

Examensarbete, Högskolan på Åland, Utbildningsprogrammet för maskinteknik

# UNDERSÖKNING AV TRYCKFÖRLUSTER I RÖRSYSTEM

Kevin Sjögren Reis, Linnea Gustafsson



04:2017

Datum för publicering: 23.05.2017  
Handledare: Göran Henriksson

# EXAMENSARBETE

## Högskolan på Åland

<b>Utbildningsprogram:</b>	Maskinteknik
<b>Författare:</b>	Kevin Sjögren Reis, Linnea Gustafsson
<b>Arbetets namn:</b>	Undersökning av tryckförluster i rörsystem
<b>Handledare:</b>	Göran Henriksson
<b>Uppdragsgivare:</b>	Hallsta pappersbruk, Magnus Rydstrand

<b>Abstrakt</b>
<p>Arbetet har gjorts på begäran av Hallsta Pappersbruk genom Magnus Rydstrand som är energiingenjör där.</p> <p>Hallsta pappersbruk är en pappersfabrik i Hallstavik. Detta pappersbruk startade produktionen 1915 och i dagsläget produceras bland annat bokpapper och tidningspapper av hög kvalitet.</p> <p>Syftet med arbetet är att utreda tryckförlust i ett av rörsystemen på fabriken i detta fall klarfiltratsystemet, samt ta fram förslag på förbättringar. Metoder som använts är egna mätningar, teoretiska beräkningar och konsultation av områdesexperter.</p> <p>I arbetet kom vi fram till att stora delar av tryckförlusterna berodde på värmeväxlarnas dåliga skick. En annan faktor till tryckförlusterna som man kom fram till är att det finns beläggningar i rören.</p>

<b>Nyckelord (sökord)</b>
Rörsystem, tryckförlust, pumpeffektivisering, pappersbruk

<b>Högskolans serienummer:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Språk:</b>	<b>Sidantal:</b>
2017:04	1458-1531	Svenska	42 sidor

<b>Inlämningsdatum:</b>	<b>Presentationsdatum:</b>	<b>Datum för godkännande:</b>
18.05.2017	12.05.2017	23.05.2017

# DEGREE THESIS

## Åland University of Applied Sciences

<b>Study program:</b>	Marine Engineering
<b>Author:</b>	Kevin Sjögren Reis, Linnea Gustafsson
<b>Title:</b>	Pressure Losses in Piping System
<b>Academic Supervisor:</b>	Göran Henriksson
<b>Technical Supervisor:</b>	Hallsta Paper Mill, Magnus Rydstrand

### Abstract

This study has been made on commission by Hallsta paper mill, through Magnus Rydstrand whom is an energy engineer.

Hallsta paper mill is a paper mill in Hallstavik in Sweden, the paper mill began the production in 1915 producing book paper and good quality newspaper.

The purpose of the study is to examine the pressure drop in a piping system in the factory and to submit suggestions of improvements. The methods that have been used are measurements calculations and consultations with experts.

During this study it was shown that much of the pressure losses were contributed by the heat exchangers. This was because of the bad shape they were in. The study also shows that some of the pressure losses were caused by coatings on the inside of the pipes.

### Keywords

Pipe system, Pressure losses, pump efficiency, paper mill

<b>Serial number:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>Language:</b>	<b>Number of pages:</b>
2017:04	1458-1531	Swedish	42 pages

<b>Handed in:</b>	<b>Date of presentation:</b>	<b>Approved on:</b>
18.05.2017	12.05.2017	23.05.2017

## Innehållsförteckning

1. FÖRKLARINGAR.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. INLEDNING.....	6
2.1. Bakgrund .....	6
2.2. Processen .....	7
2.3. De senaste årens händelser .....	7
2.4. Syfte.....	8
2.5. Arbetsuppgifter.....	9
2.6. Projektmedlemmar.....	9
2.7. Motiv till ämnesval.....	9
2.8. Avgränsningar .....	9
2.9. Metod.....	10
3. ARBETSGÅNG OCH RESULTAT REDOVISNING.....	11
4. VÄRMEVÄXLARE .....	14
4.1. Värmeenergiöverföring .....	14
4.1.1. Beskrivning av klarfiltratsystem med de två gamla värmeväxlarna .....	15
4.1.2. Upptagen data för de två ”gamla” värmeväxlarna .....	16
4.1.3. Beräkningar för de gamla värmeväxlarna .....	16
4.2. Värmeöverföring i den nya värmeväxlaren .....	17
4.2.1. Upptagen data för den nya värmeväxlaren.....	18
4.2.2. Beräkningar av den nya värmeväxlaren .....	19
5. KLARFILTRATETS RÖRLEDNING .....	20
5.1. Röldata.....	20
5.1.1. Röruträkningar .....	20
5.2. Ventil .....	29
5.2.1. Vakuumentil.....	30
5.3. Isolering .....	30

5.4. Föroreningar .....	31
6. PUMPEN.....	33
6.1. Varvtalsreglering .....	33
6.2. Flödesmätning .....	34
6.3. Pump- och systemkaraktistiska .....	35
6.4. Pumpberäkningar.....	37
7. SLUTSATSER .....	39
7.1. Förslag på eventuella åtgärder .....	39
7.2. Felkällor.....	40
7.3. Tack till alla inblandade .....	40
REFERENSER.....	40
BILAGOR .....	42

# 1. INLEDNING

Hallsta pappersbruk är en pappersindustri i samhället Hallstavik i Sverige (Holmen, 2017). I figur 1 ses Hallsta pappersbruk. Man har i just detta pappersbruk inriktat sig på en bättre papperskvalitet i tillverkningen av bokpapper, samt förbättrat tidningspapper. Detta arbete kommer att beröra en undersökning av tryckförlust i ett system på Holmen Paper AB.

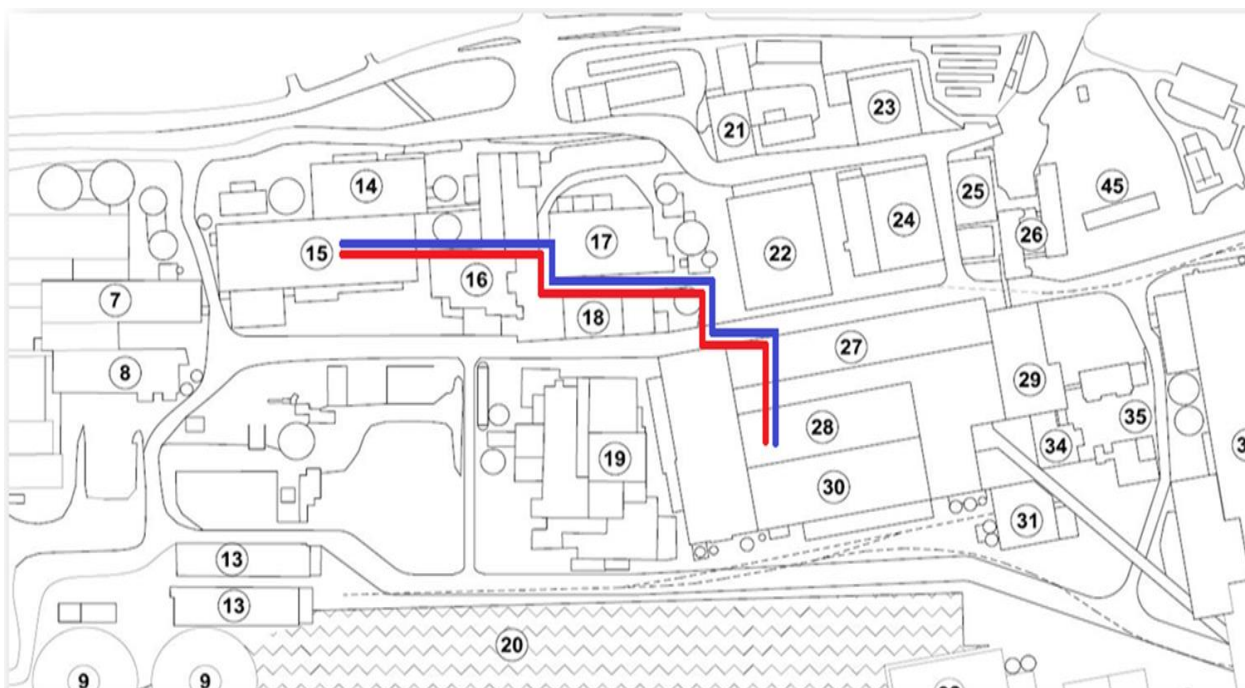


Figur 1 Hallsta Pappersbruk (Holmen, 2017).

## 1.1. Bakgrund

Hallstaviks pappersbruk består i nuläget av två produktionslinjer L11 och L12. Dessa linjer leder allt till de två pappers maskiner PM12 och PM11 som finns kvar. Massproduktionen av termomekanisk massa sker i tre enheter kallade TMP 1, 2 och 3. TMP 1 och 2 producerar massa som används vid TMP12 och denna produktionslinje kallas L12. TMP3 producerar massa som används vid PM11 och denna produktionslinje kallas L11.

För att lättare kunna hänga med i texten var rörsystemet går och var alla komponenter i systemet är placerade i figur 2 visas en plan över en del av fabriksområdet, där den röda och blåa sträcken skall representera rören som går fram och tillbaks. Den berörda pumpen och tanken står i byggnad 15 som kallas TMP3. Därifrån fortsätter rören över taket på byggnad 16 som är sliperiet. Sedan fortsätter rören in via byggnad 18 som är sileriet och sedan ut igen. Från sileriet fortsätter rörsystemet till byggnad 27 och 28 är blekeriet, där värmeväxlarna står. Rören som går fram och tillbaks till tanken går parallellt med varandra i princip hela vägen.



Figur 2 Förklaring av fabriksområdet.

Vid nuvarande läge så finns behov att överföra ca 10 MW värme, men då befintliga värmeväxlare antas vara underdimensionerade samt trasiga uppnås inte det önskade värmeutbytet. Vid dimensionering av ny värmeväxlare så är det beräknat att ett flöde på ca 13000 l/min behövs för att överföra önskad värmemängd.

På grund av detta är det oklart om den nuvarande pumpen kommer räcka till för att uppnå det önskade flödet. Man vill undersöka förslag på förbättringar i systemet för att minska på tryckförlusterna eller eventuellt om en ny pump behövs.

## 1.2. Processen

För tillverkning av papper förser man internt det mesta av produktionen med råvaror från fabriken. Däremot måste man köpa in råvaran granved, samt kemikalier så som sulfatmassa, som används som armeringsmassa. En annan viktig beställningsvara är el, där man använder sig av ca 1700 GWh/år.

## 1.3. De senaste årens händelser

Hallsta pappersbruk har under de senaste åren varit med om stora omstruktureringar. Från att vara ett bruk med 4 pappersmaskiner samt ha delar av massförsörjningen från slipmassa och

returpappersmassa, så är endast 2 pappersmaskiner i bruk, utan slip och returpappersmassaförsörjningen.

Hallsta pappersbruk har även slutat eldat fasta bränslen för ångproduktion, då fabriken nu klarar sig bra genom användning av återvunnen värme från andra delar av produktionen. Då den återvunna värmens kapacitet inte skulle räcka till så har man 2 stycken elpannor som skall hjälpa till med uppvärmning då behov uppstår. Man jobbar hela tiden med utveckla och återvinna så mycket värme man kan från processen, för att minimera användningen av elpannorna så mycket som möjligt.

Dessa åtgärder har lett till att bemanningen för produktion och underhåll av fabriken har minskat drastiskt de senaste åren på grund av att man stängt ned delar av produktionen i:

- Returpappersmottagningen
- PM2
- Sliperi
- VL6
- Förbränningspannor

De kvarstående delar av produktionsprocessen är modernare och är mer automatiserade än tidigare. (Rydstrand, 2017).

#### **1.4. Syfte**

I systemet har man två stycken värmeväxlare som överför 10 MW (alltså cirka 60GWh/år). För att uppnå det skall pumpen kunna hålla ett flöde på 13000 l/min. Denna pump går i dagsläget på ett övervarv på 1856 rpm, där det egentliga maxvarvet ligger på 1800 rpm, vilket inte räckte till det önskade flödet.

