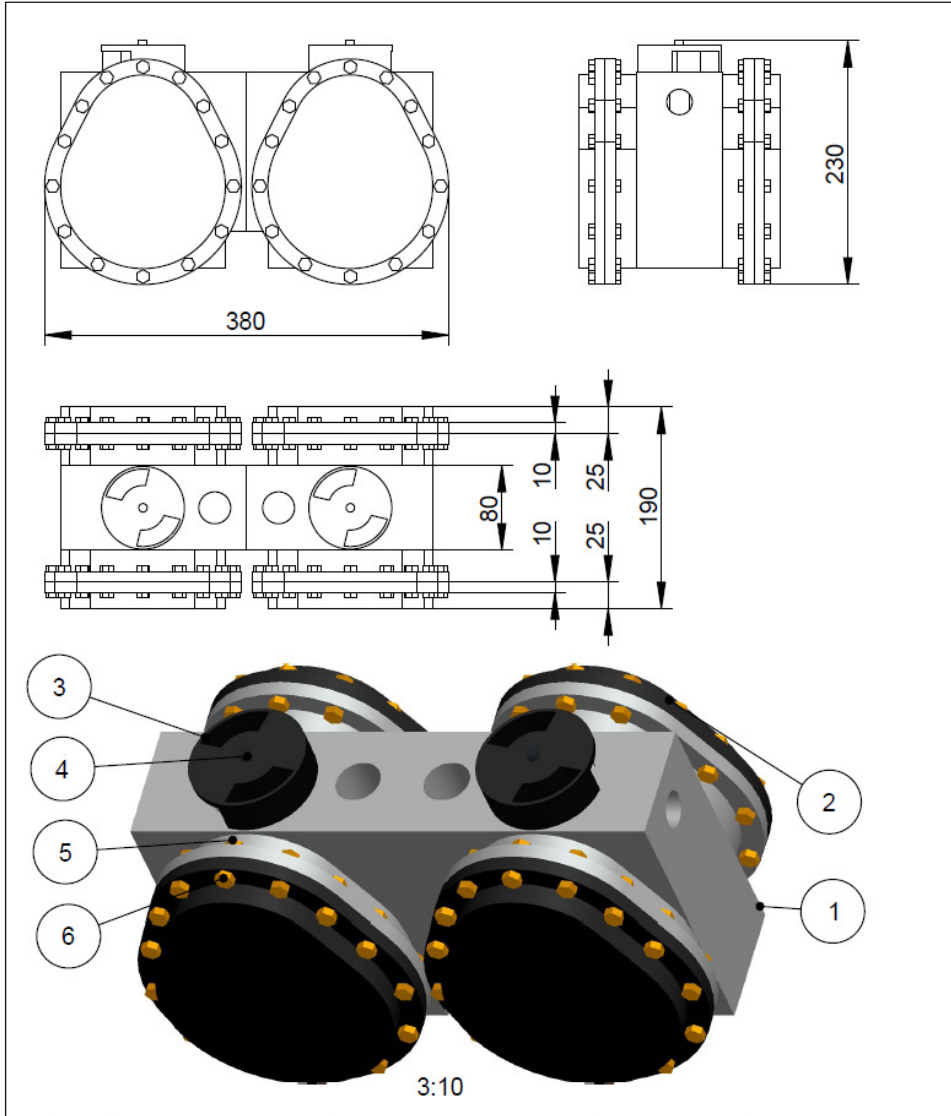
D.1 M210



Denna ritning får icke utan vårt medgivande
 kopieras, förvisas för eller utlämnas till
 konkurrenter eller ej tillhöriga personer.