Detta på grund av att tryckförluster har uppstått i systemet och flödet sjunker mer och mer. Man har gjort försök att rengöra växlarna, vilket har lett till bättre resultat men utan att uppnå det önskade flödet med normalt varvtal.

I samband med denna undersökning av tryckförluster har det köpts in en ny värmeväxlare som skall ersätta de två äldre värmeväxlarna på grund av slitage i de gamla värmeväxlarna, och för att försöka få en minskad tryckförlust.



## Arbetsuppgifter

- Kartlägga tryckförluster i systemet
- Identifiera om några tryckförluster går att åtgärda så som strypningar, igensättningar och dylikt
- Använda pumpkurva för att beräkna nya flöden efter att tryckförluster minskat enligt förslag och byte av värmeväxlare gjorts
- Vid behov ta fram dimensioneringsunderlag för ny pump

### **1.5. Projektmedlemmar**

- Magnus Rydstrand, energiingenjör Holmen Paper AB, handledare från företaget
- Göran Henriksson, överlärare Högskolan på Åland, handledare från skolan
- Kevin Sjögren Reis, studerande (maskinteknik)
- Linnea Gustafsson, studerande (maskinteknik)

### **1.6. Motiv till ämnesval**

Detta är ett ämne som är intressant för vår utbildning och möjligtvis framtida arbeten. Inom vårt yrkesområde stöter man dagligen på övervakning över drift, underhåll och undersökningar för optimering av system.

Detta ger en bra inblick i arbete där drift och underhåll är viktigt för både personalen, utrustningen och produktionen. Då tidigare kontakt genom arbete på fabriken tagits framkom möjligheter att göra ett slutarbete.

### **1.7. Avgränsningar**

Alla system på Hallsta pappersbruk hänger ihop på ett eller annat sätt. Om man ändrar något i ett system kan det påverka hela produktionen. Då vi nu under arbetet tilldelats klarfiltratsystemet så har avgränsningar till kringliggande system räknats bort efter överenskommelse.

## 1.8. Metod

Data har insamlats med hjälp av:

Tryck och temperatur har tagits ur driftsystem samt externa manometrar.

- Längd- och höjddata har getts av schema och lasermätningar.
- Flöde har mätts med hjälp av högskolans flödesmätare och det fasta driftsystemet.
- Med analyserad data och kurvor har beräkningar gjorts med hjälp av formler tagna ur Alvarez.
- Expertis från personalen på Hallsta pappersbruk har anlåtats.

## 1.9. Förklaringar

Under denna rubrik kommer det att kort förklaras grundläggande begrepp för att få en bättre förståelse över arbetet.

- Klarfiltratsystem - består av varmt renat process vatten som skall överföra värme via värmeväxlare till bakvattensystemet.
- Bakvattensystemet - är vätska som används i processen för tillverkning av papper.
- L11 och L12 - det är de två produktionslinjerna som finns på Hallsta pappersbruk.
- PM12 och PM11 - det är namnen man gett det två pappersmaskinerna.
- TMP12 och TMP3 - är där massproduktionen utav termomekanisk massa sker som förser pappersmaskinerna med det behandlade råprodukterna för papperstillverkning.
- VL6 – Vedlinje 6.
- Värmeväxlare (v vx) - används för att överföra värmeenergi från den ena fluiden till den andra.
- Blekeriet - det namn man gett byggnaden där värmeväxlarna finns placerade på källarvåningen.
- Säkerhetsventil - det är en vakuumentil som skall öppnas om vakuum uppstår i röret för att den inte skall implodera.
- Sliperiet - den byggnad där säkerhetsventilen för vakuum är placerad på rörledningen som går uppe på taket.
- Ångkraftscentralen (Åkc) - byggnad där ubåtarna står
- Ubåtarna - namn som getts till två värmeväxlare som är ihopkopplade med klarfiltratet som en avstickare.
- Imploderar - då ett tomrum skapats och undertryck uppstår, motsatsen till explosion, i stället för att krafterna drar sig ”utåt” kommer det vid implosionen att dra sig ”inåt”
- Bypassventilen - det är en ventil som kan öppnas så att man inte behöver köra all fluid genom värmeväxlaren, utan kör det direkt tillbaks till tanken.
- Radialpump - är oftast känd som centrifugalpump. Dess arbetsätt är att med hjälp av vattnet som är inne i pumphuset skapa ett övertryck på trycksidan och undertryck på sugsidan med hjälp av centrifugalkraften. Detta skapar en strömning igenom pumpen från sugsidan till trycksidan.
- Systemkaraktäristiskakurvan - är den kurva som kan upprättas i diagram över systemet, där rördiameter, strypningar, ventiler, böjar, in- och utlopp påverkar kurvan.

- Pumpkaraktistiskakurvan - den kurva som uppritas i diagram enligt vad pumpen ger för tryck och flöde vid dåvarande varvtalet.

## 2. ARBETSGÅNG OCH RESULTAT REDOVISNING

Efter en genomgång med företaget och alla introduktions- samt säkerhetskurser gjorts startades arbetet med att ”krypa rör”, med hjälp av lasermätare mättes höjd och längd av rörsystemet. Böjar, ventiler och strypningar dubbelkollades mot systemritningarna.

Efter att ha följt röret hela vägen fram och tillbaks i den mån det gick, fick vi hjälp av Magnus och övrig driftpersonal att ställa systemet i sådan drift att resterande av produktionen inte skulle störas men ändå så att vi skulle kunna gå ut och ta egna tryck med en manuell manometer då systemet var under en konstant drift. Detta upprepades två gånger: Första gången var när de två gamla värmeväxlarna var i bruk. Den andra när dessa två värmeväxlare blivit utbytta till en ny.

Bytet av värmeväxlare gjordes av en utomstående firma, Hallstaviks Schakt (Hallstaviksschakt). Då bytet av värmeväxlaren gjorts kom man till det önskade driftläget.

Utifrån detta har beräkningar gjorts för att se om något annat skulle kunna bidra till en lönsammare drift för företaget. Till exempel har rörsystemet i sig undersökts om det skulle kunna förbättras med ventiler, isolering eller rördragningen.

För att lättare kunna förklara samt underlätta för läsaren att hänga med på vad som gjorts under detta arbete, så delas komponenterna i systemet upp i olika avsnitt, kapitel 4-6, där vi ingående beskriver komponentens uppgift och orsak till varför vi beaktat den under arbetet. Vi anger också vad som har förbättrats eller som eventuellt skulle kunna förbättras i kapitel 7.

## 3. VÄRMEVÄXLARE

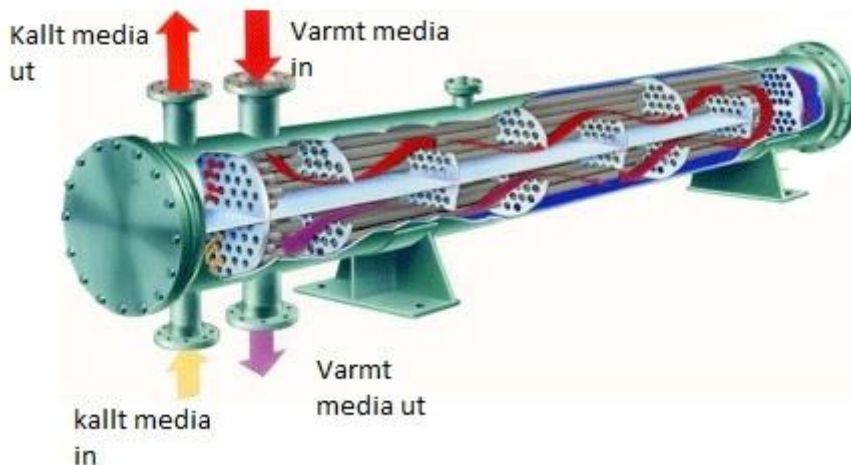
Under detta avsnitt kommer värmeväxlarna att beaktas, på grund av att en stor del av tryckförlusterna i klarfiltratssystemet antas ha sin grund i värmeväxlarna.

### 3.1. Värmeenergiöverföring

Värmeväxlarens syfte är att överföra värmeenergi från klarfiltratsvattnet till bakvattnet som används i processen. Detta gjordes genom två värmeväxlare där det fanns vetskap om att tryckförluster förekom på grund av växlarnas dåliga skick. Dessa har under arbetets gång ersatts med en enda ny värmeväxlare.

Dessa växlare är av typen tubvärmeväxlare, där ena mediet går i tuberna och det andra mediet går på utsidan utav tubrören. I figur 3 ses en förenklad beskrivning hur värmeväxlaren fungerar.

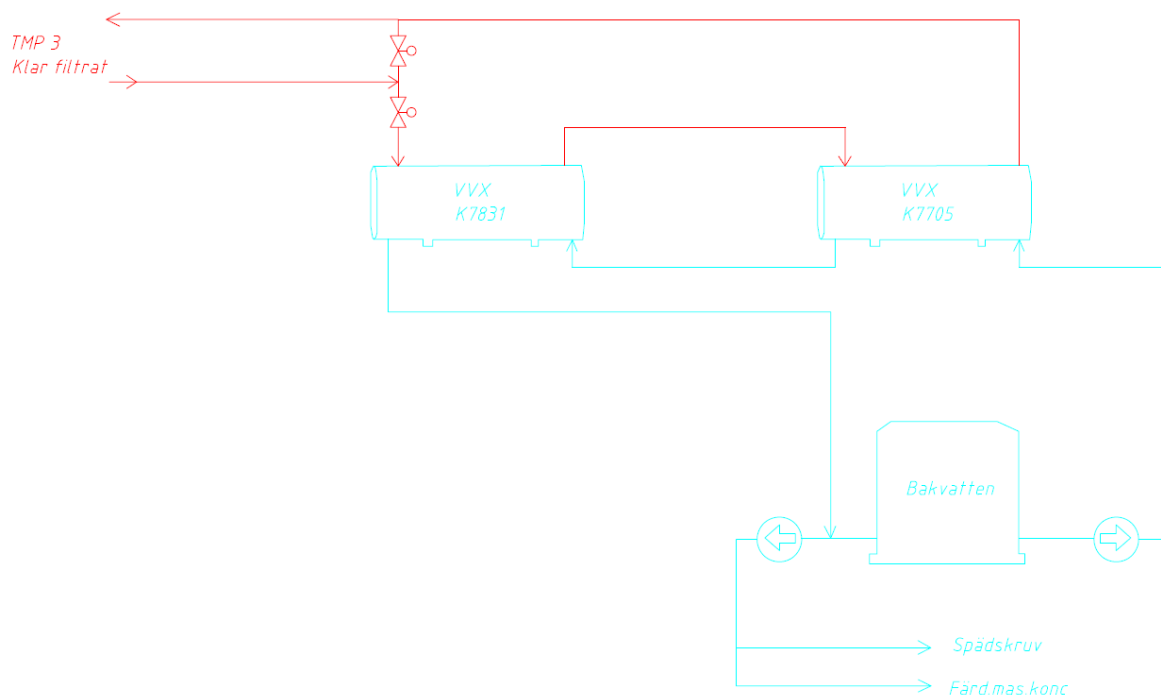
Det varma mediet går in på utsidan av tubrören och tar sig igenom värmeväxlaren till den utgående sidan där det varma mediet har blivit kallare då den avgett värme under processen. Den kalla fluiden går in och transporterar mediet inne i tubrören igenom värmeväxlaren och kommer ut på andra sidan där fluiden har upptagit värme genom processen.



Figur 3 Värmeväxlarens funktion (Nordheat, 2010).

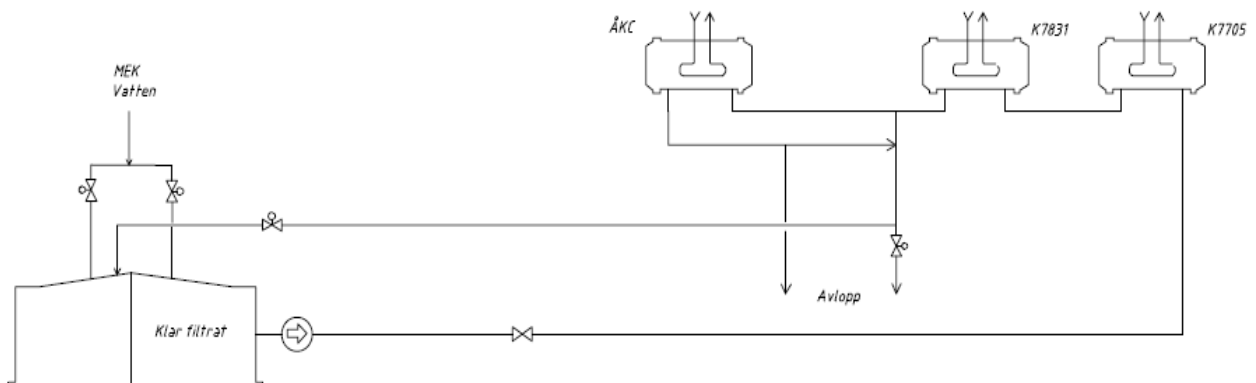
### 3.1.1. Beskrivning av klarfiltratsystem med de två gamla värmeväxlarna

Klarfiltratsystemet består av processvatten som passerat skivfilter, därigenom blivit mekaniskt renat. Detta processvatten finns i en stor tank som har en volym på 190 m<sup>3</sup>. Från klarfiltrattanken transporteras klarfiltratet med en centrifugalpump som transporterar vätska till de två värmeväxlarna K7831 och K7705 som är seriekopplade med varandra. I de två värmeväxlarna vill man överföra värme från klarfiltratsystemet till bakvattnet som används till pappersproduktion. Se figur 4 där en enklare överblicksskiss visas, där de röda linjerna skall representera klarfiltratsrören som går in i värmeväxlarna och överför värmen till bakvattnet som är de blå linjerna.



Figur 4 Värmeöverföring från de gamla värmeväxlarna, från klarfiltrats vatten systemet till bakvattnet.

Från värmeväxlarna körs klarfiltratet tillbaks till klarfiltrattanken. Se figur 5 där en enkel skiss visar klarfiltratstanken och värmeväxlarna, där även en avstickare till Åkc går där två andra värmeväxlare står som man döpt till "ubåtarna". Dessa har kopplats bort när mätningar gjorts då arbetet inte innefattar det systemet.



Figur 5. En enkel skiss över det gamla klarfiltratssystemet.

### 3.1.2. Upptagna data för de två ”gamla” värmeväxlarna

Upptagna värden som ses i tabell 1 är tagna över de två gamla värmeväxlarna där trycken är tagna med hjälp av en och samma manometer. Densiteten för klarfiltratet är utläst från tabell som vatten vid temperaturen 65°C (Thermexcel, 2003) och alla tryck som kan avläsas i arbetet är utskrivna som övertryck.

Tabell 1 Upptagna värden över de två gamla värmeväxlarna.

Densitet [ $\rho$ ]	$980,49 \frac{kg}{m^3}$
Tryck före [ $p_1$ ]	4,4 bar
Tryck efter [ $p_2$ ]	2,7 bar
Höjd till mätaren vvx [ $h_1$ ]	1,6 m
Höjd till mätaren vvx [ $h_2$ ]	1,64 m
Volymflöde [ $\dot{V}$ ]	9861 l/min

### 3.1.3. Beräkningar för de gamla värmeväxlarna

Då vi vet trycket före och efter de bägge värmeväxlarna kan tryckfallet [ $\Delta p_{f12gamla}$ ] över värmeväxlarna beräknas enligt följande:

$$\Delta p_{f12gamla} = p_1 + (h_1 * \rho * g) - p_2 - (h_2 * \rho * g)$$

(Alvarez, 2003, s. 81)

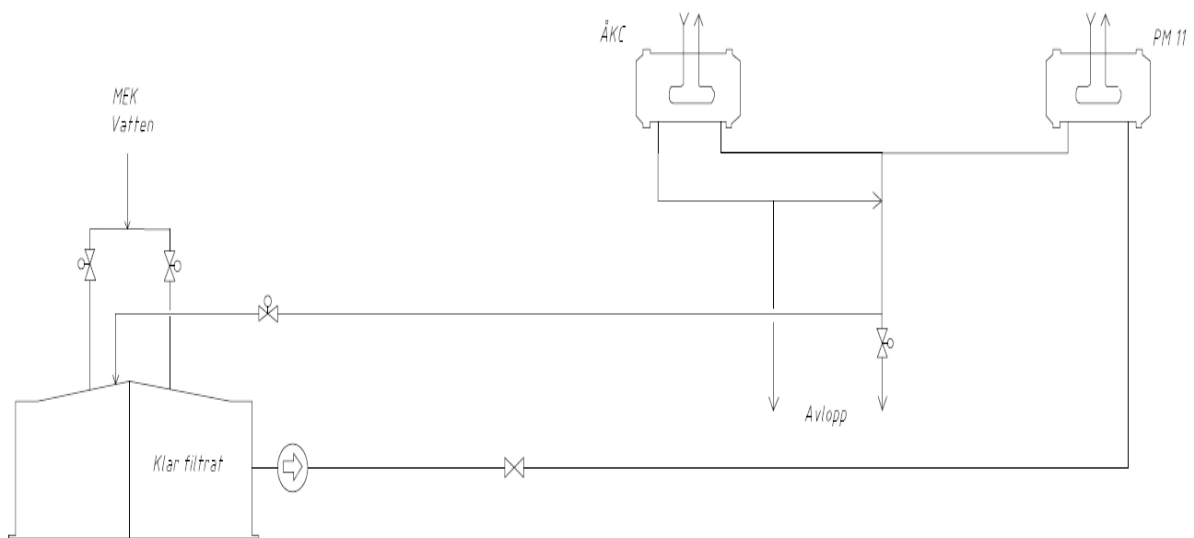


$$\Delta p_{f12gamlra} = 4,4 * 10^5 Pa + \left( 1,6m * 980,49 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} \right) - 2,7 * 10^5 Pa$$

$$- \left( 1,64m * 980,49 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2} \right) = 169615,25 Pa = 1,695 bar$$

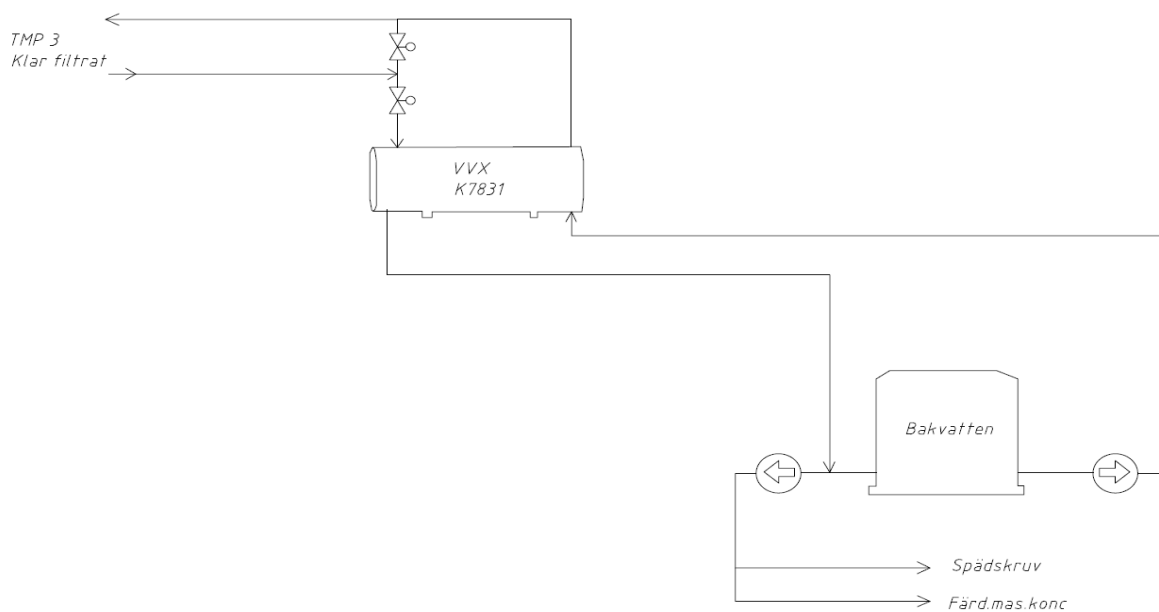
### 3.2. Värmeöverföring i den nya värmeväxlaren

Det nya klarfiltratsystemet är i princip exakt likadant som systemet med de gamla värmeväxlarna det som skiljer nu är att det bara är en värmeväxlare istället för två. Ses i figur 6.



Figur 6 En enkel skiss över klarfiltratssystemet.

Jämför även figur 7 med figur 4 ovan.



Figur 7 Skiss över den nya värmeväxlarens system där värmeöverföring från klarfiltrat vattnet till bakvattnet sker.

I figur 8 ses den ”nya värmeväxlaren” uppställd på sin plats och i drift.



Figur 8 Nya värmeväxlaren.

### 3.2.1. Upptagna data för den nya värmeväxlaren

Upptagna värden för den nya värmeväxlaren ses i tabell 2, där trycken är tagna med hjälp av samma manometer som tidigare. Densiteten för klarfiltratet är utläst från samma tabell som tidigare men denna gång är temperaturen 83°C (Thermexcel, 2003).

Tabell 2 Upptagna värden för den nya värmeväxlaren.

Densitet [ $\rho$ ]	$971 \frac{kg}{m^3}$
Tryck före [ $p_1$ ]	2,6bar
Tryck efter [ $p_2$ ]	2,3 bar
Höjd till mätaren vvx [ $h_1$ ]	1,6 m
Höjd till mätaren vvx [ $h_2$ ]	1,64 m
Volymflöde [ $\dot{V}$ ]	9596 l/min

### 3.2.2. Beräkningar av den nya värmeväxlaren

Då trycket före och efter värmeväxlaren är känt kan tryckförlusten [ $\Delta p_{f12nya}$ ] över värmeväxlaren beräknas som tidigare fall:

$$\Delta p_{f12nya} = p_1 + (h_1 * \rho * g) - p_2 - (h_2 * \rho * g)$$

(Alvarez, 2003, s. 82)

$$\begin{aligned} \Delta p_{f12nya} &= 2,6 * 10^5 Pa + \left(1,6m * 971 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2}\right) - 2,3 * 10^5 Pa \\ &\quad - \left(1,64m * 971 \frac{kg}{m^3} * 9,81 \frac{m}{s^2}\right) = 29\,618,9 Pa = 0,296 bar \end{aligned}$$

Nedan i tabell 3 ses en sammanställning av resultat från beräkningar, dock måste man ta hänsyn till att en viss skillnad i flödena. Flödet som gick genom de två gamla värmeväxlarna och den nya värmeväxlaren är olika under mätningarna. Detta beror på att pumpen ställdes in manuellt till ett börvärde som inte uppfylldes då de två gamla värmeväxlarna var i bruk.

**Tabell 3 Sammanställning av värmeväxlarnas beräkningar.**

Tryckförlustskillnader mellan de gamla och nya vvx		
Tryckförlust över de gamla vvx	Tryckförlust över den nya vvx	Skillnaderna mellan vvx
1,695 bar	0,296 bar	1,4 bar

## 4. KLARFILTRATETS RÖRLEDNING

Klarfiltrates rörlängd mättes upp med hjälp av lasermätare, men då det handlar om långa sträckor och placeringar av röret där det inte är så lätt att mäta, så är längderna ungefärliga. Höjden är också uppmätt med lasermätaren för att kunna få en gemensam nollpunkt för systemberäkningarna trots de olika placeringarna av tank, pump, värmeväxlarna, ventiler, mätare, mm.

Alla höjder räknades med havsnivån som nollpunkt. Detta med hjälp av information som vi fått tilldelat i systemritningarna där golvnivåerna är angivna i vilken höjd de har över havsytan. En förenklad skiss över rörlängderna, krökar, ventiler samt höjderna kan ses i bilagan som har namnet ”Rörlängder och höjder”.