1	2	M210	Metallmembran iMeter					
Pos	Ant	Artikel/Modell	Benämning		Material	Dimension		
Konstr	Ritad	JJ	Revision	Vikt	Skala	Format	Blad.nr	
					1:5	A4	1 (1)	
Machine Design		Artikel/Modell M210X2				Datum		
LTH		Benämning				09-May-10		
						Ritning		
						M210X2		

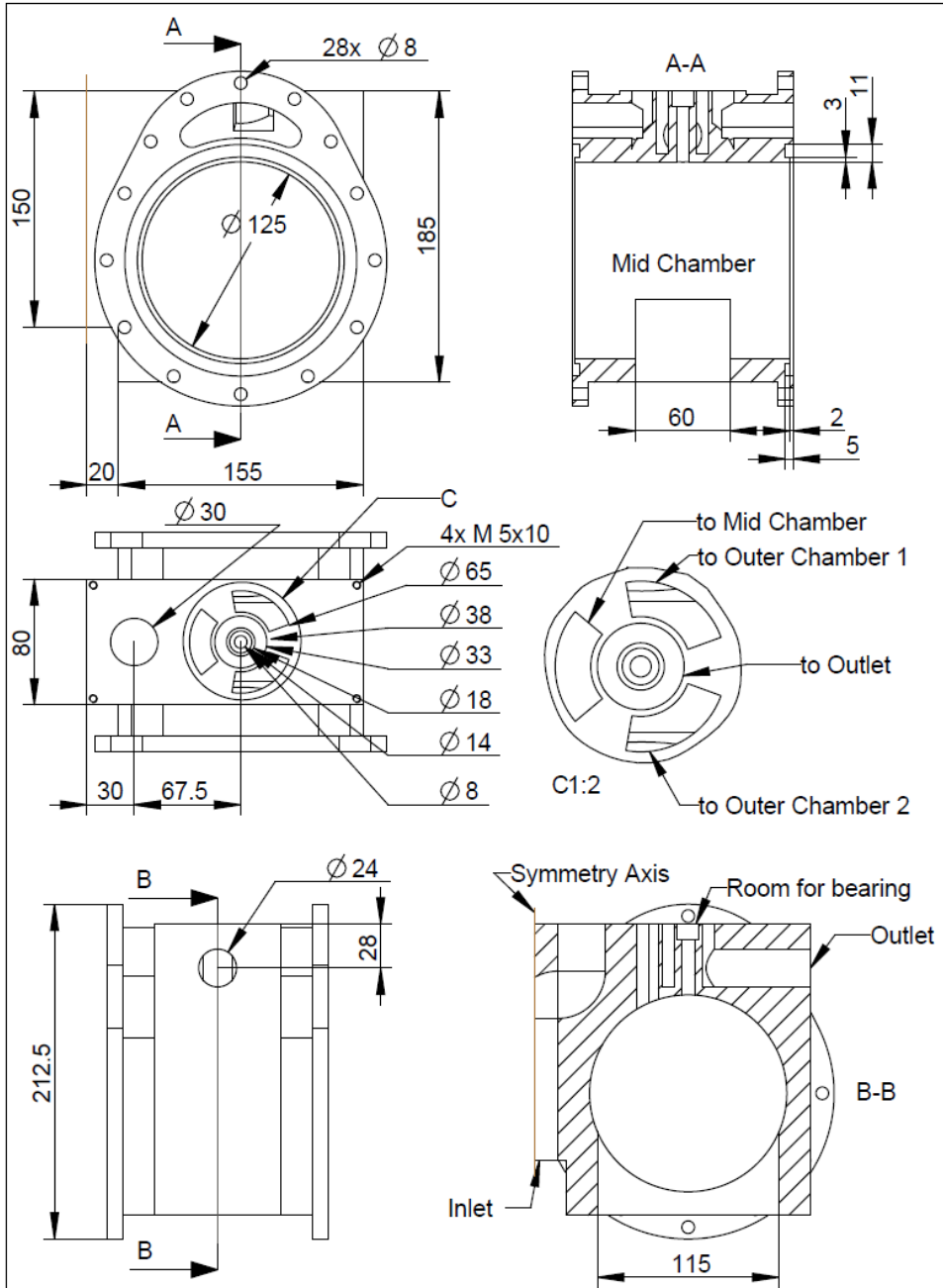
D.2 T125



6	56	DIN 439 M8	Mutter			
5	56	DIN 933 M8x30	Skruv			
4	2	T125_p4	Axel			∅ 8
3	2	T125_p3	Hjul			
2	4	T125_p2	Ytterdel			
1	1	T125_p1	Innerdel			
Pos	Ant	Artikel/Modell	Benämning	Material	Dimension	
Konstr	JJ	Ritad	JJ	Revision	Vikt	Skala
						1:5
						Format
						A4
						Blad.nr
						1 (1)
Machine Design			Artikel/Modell	Datum		
LTH			T125	29-May-10		
			Benämning	Ritning		
			Teflon Diaphragm iMeter	T125		

Denna ritning får icke utan vårt medgivande kopieras, föredras för eller utlämnas till konkurrenter eller eljest obehöriga personer.