### 4.1. Röldata

Vid lasermätningarna av höjd och längd, samt marknivåns höjd som är tagen från systemritningarna, kan i tabell 4 ses en sammanställning. Rören är av typ DN 300 med tryckklassen PN 10. All den uppsamlade data används senare i uträkningar av rörsystemet.

Tabell 4 Uppsamlad röldata.

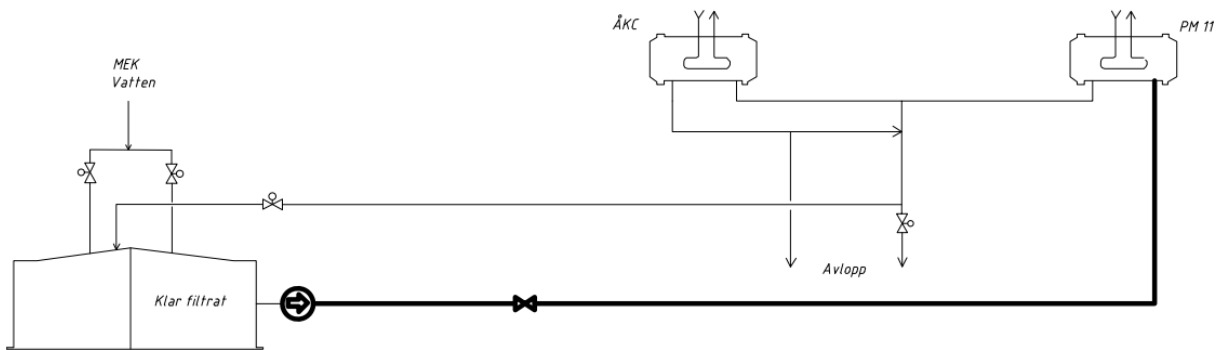
Rörlängd totalt [m]	834
Rör innerdiameter $D$ [mm]	300
Rörmaterial	Syrafast
Antal krökar [st]	54
Antal berörda ventiler [st]	6
Volymflöde [l/min]	9596
Medelbockningsradien [mm]	400

Den uppsamlade rördatan används i beräkningar för att kartlägga vart tryckförluster finns i systemet.

#### 4.1.1. Röruträkningar

Uträkningarna är grundade på data som har sammanställts i tabell 4 som kan ses under rubriken ”5.1. Röldata”. Den första delen av rörsystemet mellan pumpen och värmeväxlarna

se figur 9.



Figur 9 Överblick, där den markerade linjen är första delen av systemet

Med hjälp av nedanstående formler och beräkningar får man ut den totala tryckförlusten för första delen av systemet.

$$\Delta p_f = (p_1 + h_1 * \rho * g) - (p_2 + h_2 * \rho * g)$$

(Alvarez, 2003, s. 62)

$$\begin{aligned} \Delta p_{tf1} &= (330000 \text{ Pa} + 11,2 \text{ m. öh} * 971 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) \\ &- \left( 260000 \text{ Pa} + 8 \text{ m. öh} * 971 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 100481 \text{ Pa} = 1,004 \text{ bar} \end{aligned}$$

För systemet finns en del rörböjar och dessa beräknas enligt formlerna nedan. För att beräkna tryckförlusterna i systemets böjar behövs medelböckningsradien. Denna gavs av uppdragsgivaren och kan ses i bifogat material under namnet ”Medelböckningsradien”.

Med vetskap om detta kan tryckförlusterna i rörböjarna [ $\Delta p_{f,rörböjar}$ ] beräknas enligt följande:

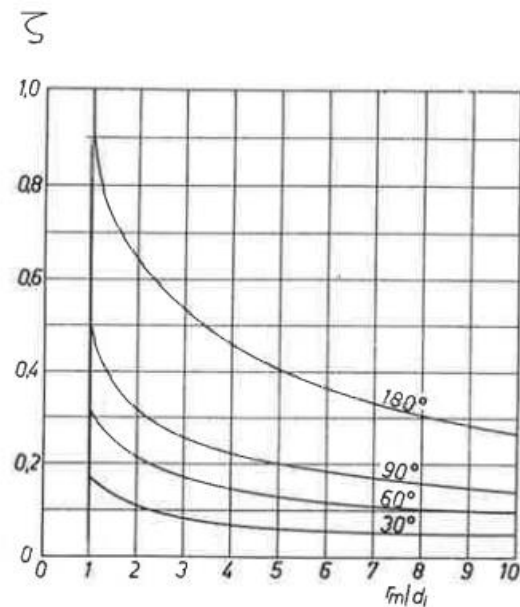
$$\Delta p_{f,rörböjar} = \zeta * \frac{c^2}{2} * \rho$$

$$c = \frac{\dot{V}}{A_{tvär}}$$

(Alvarez, 2003, s. 74)

$$c_1 = \frac{0,16 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{0,32 \text{ m}^2 * \pi}{4}} = 2,27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Motståndskoefficienten  $\zeta$  ges till ett värde av 0,4 ur diagram från Alvarez som kan ses i figur 10.



$$\Delta p_{\text{tf}} = \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot c^2$$

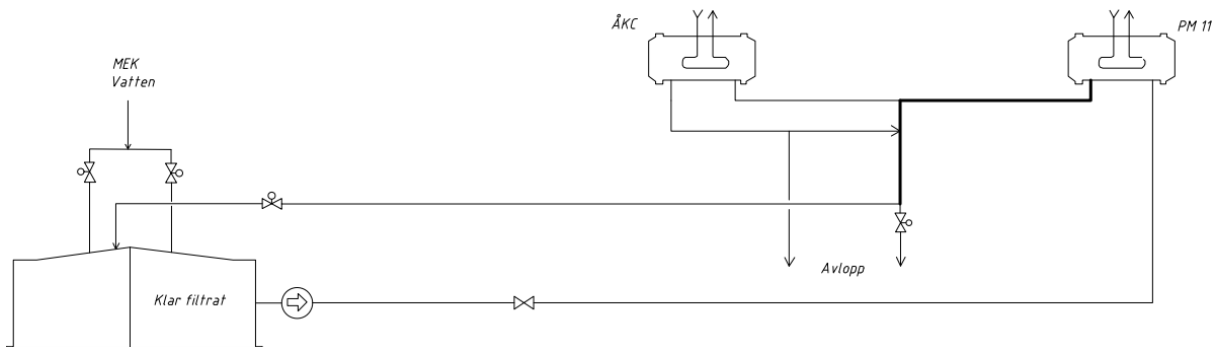
$r_m$  = medelböckningsradie  
 $d_i$  = inre rördiameter

Figur 10 Totaltryckförlust i rörböjar (Alvarez, 2003, s. 74).

Då man vet rördiametern och medelböckningsradien.

$$\Delta p_{f1, \text{rörböjar}} = 0,4 * \frac{2,273^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} * 971 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 27 = 27090 \text{ Pa} = 0,27 \text{ bar}$$

För den delen vi kallar den andra delen av systemet beräknas rörböjarnas tryckförluster mellan värmeväxlaren och knutpunkten till avloppet kan ses i figur 11.

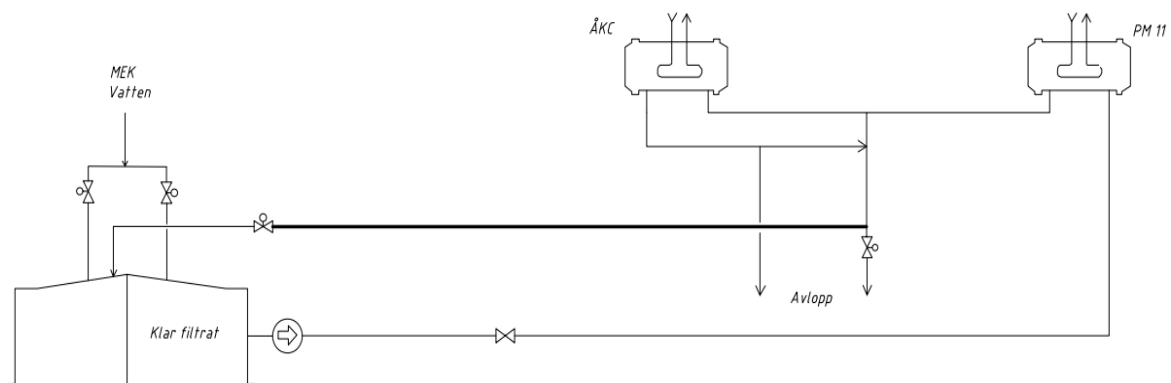


Figur 11. Överblick, där den markerade linjen är den andra delen av systemet.

Och beräknas på följande sätt:

$$\Delta p_{f2, \text{rörböjor}} = 0,4 * \frac{2,27^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2} * 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 22 = 22582 \text{ Pa} = 0,22 \text{ bar}$$

Den del vi kallar för tredje delen av rörsystemet är där rörböjningsförluster beräknas mellan avloppets knutpunkt till strypventilen se figur 12.



Figur 12. Överblick, där den markerade linjen är den tredje delen av systemet.

Där har man annat flöde i rörsystemet på grund av att en del av massflödet går till avloppet och en del tillbaks till tanken. Detta bidrar till en annan strömningshastighet i rören. Se beräkningarna enligt nedan:

$$c_2 = \frac{\frac{(9600 - 866) \text{ m}^3}{1000 * 60 \text{ s}}}{\frac{0,3^2 * \pi}{4}} = 2,06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\Delta p_{f3, r\ddot{o}rb\ddot{o}jar} = 0,4 * \frac{2,060^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2} * 996 \frac{kg}{m^3} * 5 = 4226 Pa = 0,042 bar$$

Då man vet de totala tryckförlusterna samt rörböjstryckförlusterna för första delen av rörsystemet kan rörfriktionskoefficienten  $\lambda$  beräknas ut enligt nedan:

$$\lambda = \frac{\Delta p_f}{\frac{L}{D} * \frac{c^2}{2} * \rho}$$

(Alvarez, 2003, s. 63)

$$\lambda_1 = \frac{(100481 - 27090)Pa}{\frac{417 m}{0,3 m} * \frac{2,27^2 \left(\frac{m}{s}\right)^2}{2} * 971 \frac{kg}{m^3}} = 0,021$$

Reynolds tal  $Re$  beräknas enligt nedan ut med hjälp av kinematisk viskositet  $\nu$ , utgående ifrån fluidens temperaturen i systemet (The engineering toolbox), samt vetenskapen om strömningshastigheten  $c$  som tidigare räknats ut. Den kinematisk viskositet  $\nu$  är olika för de två delarna av systemen där de beräknas ut två olika Reynolds tal  $Re$ .

$$Re = \frac{c * d}{\nu}$$

(Alvarez, 2003, s. 63)

För den första samt andra delen av systemet blir då  $Re_{1 och 2}$  enligt nedan:

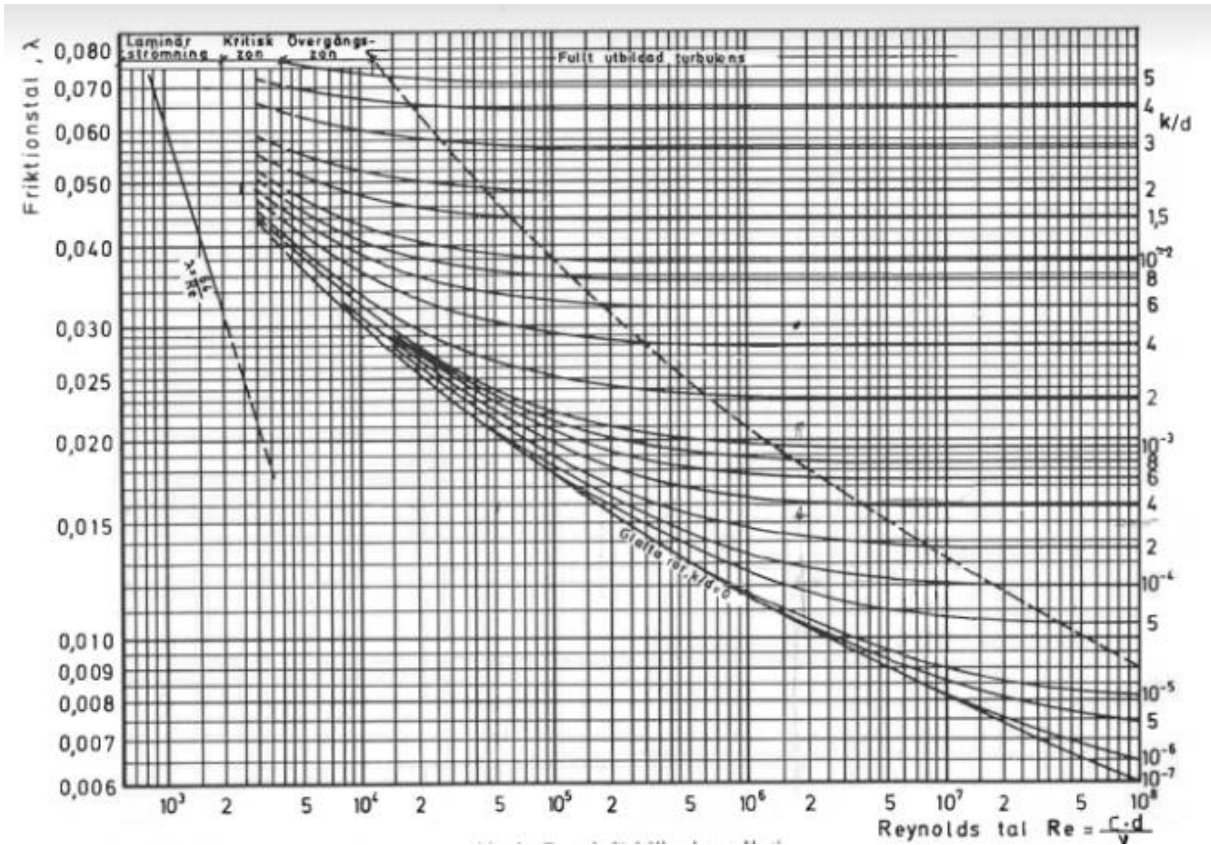
$$Re_{1 och 2} = \frac{2,27 \frac{m}{s} * 0,3m}{0,475 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 1,4 * 10^6$$

Och för den tredje delen av systemet blir då  $Re_3$  enligt nedan:

$$Re_3 = \frac{2,06 \frac{m}{s} * 0,3m}{0,365 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 1,7 * 10^6$$



Från rörfriktionskoefficienten  $\lambda$  och Reynolds tal  $Re$  kan en ytråhet även kallat k-värde räknas ut med hjälp av diagram från Alvarez se i figur 13 för den första och andra delen av systemet. Detta fås till ett värde av 0,3 mm som motsvarar ett rostigt rör. Då rören är syrefasta kan det antas att ytskrovligheten beror på beläggning på insidan av röret.



Figur 13 Rörfriktionskoefficient  $\lambda$  som funktion av Reynoldstal  $Re$  och förhållandet ytråhet/rördiameter  $\frac{k}{d}$  (Alvarez, 2003, s. 63).

Detta kan då jämföras med ett ”nytt fint” rör genom att ta k-värdet för ett teoretiskt längssvetsatrör från figur 14 och beräkna tryckförlusten på nytt.

Material	Tillstånd	k (mm)
mässing, koppar, aluminium, plast, glas	släta, utan avlagringar	<0,03
stål	nya, sömlösa, kalldragna	<0,03
	nya, sömlösa, varmdragna	0,05–0,10
	nya, sömlösa, varmvalsade	0,10
	nya, längssvetsade	0,10–0,20
	nya, spiralsvetsade	0,20–0,30
	lätt rostiga	0,50–2
	rostiga	>2
	inkrusterade	0,03–0,05
	med kraftiga inkruster	0,10–0,20
	bitumenbestrukna, nya normalt	0,13
förzinkade		
gjutjärn	nya	0,25
	rostiga	1,0 –1,5
	inkrusterade	>1,5
	bitumenbestrukna, nya	0,1 –0,15
asbestcement	isolerade och oisolerade, nya	<0,03
	oisolerade, normalt	0,05

Figur 14 Tabell för ytråheten (Alvarez, 2003, s. 66).

Med ytråheten för ett nytt rör kan en ny rörfriktionskoefficient tas från bokens diagram till ett värde av 0,0155mm. Med detta räknas sedan en ny tryckförlust  $\Delta p_{f1.1}$  ut:

$$\Delta p_f = \frac{L}{D} * \frac{c^2}{2} * \rho * \lambda$$

(Alvarez, 2003, s. 62)

$$\Delta p_{f1.1} = \frac{417 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} * \frac{2,273^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} * 971 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,0155 = 54042 \text{ Pa} = 0,540 \text{ bar}$$

Skillnaderna i tryck för nytt och gammalt rör blir då:

$$\Delta p_{f1} = (100481 - 27090) \text{ Pa} - 54042 \text{ Pa} = 19349 \text{ Pa} = 0,193 \text{ bar}$$

Ett antagande görs att fram till knutpunkten för avloppet är rörsystemet likadant. Antagandet gör att tryckfallet per meter rör  $\Delta p_{fm}$  kan beräknas när vi vet totala tryckförlusten i första delen av systemet  $\Delta p_{tf1}$  och tryckförlusterna över rörböjarna  $\Delta p_{f_{rörböjar}}$ . Detta beräknas på följande sätt:

$$\Delta p_{tf1} = 100481 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{f,rörböjar} = 27090 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_{f,rörlängd} = (100481 - 27090) \text{ Pa} = 73391 \text{ Pa} = 0,734 \text{ bar}$$

Rörförlusten för en meter rör i systemet blir då:

$$\Delta p_{fm} = \frac{\Delta p_{f,rörlängd}}{L}$$

$$\Delta p_{fm} = \frac{73391 \text{ Pa}}{417 \text{ m}} = 176 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

Om man utgår från beräkningarna ovan när man får reda på tryckförlusten per längdenhet kan trycket i knutpunkten  $p_2$  till avloppsförgreningen beräknas enligt följande:

$$p_1 = 2,3 \text{ bar}$$

$$h_1 = 8 \text{ m. öh}$$

$$h_2 = 12,45 \text{ m. öh}$$

$$L = 268,9 \text{ m}$$

$$\Delta p_{f,rörböjar} = 22073 \text{ Pa} = 0,22 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{fm} = 176 \frac{\text{Pa}}{\text{m}}$$

$$p_2 = p_1 - ((h_2 - h_1) + \Delta p_{fm} * L + \Delta p_{f,rörböjar})$$

(Alvarez, 2003, s. 62)

$$p_2 = 2,3 * 10^5 \text{ Pa} - \left( ((12,45 - 8) * 9,81 * 10^{-2}) \text{ m. öh} * 10^5 \text{ Pa} + 176 \frac{\text{Pa}}{\text{m}} * 268,9 \text{ m} + 22073 \text{ Pa} \right) = 116946 \text{ Pa} = 1,169 \text{ bar}$$

Om man utgår ifrån att den andra halvan av röret fram till knutpunkten för avloppet anses vara i samma skick som den första kan det antas att rörfriktionskoefficienten  $\lambda$  är samma för

de båda delarna. Då beräknas den totala tryckförlusten för del två av systemet av det befintliga röret  $\Delta p_{fg2}$  och likadant för det tänkta nya röret  $\Delta p_{fn2}$ .

$$\Delta p_{fg2} = \frac{269 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} * \frac{2,273^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} * 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,021 = 48448 \text{ Pa} = 0,484 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{fn2} = \frac{269 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} * \frac{2,273^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} * 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,0155 = 35759 \text{ Pa} = 0,358 \text{ bar}$$

Skillnaderna i tryck för nytt och gammalt rör blir då:

$$\Delta p_{f2} = (48448 - 35759) \text{ Pa} = 12689 \text{ Pa} = 0,127 \text{ bar}$$

Vid den tredje delen av rörsystemet som ligger efter avloppets knutpunkt kommer flödet att vara mindre samt en reglerventil som håller trycket till 0,3 bar, vilket tas i beaktande när man beräknar den totala tryckförlusten för det befintliga röret i del tre  $\Delta p_{tf3}$ .

$$\begin{aligned} \Delta p_{tf3} &= (1,169 * 10^5 \text{ Pa} + 12,45 \text{ m.öh} * 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ &\quad - \left(0,3 * 10^5 \text{ Pa} + 12,669 \text{ m.öh} * 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) = 35906 \text{ Pa} \\ &= 0,360 \text{ bar} \end{aligned}$$

$$\lambda = \frac{(35906 - 4226) \text{ Pa}}{\frac{148 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} * \frac{2,06^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} * 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,03$$

Från rörfriktionskoefficienten  $\lambda$  kan ett k-värde räknas ut med hjälp av diagram från Alvarez. Detta fås till ett värde av 1,5 mm som motsvarar ett rör med beläggning.

Detta görs sedan som tidigare och ersätts med ett nytt teoretiskt rör för att kunna se skillnaden om systemet skulle ha helt nya rör mot vad som är på plats.

$$\Delta p_{fn3} = \frac{148 \text{ m}}{0,3 \text{ m}} * \frac{2,06^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} * 996 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,0155 = 16159 \text{ Pa} = 0,162 \text{ bar}$$

Skillnaderna i tryck för nytt och gammalt rör blir då:

$$\Delta p_{f3} = (35906 - 4226) \text{ Pa} - 16159 \text{ Pa} = 15520 \text{ Pa} = 0,155 \text{ bar}$$

Nedan i tabell 5 ses en sammanställning av resultat från beräkningar.

**Tabell 5 Sammanställning av rörberäkningar.**

Beräknade resultat för befintligt och tänkt nytt rörsystem			
Beskrivning	Befintligt rörsystem	Ett tänkt nytt rörsystem	Skillnader mellan rörsystemen
Total tryckförlust del 1 [ $\Delta p_{tf1}$ ]	1,004 bar	0,81 bar	0,193 bar
Rörböjar del 1 [ $\Delta p_{f1,rörböjar}$ ]	0,27 bar		
Rörfriktionskoefficienten del 1 [ $\lambda$ ]	0,021		
Ytråheten del 1 [k-värde]	0,3 mm	0,1 mm	
Total tryckförlust del 2 [ $\Delta p_{tf2}$ ]	0,484 bar	0,358 bar	0,127 bar
Rörböjar del 2 [ $\Delta p_{f2,rörböjar}$ ]	0,22 bar		
Rörfriktionskoefficienten del 2 [ $\lambda$ ]	0,021		
Ytråheten del 2 [k-värde]	0,3 mm	0,1 mm	
Tryck i knutpunkt [ $p_2$ ]	1,169 bar		
Total tryckförlust del 3 [ $\Delta p_{tf3}$ ]	0,36 bar	0,162 bar	0,155 bar
Rörböjar del 3 [ $\Delta p_{f3,rörböjar}$ ]	0,042 bar		
Rörfriktionskoefficienten del 3 [ $\lambda$ ]	0,03		
Ytråheten del 3 [k-värde]	1,5 mm	0,1 mm	

Rördelar före pump och efter strypventilen har inte beaktas på grund av att det är sådana korta sträckor. Då dessa rör inte skulle göra någon större påverkan över hela systemet. Samt de få ventiler som finns i systemet har även så liten påverkan att dessa inte beaktas.

## 4.2. Ventil

I systemet finns det ventiler som både är manuellt justerbara och reglerbara från övervakningssystemet som känner av processens regleringsbehov. De styrda komponenterna

ifrån övervakningssystemet sattes i manuellt läge vid upptagning av värden för att kunna utgå från samma driftförhållande då tryck uppmättes före och efter byte av värmeväxlare.

I slutet av systemet innan tanken efter att klarfiltratsvattnet passerat värmeväxlaren sitter en ventil som är inställd att hålla ett övertryck i systemet konstant på 0,3 bar, denna ventil regleras per automatik.