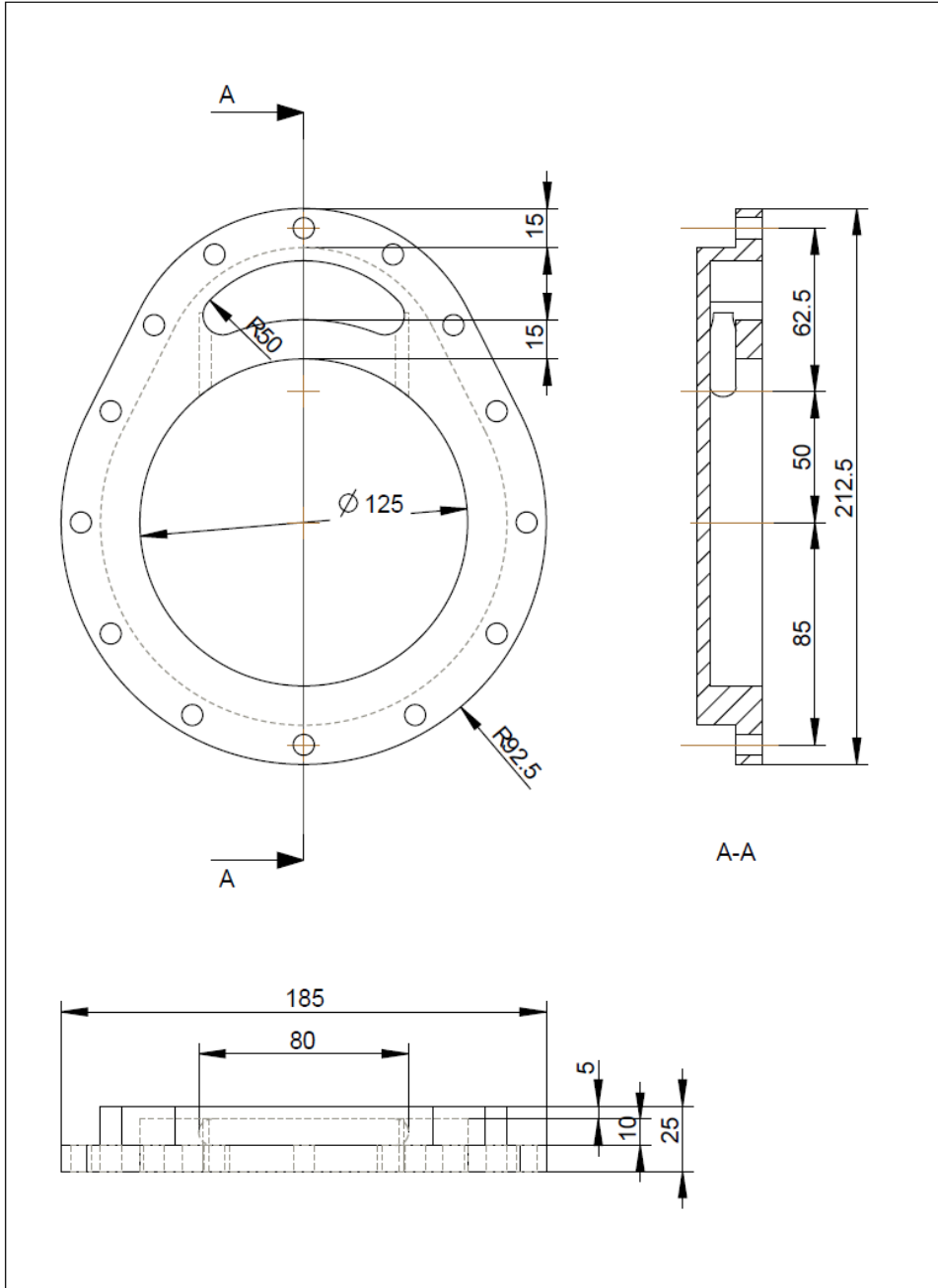
D.3 Halva T125_p1



Denna ritning får inte utan vårt medgivande kopieras, förvisas för eller utlämnas till konkurrenter eller eljest obehöriga personer.

Pos	Ant	Artikel/Modell	Benämning	Material	Dimension
Konstr	JJ	Ritad JJ	Revision	Vikt	Skala
				3:10	Format A4
				Blad.nr 1 (1)	
		Datum		29-May-10	
		Ritning		T125_P1_HALF	
		Machine Design LTH		Artikel/Modell T125-P1 Benämning Halva mittdelen	

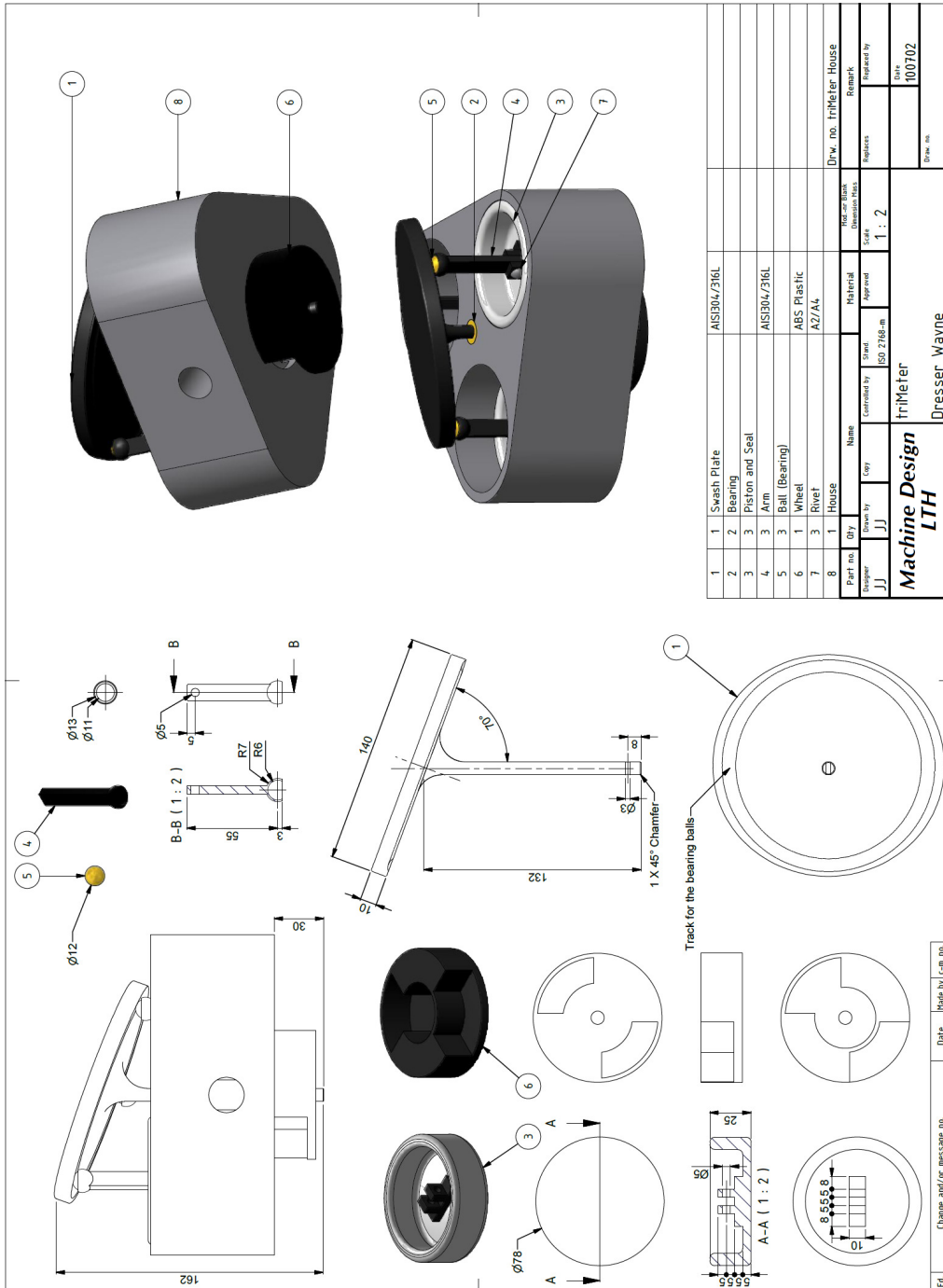
D.4 T125_p2



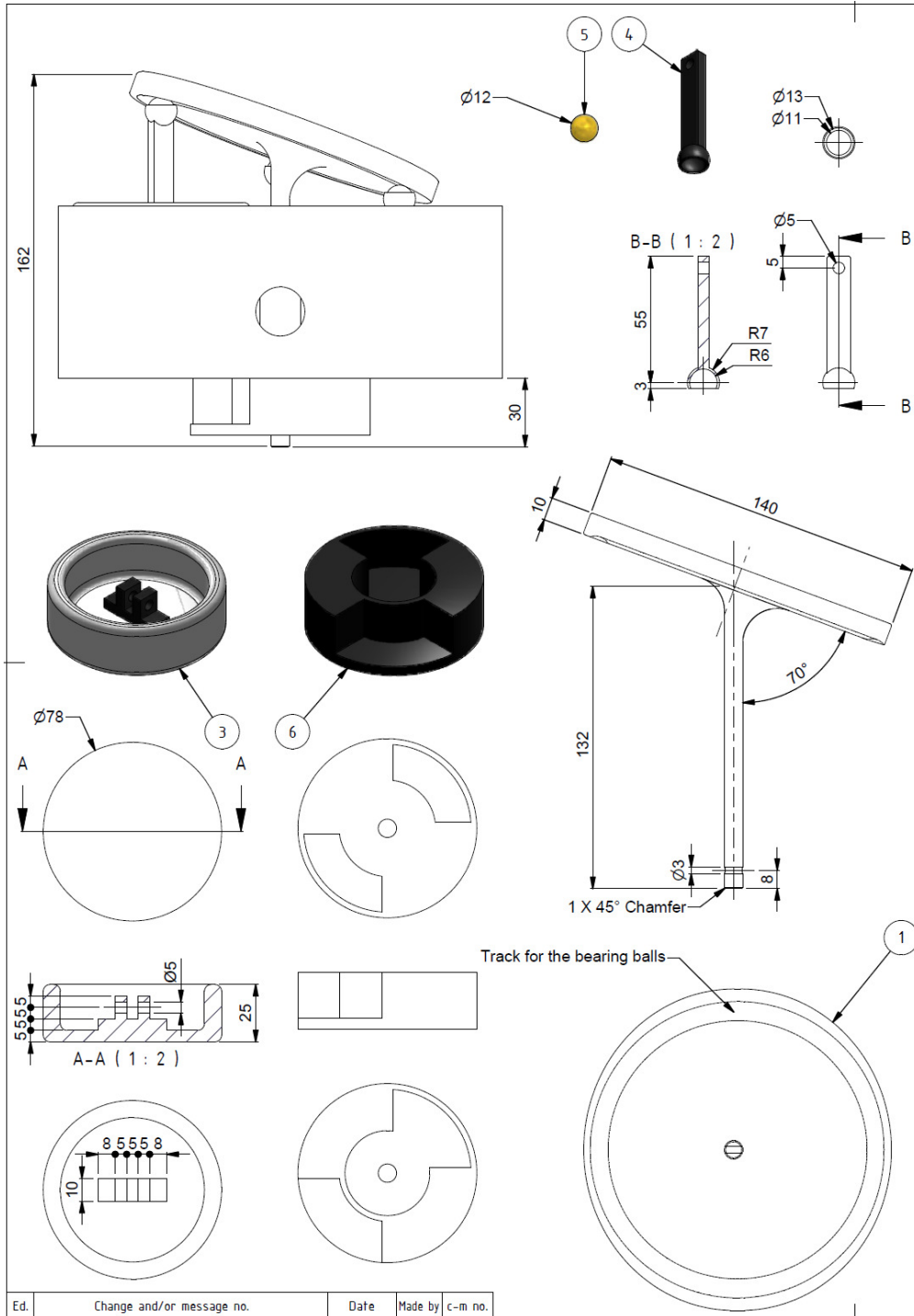
Denna ritning får icke utan vårt medgivande
 kopieras, föredras för eller utlämnas till
 konkurrenter eller eljest obehöriga personer.