#### **4.2.1. Vakuumentil**

Vid högsta punkten för klarfiltratssystemet sitter vakuumentiler som kan ses i figur 15. Dessa vakuumentiler finns för att förhindra skador på röret. Om det skulle vara så att undertryck skapas i klarfiltratets rörledning kommer ventilen att öppnas. Detta för att utjämna tryckskillnaden mellan atmosfärstryck mot det rådande trycket inne i röret, för att förhindra att röret imploderar.



Figur 15 Vakuumentiler som är placerade på rörsystemets högsta punkt.

### **4.3. Isolering**

Isolering på rören påverkar processen då man i detta fall vill transportera värme från klarfiltrattanken till växlarna som ska förse bakvattnet med värme till pappersprocessen.

Uppdragsgivaren vill att vi skulle se på hur väl röret är isolerat efter som att med åren gjort förändringar så som ombyggnad av systemet samt kringliggande system. I dessa fall kanske inte allt återställs, så som isolering som lätt glöms bort då arbeten avslutas.

Så var inte fallet då röret är väl isolerat bortsett från några ställen inne i byggnaderna där de är avsedda att värma omgivningen. Dessa få ställen påverkar dock inte huvudsyftet med systemet, så inga åtgärder behövdes.

#### 4.4. Föroreningar

Föroreningar i ett system är något som man hela tiden jobbar med att förhindra. I samband med ett driftsstopp gavs ett tillfälle att se hur rören såg ut på insidan. Ett exempel på detta kan ses i figur 16 där man ser rörinloppet till den ”gamla” värmepumpen. De ställen där föroreningar mest logiskt skall fastna är vid värmepumparna, böjar och ventiler.



Figur 16 Rörinloppet till värmepumpen.

Under rubrik ”5.1.1. Röruträkningar” beräknades  $k$ -värdet på rören även kallat ytråheten, sammanställning från beräkningarna kan ses i tidigare tabell 5. De beräkningar som gjorts ger en indikation på att beläggningar finns i systemet. I de två första delarna kan beläggningarna jämföras med att rören är rostiga, medan den sista delen av systemet indikerade på att tjockare beläggningar finns. Detta i sig är en bidragande orsak till tryckförluster i systemet.

Förutom att man tydligt ser på bilden att beläggningar finns på insidan av röret så kan en annan bidragande orsak till förlusten vara svetsfogarna. Största delen av rörsystemet är nämligen svetsat med pinne och man har inte använt sig av rotgas. Om rotgas skulle ha använts skulle det bidragit till att svetsfogarna på insidan skulle vara jämnare och därmed lett till en något mindre tryckförlust.



## 5.

## 6. PUMPEN

Pumpen som transporterar klarfiltratet till värmeväxlaren och tillbaka till tanken är en centrifugalpump även kallad radialpumpstyp. Denna pump styrs med varvtalsreglering, detta för att hålla ett visst flöde som mäts. Börvärdet för flödet förändras utifrån hur mycket värme man vill överföra i värmeväxlaren. Vid låga flöden då pumpen går på sitt minivarv styrs överförd värme via bypass av värmeväxlaren.

Med de smutsiga gamla värmeväxlarna i systemet fick pumpen jobba på övervarv utan att nå upp till önskat driftläge. Flödet minskade på grund av tryckförluster detta gjorde att varvtalet ökade för att nå upp till önskad värmeöverföring. Vilket bidrog till högre driftkostnader på pumpen. Då pumpen inte lyckades nå upp till den önskade värmeöverföringen fick elpannorna användas och detta bidrog till mer driftkostnader. I tabell 16 nedan kan en sammanställning av skillnaderna mellan det gamla och nya systemet.

Tabell 6 sammanställning av pumpdata före och efter byte av vvx.

Pumpdata		
Beskrivning	Gamla systemet	Nya systemet
Varvtal	1865 rpm	1350 rpm
Verkningsgraden $\eta$	75 %	85 %
Uppfodringshöjden H	58m	28m
Effekt P	120kW	54kW
Flöde Q	9600 l/min	9600 l/min

Detta kan även ses tydligt i bilagan ”Pumpdiagram för gamla systemet”, där man kan avläsa att pumpens verkningsgrad försämrats. Man vill helst ligga i det optimala driftområdet där verkningsgraden är 85 %, vilket den gör för systemet med den nya värmeväxlaren, se bilagan ”Pumpdiagram för nya systemet”.

### 6.1. Varvtalsreglering

Då centrifugalpumpen är varvtalsreglerad så ändrar man inte på systemkaraktäristiska kurvan, utan det är pumpkaraktäristiska kurvan som förändras. Då centrifugalpumpen minskar på

varvtalet minskar trycket och flödet. Detta görs utan att verkningsgraden påverkas destomera, med andra ord är verkningsgraden ungefär konstant i detta fall. Då trycket minskats minskar även pumpens effektbehov, vilket leder till att driftkostnaderna blir mindre på sikt och onödigt arbete inte görs av pumpen.

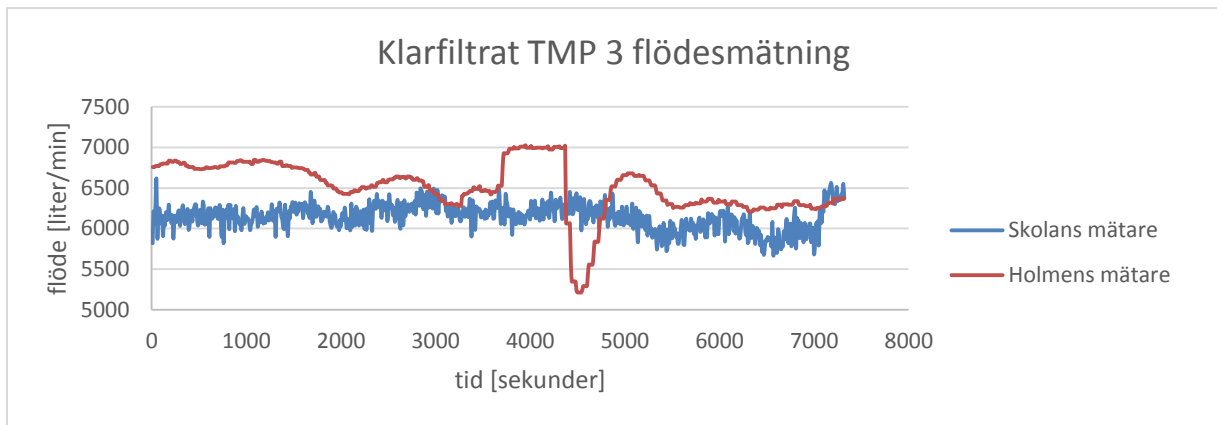
## 6.2. Flödesmätning

Genom högskolan fanns det tillgång till att låna en transportabel flödesmätare Fluxus F 601 (Flexim). En bild på denna flödesmätare kan ses i figur 17. Denna används för att jämföra det fasta flödesmätningen på systemet.



Figur 17 Portabel flödesmätare Fluxus F 601 (Thorne & Derrick)

I figur 18 visas ett sammanställt diagram där båda flödesmätningarna är inlagda, som en snabb överblick. Vid noggrannare avläsning av flödet se bilaga ”Sammanställning av flödesmätningen”. Den blå linjen visar skolans flödesmätare och den röda är systemets fasta flödesmätare, där flödet avläses som liter per minut.



Figur 18 Jämförelse mellan det fasta systemets flödesmätning och den portabla flödesmätaren Fluxus F 601.

Som det ses i figur 18 ovan så håller skolans mätare ganska konstant värde medan Holmens stationära mätare pendlade i flödesmätningarna. Då det skedde pendlingar i processen under tiden mätningarna togs, borde flödet ändrat. Vilket gör att man kan anta att Holmens mätare är den som visar mest rätt.

### 6.3. Pump- och systemkaraktäristiska

För att kunna rita upp en systemkaraktäristiska för de två systemen har data uppsamlats med hjälp av anläggningens fasta system. Detta gjordes då de två gamla värmeväxlarna fortfarande var i bruk, där olika driftlägen noterades, se detta i tabell 7. Där visas flödet som pumpen ger, trycket vid värmeväxlarens inlopp  $p_{vx1}$ , tryckförlusten över hela rörsystemet  $\Delta p_{tfsyst}$ , statiska trycket efter pump  $p_{p1}$  samt uppfodringshöjden  $h_{pump}$ .

Tabell 7 Noterade värden för det gamla systemet, vid olika driftlägen.

gamla värmeväxlarna				
flöde $\left[\frac{l}{s}\right]$	$p_{vx1}$ [bar]	$\Delta p_{tfsyst}$ [bar]	$p_{p1}$ [bar]	$h_{pump}$ [m. vp.]
0	0	0,311	0,31	3,17
111	3,05	0,612	3,66	37,4
123	3,43	0,747	4,17	43,6
154	4,38	1,17	5,55	56,6
162	4,66	1,3	5,96	60,8
167	4,86	1,373	6,23	64,6

Då man ersatt de två gamla värmeväxlarna med den nya, har data för olika driftlägen tagits igenom de fasta tryck- och flödesmätare som fanns tillgängliga, se i tabell 8 för de noterade värdena.

Tabell 8 Noterade värden för det nya systemet, vid olika driftlägen.

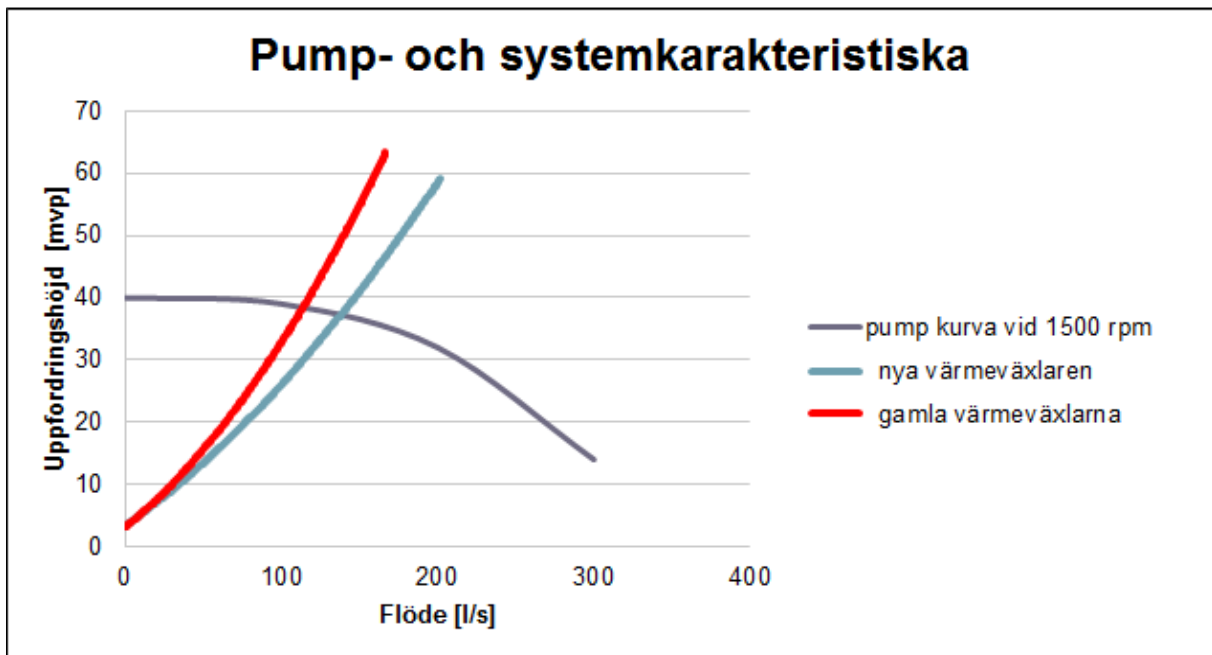
nya värmeväxlaren				
flöde $\left[\frac{l}{s}\right]$	$p_{vx1}$ [bar]	$\Delta p_{tfsyst}$ [bar]	$p_{p2}$ [bar]	$h_{pump}$ [m. vp.]
0	0	0,311	0,311	3,17
92,7	2,07	0,425	2,495	25,4
123	2,33	0,755	3,085	31,4
201	3,82	2,01	5,83	59,4

I tabell 9 ses värden som fåtts från pumpkatalogen för centrifugalpumpen.