Pos	Ant	Artikel/Modell	Benämning		Material	Dimension	
Konstr	JJ	Ritad JJ	Revision	Vikt	Skala 1:2	Format A4	Blad.nr 1(1)
Machine Design LTH			Artikel/Modell T125-P2			Datum 29-May-10	
			Benämning Ytterdel			Ritning T125_P2	

D.5 triMetern (Hela ritningen)

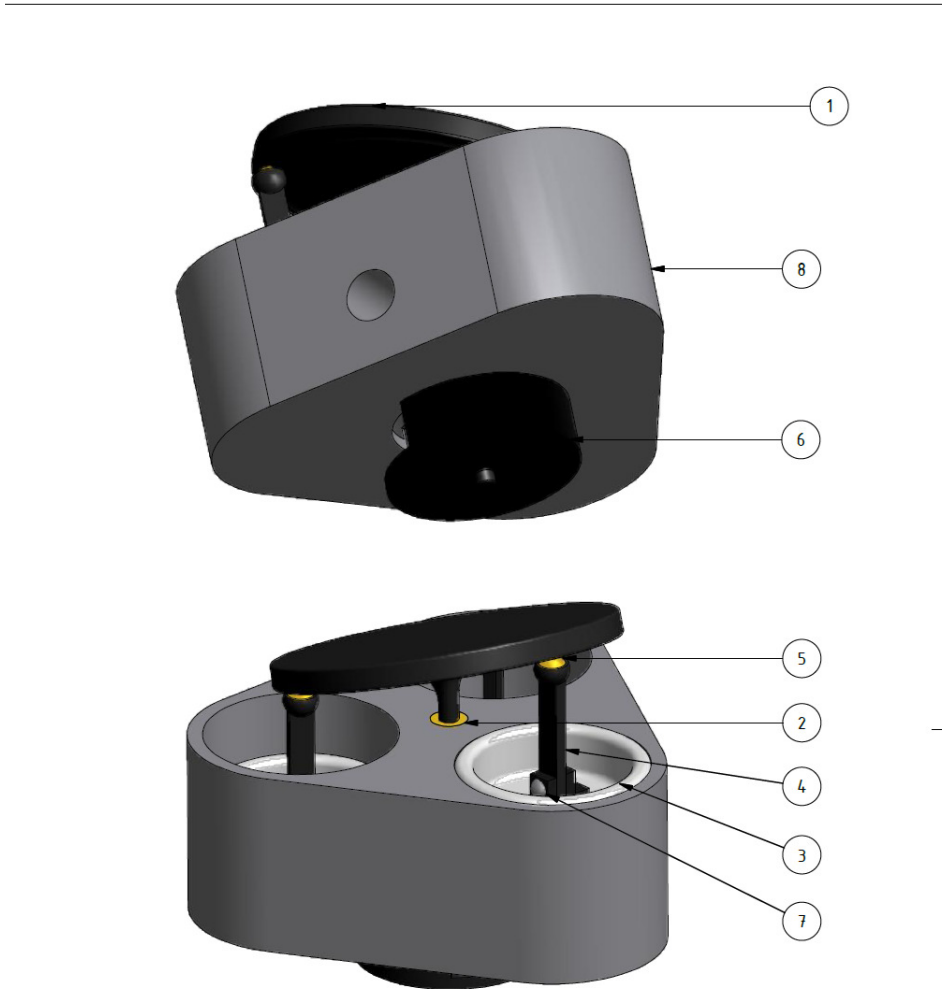


D.7 triMetern (vänstra halvan)



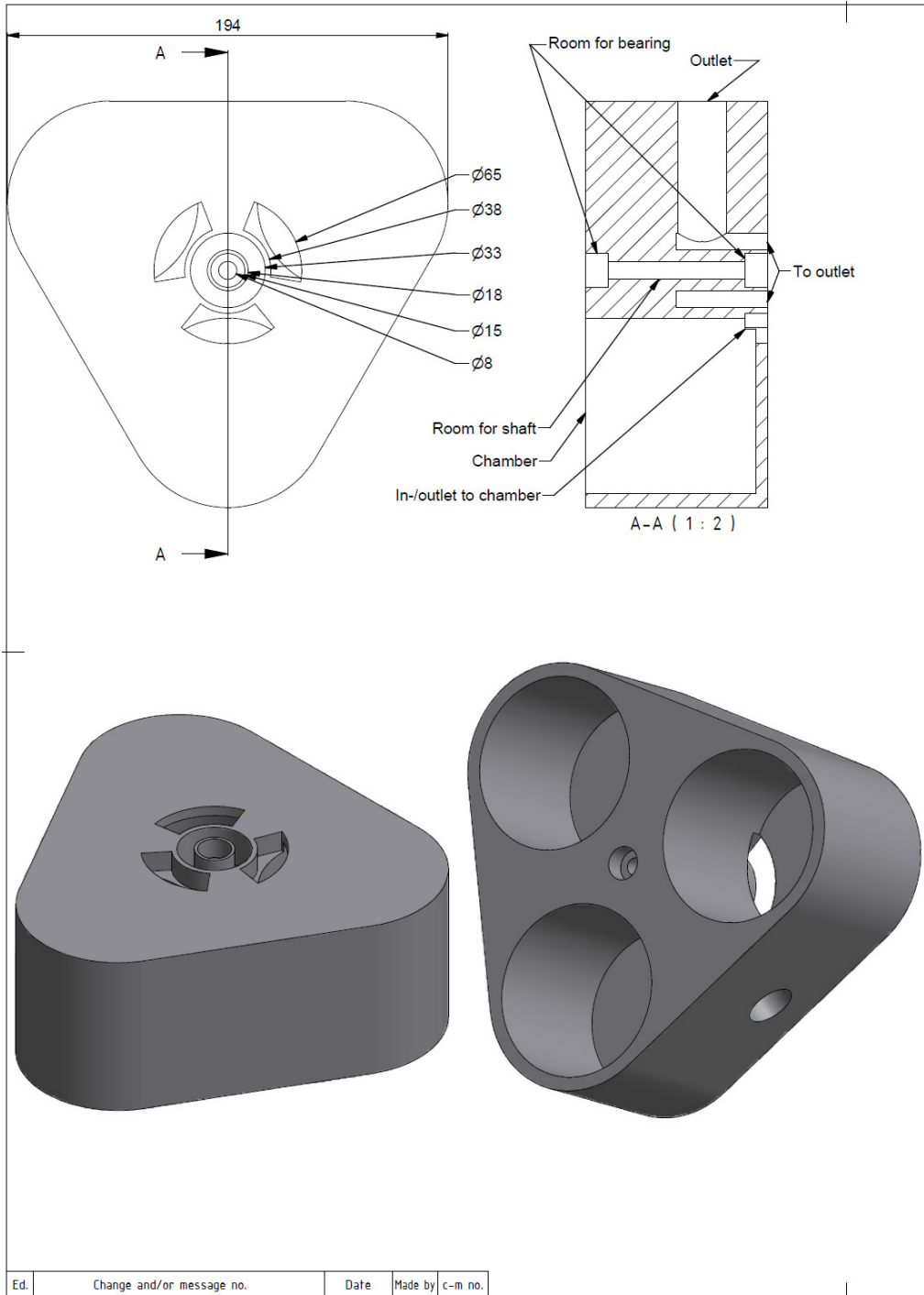
Ed.	Change and/or message no.	Date	Made by	c-m no.