Tabell 9 Olika tryck och flöden från pumpdiagrammet.

pump kurva vid 1500 rpm	
flöde $\left[\frac{l}{s}\right]$	$h_{pump}$ [m. vp.]
0	40
100	39
200	32
300	14

Med vetskap om centrifugalpumpens olika driftlägen kan pumpkaraktäristiska också ritas upp i samma diagram som där de två systemkurvorna gjorts, vilket visas i figur 19. I detta diagram ses tydlig skillnad mellan systemen då tryckförlusterna minskat när byte av värmeväxlarna gjorts. Detta leder till att pumpen nu kan leverera mera flöde med vid ett lägre varvtal, vilket ger en minskad effektförbrukning.



Figur 19 Skillnaden på de två olika systemen och driftpunkterna för pumpen om den skulle ha varvtalet på 1500 rpm.

## 6.4. Pumpberäkningar

Beräkningar på tryckförlusterna för det befintliga rörsystemet, samt beräkningar för vad ett nytt rörsystems tryckförluster skulle bli. Detta har gjorts tidigare i avsnitt ”5.1.1. Röruträknningar”. Då rörfriktionskoefficienter är givna för det gamla samt ett nytt rör kan effektförbrukningen jämföras med hjälp av beräkningarna nedan:

$$\Delta p_{pump} = p_1 - p_{tank}$$

$$P = \frac{\Delta p_{pump} * \dot{V}}{\eta}$$

(Alvarez, 2003, s. 119)

Då vi vet trycket efter pumpen  $p_1$ , trycket i klarfiltratstanken  $p_{tank}$ , verkningsgraden  $\eta$  och volymflödet  $\dot{V}$  är kända så kan man för det gamla systemet beräkna ut effekten:

$$\dot{V} = 159,9 \frac{l}{s} = 0,1599 \frac{m^3}{s}$$

$$p_{tank} = 37572 Pa$$

$$p_1 = 330000 Pa$$

$$\eta = 0,85 \%$$

$$P = \frac{(330000 - 37572)Pa * 0,1599 \frac{m^3}{s}}{0,85} = 55010,8 W$$

Från tidigare uträkningar i avsnitt "5.1.1. Röruträkningar" erhålls skillnaderna i tryckförlusterna för de tre delarna av systemet då det nya tänkta röret är monterat:

$$\Delta p_{f1} = 19349 Pa$$

$$\Delta p_{f2} = 12689 Pa$$

$$\Delta p_{f3} = 15520 Pa$$

$$\dot{V} = 0,1599 \frac{m^3}{s}$$

$$p_{tank} = 37572 Pa$$

$$p_1 = 330000 Pa$$

$$\eta = 0,85 \%$$

$$P = \frac{(330000 - (37572 + 19349 + 12689 + 15520)Pa * 0,1599 \frac{m^3}{s}}{0,85} = 46064 W$$

Skillnaden i effekt för det teoretiska nya rörsystemet och det verkliga gamla blir då:

$$(55010 - 46064)W = 8946 W$$

Nedan i tabell 10 ses en sammanställning av resultat från beräkningarna som visar att 9 kW pumpeffekt skulle sparas om man byter ut det befintliga rören till nya.

**Tabell 10 Sammanställning av pump beräkningar.**

Beräknade resultat för pumpens effekt för befintligt- och tänkt nytt rörsystem			
Pumpens	Befintligt rörsystem	Ett tänkt nytt rörsystem	Skillnad i effekt
Effekt	55 kW	46 kW	9 kW

## 7. SLUTSATSER

Vid beräkningar noterades det att rördelen efter knutpunkten till avloppet hade betydligt mycket mer beläggningar än rördelen innan, dessa beräkningar visar att beläggningar i rören innan ger ett k-värde för det befintliga röret till 0,3mm. I den tredje delen av systemet visar beräkningarna att beläggningarna ger ett k-värde på 1,5mm detta kan ses i sammanställning av beräkningarna i tabell 5 under rubriken ”5.1.1 röruträknningar”. Detta skulle kunna bero på att strömningshastigheten är något lägre efter knutpunkten till avloppet. Då strömningshastigheten blir lägre kan det antas att mer partiklar fastnar på insidan av röret.

Vid beräkningarna jämfördes även ett tänkt rent rör, då man har kommit fram till att det finns förluster i det befintliga röret. Men resultaten tyder på att de inte är tillräckliga för att göra någonting åt röret. Då kostnaderna för rengöringen eller utbytet antagligen skulle bli för höga så är det inte aktuellt i nuläget.

Vid byte av värmeväxlarna försvann den viktigaste orsaken till tryckförlusten i klarfiltratssystemet. Det önskade flödet uppnåddes, samt bättre temperaturutbyte, vilket resulterade i att pumpen inte behöver jobba på övervarv.

### 7.1. Förslag på eventuella åtgärder

1. En orsak till förluster i systemet skulle kunna vara i klarfiltratets högsta punkt, där det finns en vakuumventil monterat på rören. Den är ditmonterad som en säkerhet för att rören inte skall implodera vid eventuellt stop. Om denna vakuumventil skulle ligga och läcka lite får man en förlust i systemet. Dessa ventiler skulle kunna monteras bort.
2. I beräkningarna visade det sig att ytråheten gick att jämföra med rostiga rör se figur 14 under kappitel ”5.1.1. Röruträknningar”. Detta beror högst troligen på den beläggning på insidan av rören som vi kunde se vid byte av värmeväxlarna. Detta skulle kunna förbättras genom till exempel rengöring av rören eller eventuellt byte av rörsystemet. Byte eller rengöring av hela rörsystemet skulle högst troligen inte vara så lönsamt då besparingarna skulle vara små i jämförelse med kostnaderna för att utföra detta.

3. Rörssystemet skulle kunna förkortas genom att ta bort onödiga avstick, så som den i sileriet vilket skulle medföra mindre böjar och kortare längd på röret.
4. Ritningarna behöver uppdateras. Det mesta stämde men tillexempel den raka biten i sileriet skulle kunna ritas in, se ritning under bilaga ”Ritning rakbiten”. Även uppdatera ritningarna då värmeväxlarna har bytts ut från två till en, samt ventilnumreringarna efter arbetet.

## **7.2. Felkällor**

1. Vid mätning av rörssystemets höjder och längder förekom en viss brist på noggrannhet på grund av vissa rörs oåtkomliga placeringar.
2. Temperaturen på mediet har vid beräkningar antagits varit samma i vissa delar av systemet trots att röret ibland har gått inomhus eller utomhus där det förekommit temperaturförändringar.
3. Vid jämförelse av flödesmätningarna är det en skillnad mellan det fasta systemet och den portabla flödesmätaren. Detta beror på att den portabla flödesmätaren har svårigheter att mäta vätskan då den var inställd på att mäta en ren vätska, i detta fall vatten. I systemet är fluiden lite grumligare och har andra egenskaper

## **6.3. Tack till alla inblandade**

Under denna rubrik vill vi passa på att tacka Magnus Rydstrand för all tid han tagit sig för att hjälpa oss samt berörd driftpersonal och Göran Henriksson för handledning på skolan.



# REFERENSER

Alvarez, H. (2003). *Energiteknik*. Lund: Studentlitteratur AB.

Engineeringtoolbox. (u.d.). *Piping tubing systems*. Hämtat från

<http://www.engineeringtoolbox.com/>: [http://www.engineeringtoolbox.com/piping-tubing-systems-t\\_6.html](http://www.engineeringtoolbox.com/piping-tubing-systems-t_6.html) den 09 03 2017

Flexim. (u.d.). *Portable flowmeters liquids*. Hämtat från <http://www.flexim.com>:

<http://www.flexim.com/en/devices/portable-flowmeters-liquids/fluxus-f601> den 18 03 2017

Hallstaviksschakt. (u.d.). *Hallstaviksschakt*. Hämtat från <http://www.hallstaviksschakt.se/> den

19 3 2017

Holmen. (den 8 2 2017). *About Holmen*. Hämtat från <https://www.holmen.com>:

<https://www.holmen.com/en/about-holmen/> den 18 03 2017

Nordheat. (2010). *Prod tubvux*. Hämtat från <http://www.nordheat.se>:

[http://www.nordheat.se/prod\\_tubvux.htm](http://www.nordheat.se/prod_tubvux.htm) den 24 3 2017

Rydstrand, M. (2017). Energiingenjör. (Linnea, & Kevin, Intervjuare)

The engineering toolbox. (u.d.). *Water- dynamic and kinematic viscosity*. Hämtat från

[www.enigneeringtoolbox.com](http://www.enigneeringtoolbox.com): [http://www.engineeringtoolbox.com/water-dynamic-kinematic-viscosity-d\\_596.html](http://www.engineeringtoolbox.com/water-dynamic-kinematic-viscosity-d_596.html) den 26 4 2017

Thermexcel. (2003). *Tables*. Hämtat från [www.thermexcel.com](http://www.thermexcel.com):

[https://www.thermexcel.com/english/tables/eau\\_atm.htm](https://www.thermexcel.com/english/tables/eau_atm.htm) den 09 03 2017

Thorne & Derrick. (u.d.). *Flexim Fluxus f601*. Hämtat från <http://www.heattracing.co.uk>:

<http://www.heattracing.co.uk/sub-product-details/flexim-fluxus-f601-portable-ultrasonic-clamp-on-liquid-flow-meters> den 24 03 2017

# BILAGOR

1. Rörlängder och höjder
2. Medelbokningsradien
3. Sammanställning av flödesmätningen
4. Ritning rakbiten
5. Pumpdiagram för gamla systemet
6. Pumpdiagram för nya systemet

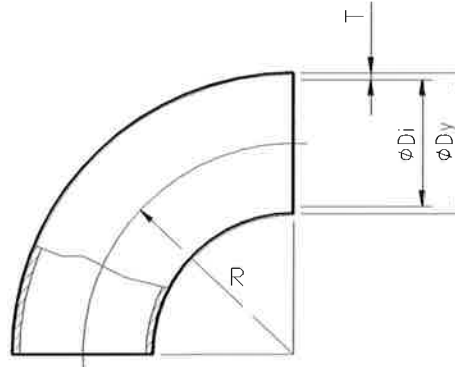


KÄLLA:

**SYRAFASTA RÖRLEDNINGAR**  
**RÖRBÖJ FÖR PN 10 – PN 25, RÖRSTANDARD 10D, 10E, 10F**

1  
BASMÅTT

2  
DIMENSIONER



DN	RÖRBÖJ Dy x T			R	Typ
	PN 10 10D	PN 16 10E	PN 25 10F		
8	10 x 1.0				
10	12 x 1.0			4 x DN	Bockat rör
15	18 x 1.5				
(20)	23 x 1.5			35	Pressade
25	30 x 2.0			38	
40	44 x 2.0	Enligt PN 10	Enligt PN 10	60	rörböjar
50	54 x 2.0			73	
(65)	69 x 2.0			95	R=1.5 x DN
80	84 x 2.0			123	
100	104 x 2.0			150	
(125)	129 x 2.0		106 x 3.0	188	
150	154 x 2.0		131 x 3.0	225	
			158 x 4.0		
200	204 x 2.0	206 x 3.0	210 x 5.0	300	Pressade
250	256 x 3.0	258 x 4.0	262 x 6.0	350	
300	306 x 3.0	310 x 5.0		400	rörböjar
350	356 x 3.0	360 x 5.0		450	
400	408 x 4.0	412 x 6.0		500	R = D + 100
500	508 x 4.0			600	
600	610 x 5.0			700	
700	710 x 5.0			800	
800	812 x 6.0			900	

3  
BETECKNING

Rörböj, grader, Dy x T, material, standard nr.  
Exempel: Rörböj 60°, 204 x 2.0, SS 2353, RÖR 324