D.8 triMetersn (högra halvan)

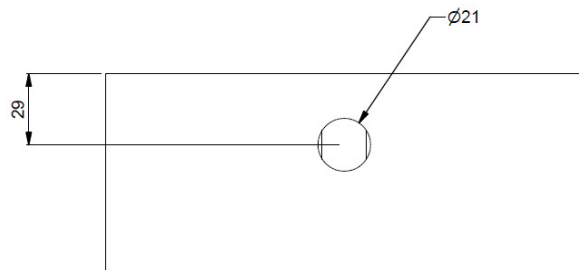
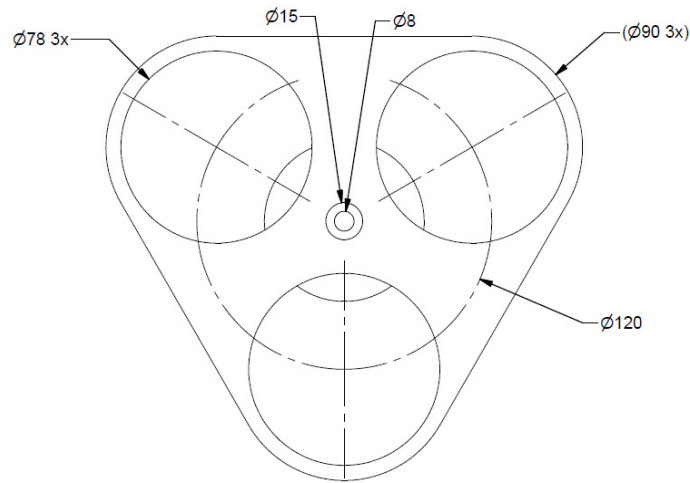


1	1	Swash Plate	AISI304/316L					
2	2	Bearing						
3	3	Piston and Seal						
4	3	Arm	AISI304/316L					
5	3	Ball (Bearing)						
6	1	Wheel	ABS Plastic					
7	3	Rivet	A2/A4					
8	1	House						Drw. no. triMeter House
Part no.	Qty	Name	Material	Mod.-nr	Blank	Dimension	Mass	Remark
Designer	Drawn by	Copy	Controlled by	Stand.	Approved	Scale	Replaces	Replaced by
JJ	JJ			ISO 2768-m		1 : 2		
Machine Design		triMeter						Date
LTH		Dresser Wayne						100702
								Drw. no.

D.9 triMetersn hus (vänstra halvan)



D.10 triMeters hus (högra halvan)



Part no.	Qty	Name			Material	Mod.-nr Blank Dimension Mass	Remark	
Designer JJ	Drawn by JJ	Copy	Controlled by	Stand. ISO 2768-m	Approved	Scale 1 : 2	Replaces	Replaced by
Machine Design		triMeter House					Date	100709
LTH		Dresser Wayne					Draw. no.	Hus