TMP 3 klarfiltrat flöde l/sekund			
	Skolans mätare	Holmens mätare	sekunder
18.10.2016 11:58	5818,77	6757,6	10
18.10.2016 11:58	6213,26	6757,6	20
18.10.2016 11:58	6048,89	6757,6	30
18.10.2016 11:58	6295,45	6770,6	40
18.10.2016 11:58	6607,76	6770,6	50
18.10.2016 11:59	5884,52	6770,6	60
18.10.2016 11:59	6176,28	6770,6	70
18.10.2016 11:59	6250,25	6770,6	80
18.10.2016 11:59	6180,39	6792,4	90
18.10.2016 11:59	6061,22	6792,4	100
18.10.2016 11:59	6159,84	6792,4	110
18.10.2016 12:00	5905,07	6801,0	120
18.10.2016 12:00	6147,52	6801,0	130
18.10.2016 12:00	6036,56	6801,0	140
18.10.2016 12:00	6200,94	6801,0	150
18.10.2016 12:00	6106,42	6801,0	160
18.10.2016 12:00	6110,53	6801,0	170
18.10.2016 12:01	6295,45	6835,8	180
18.10.2016 12:01	6143,41	6835,8	190
18.10.2016 12:01	6168,06	6835,8	200
18.10.2016 12:01	6065,33	6822,7	210
18.10.2016 12:01	6159,84	6822,7	220
18.10.2016 12:01	5876,3	6822,7	230
18.10.2016 12:02	6131,08	6835,8	240
18.10.2016 12:02	6159,84	6835,8	250
18.10.2016 12:02	6081,77	6835,8	260
18.10.2016 12:02	6089,99	6818,4	270
18.10.2016 12:02	6213,26	6818,4	280
18.10.2016 12:02	6221,48	6818,4	290
18.10.2016 12:03	6032,45	6796,7	300
18.10.2016 12:03	6163,95	6796,7	310
18.10.2016 12:03	6221,48	6796,7	320
18.10.2016 12:03	6287,23	6809,7	330
18.10.2016 12:03	6168,06	6809,7	340
18.10.2016 12:03	6057,11	6809,7	350
18.10.2016 12:04	6094,09	6775,0	360
18.10.2016 12:04	6102,31	6775,0	370
18.10.2016 12:04	6242,03	6775,0	380
18.10.2016 12:04	5987,25	6757,6	390
18.10.2016 12:04	6024,24	6757,6	400
18.10.2016 12:04	6184,5	6757,6	410
18.10.2016 12:05	6217,37	6757,6	420
18.10.2016 12:05	6085,88	6757,6	430
18.10.2016 12:05	6213,26	6757,6	440
18.10.2016 12:05	6262,58	6735,9	450
18.10.2016 12:05	6299,56	6735,9	460
18.10.2016 12:05	6291,34	6735,9	470
18.10.2016 12:06	6106,42	6735,9	480

18.10.2016 12:06	6036,56	6735,9	490
18.10.2016 12:06	6122,86	6735,9	500
18.10.2016 12:06	6229,7	6731,6	510
18.10.2016 12:06	6131,08	6731,6	520
18.10.2016 12:06	6073,55	6731,6	530
18.10.2016 12:07	6328,32	6735,9	540
18.10.2016 12:07	6279,01	6735,9	550
18.10.2016 12:07	6048,89	6735,9	560
18.10.2016 12:07	6053	6753,3	570
18.10.2016 12:07	6118,75	6753,3	580
18.10.2016 12:07	6143,41	6753,3	590
18.10.2016 12:08	6242,03	6744,6	600
18.10.2016 12:08	5896,85	6744,6	610
18.10.2016 12:08	6246,14	6744,6	620
18.10.2016 12:08	6122,86	6748,9	630
18.10.2016 12:08	6122,86	6748,9	640
18.10.2016 12:08	6147,52	6748,9	650
18.10.2016 12:09	6155,73	6757,6	660
18.10.2016 12:09	6258,47	6757,6	670
18.10.2016 12:09	6254,36	6757,6	680
18.10.2016 12:09	6172,17	6748,9	690
18.10.2016 12:09	6118,75	6748,9	700
18.10.2016 12:09	6213,26	6748,9	710
18.10.2016 12:10	6287,23	6766,3	720
18.10.2016 12:10	6089,99	6766,3	730
18.10.2016 12:10	5896,85	6766,3	740
18.10.2016 12:10	6233,81	6766,3	750
18.10.2016 12:10	5818,77	6766,3	760
18.10.2016 12:10	6106,42	6766,3	770
18.10.2016 12:11	6159,84	6779,3	780
18.10.2016 12:11	6237,92	6779,3	790
18.10.2016 12:11	6131,08	6779,3	800
18.10.2016 12:11	6291,34	6814,1	810
18.10.2016 12:11	5991,36	6814,1	820
18.10.2016 12:11	6291,34	6814,1	830
18.10.2016 12:12	6139,3	6814,1	840
18.10.2016 12:12	6168,06	6814,1	850
18.10.2016 12:12	6126,97	6814,1	860
18.10.2016 12:12	6237,92	6809,7	870
18.10.2016 12:12	5966,71	6809,7	880
18.10.2016 12:12	6279,01	6809,7	890
18.10.2016 12:13	6081,77	6831,4	900
18.10.2016 12:13	6147,52	6831,4	910
18.10.2016 12:13	6106,42	6831,4	920
18.10.2016 12:13	6048,89	6840,1	930
18.10.2016 12:13	6077,66	6840,1	940
18.10.2016 12:13	5979,03	6840,1	950
18.10.2016 12:14	6163,95	6822,7	960
18.10.2016 12:14	6250,25	6822,7	970
18.10.2016 12:14	6057,11	6822,7	980

18.10.2016 12:14	6151,62	6822,7	990
18.10.2016 12:14	6147,52	6822,7	1000
18.10.2016 12:14	6110,53	6822,7	1010
18.10.2016 12:15	6122,86	6822,7	1020
18.10.2016 12:15	6085,88	6822,7	1030
18.10.2016 12:15	5979,03	6822,7	1040
18.10.2016 12:15	6044,78	6796,7	1050
18.10.2016 12:15	6073,55	6796,7	1060
18.10.2016 12:15	6131,08	6796,7	1070
18.10.2016 12:16	6233,81	6844,4	1080
18.10.2016 12:16	6159,84	6844,4	1090
18.10.2016 12:16	6209,15	6844,4	1100
18.10.2016 12:16	6258,47	6822,7	1110
18.10.2016 12:16	6028,35	6822,7	1120
18.10.2016 12:16	6085,88	6822,7	1130
18.10.2016 12:17	6168,06	6835,8	1140
18.10.2016 12:17	6081,77	6835,8	1150
18.10.2016 12:17	6209,15	6835,8	1160
18.10.2016 12:17	6143,41	6844,4	1170
18.10.2016 12:17	6061,22	6844,4	1180
18.10.2016 12:17	6106,42	6844,4	1190
18.10.2016 12:18	6069,44	6835,8	1200
18.10.2016 12:18	6139,3	6835,8	1210
18.10.2016 12:18	6143,41	6835,8	1220
18.10.2016 12:18	6200,94	6831,4	1230
18.10.2016 12:18	6098,2	6831,4	1240
18.10.2016 12:18	6184,5	6831,4	1250
18.10.2016 12:19	6155,73	6818,4	1260
18.10.2016 12:19	6299,56	6818,4	1270
18.10.2016 12:19	6102,31	6818,4	1280
18.10.2016 12:19	6143,41	6814,1	1290
18.10.2016 12:19	6205,05	6814,1	1300
18.10.2016 12:19	5896,85	6814,1	1310
18.10.2016 12:20	6242,03	6801,0	1320
18.10.2016 12:20	6246,14	6801,0	1330
18.10.2016 12:20	6213,26	6801,0	1340
18.10.2016 12:20	6320,11	6822,7	1350
18.10.2016 12:20	6266,69	6822,7	1360
18.10.2016 12:20	6147,52	6822,7	1370
18.10.2016 12:21	6114,64	6770,6	1380
18.10.2016 12:21	6007,8	6770,6	1390
18.10.2016 12:21	5995,47	6770,6	1400
18.10.2016 12:21	6295,45	6770,6	1410
18.10.2016 12:21	6007,8	6779,3	1420
18.10.2016 12:21	6044,78	6779,3	1430
18.10.2016 12:22	5905,07	6770,6	1440
18.10.2016 12:22	6209,15	6770,6	1450
18.10.2016 12:22	6122,86	6770,6	1460
18.10.2016 12:22	6266,69	6770,6	1470
18.10.2016 12:22	6279,01	6748,9	1480

18.10.2016 12:22	6324,22	6748,9	1490
18.10.2016 12:23	6205,05	6753,3	1500
18.10.2016 12:23	6283,12	6753,3	1510
18.10.2016 12:23	6316	6753,3	1520
18.10.2016 12:23	6172,17	6753,3	1530
18.10.2016 12:23	6229,7	6748,9	1540
18.10.2016 12:23	6209,15	6748,9	1550
18.10.2016 12:24	6311,89	6744,6	1560
18.10.2016 12:24	6262,58	6744,6	1570
18.10.2016 12:24	6246,14	6744,6	1580
18.10.2016 12:24	6299,56	6744,6	1590
18.10.2016 12:24	6126,97	6735,9	1600
18.10.2016 12:24	6258,47	6735,9	1610
18.10.2016 12:25	6324,22	6722,9	1620
18.10.2016 12:25	6246,14	6722,9	1630
18.10.2016 12:25	6287,23	6722,9	1640
18.10.2016 12:25	6188,61	6722,9	1650
18.10.2016 12:25	6180,39	6692,5	1660
18.10.2016 12:25	6135,19	6692,5	1670
18.10.2016 12:26	6447,49	6666,5	1680
18.10.2016 12:26	6303,67	6666,5	1690
18.10.2016 12:26	6065,33	6666,5	1700
18.10.2016 12:26	6229,7	6666,5	1710
18.10.2016 12:26	6344,76	6683,8	1720
18.10.2016 12:26	6213,26	6683,8	1730
18.10.2016 12:27	6143,41	6640,4	1740
18.10.2016 12:27	6200,94	6640,4	1750
18.10.2016 12:27	6274,9	6640,4	1760
18.10.2016 12:27	6209,15	6640,4	1770
18.10.2016 12:27	6242,03	6601,4	1780
18.10.2016 12:27	6089,99	6601,4	1790
18.10.2016 12:28	6098,2	6597,0	1800
18.10.2016 12:28	6131,08	6597,0	1810
18.10.2016 12:28	6209,15	6597,0	1820
18.10.2016 12:28	6151,62	6597,0	1830
18.10.2016 12:28	6192,72	6562,3	1840
18.10.2016 12:28	6147,52	6562,3	1850
18.10.2016 12:29	6266,69	6531,9	1860
18.10.2016 12:29	6221,48	6531,9	1870
18.10.2016 12:29	6102,31	6531,9	1880
18.10.2016 12:29	6044,78	6531,9	1890
18.10.2016 12:29	6007,8	6527,6	1900
18.10.2016 12:29	6065,33	6527,6	1910
18.10.2016 12:30	6205,05	6492,9	1920
18.10.2016 12:30	6126,97	6492,9	1930
18.10.2016 12:30	6168,06	6492,9	1940
18.10.2016 12:30	6048,89	6492,9	1950
18.10.2016 12:30	6024,24	6462,5	1960
18.10.2016 12:30	6069,44	6462,5	1970
18.10.2016 12:31	5979,03	6445,1	1980



18.10.2016 12:31	6106,42	6445,1	1990
18.10.2016 12:31	6028,35	6445,1	2000
18.10.2016 12:31	6176,28	6445,1	2010
18.10.2016 12:31	6192,72	6427,8	2020
18.10.2016 12:31	6106,42	6427,8	2030
18.10.2016 12:32	6258,47	6427,8	2040
18.10.2016 12:32	6168,06	6427,8	2050
18.10.2016 12:32	6003,69	6427,8	2060
18.10.2016 12:32	6106,42	6427,8	2070
18.10.2016 12:32	6114,64	6423,4	2080
18.10.2016 12:32	6114,64	6423,4	2090
18.10.2016 12:33	5979,03	6449,5	2100
18.10.2016 12:33	6307,78	6449,5	2110
18.10.2016 12:33	6020,13	6449,5	2120
18.10.2016 12:33	6200,94	6449,5	2130
18.10.2016 12:33	6225,59	6471,2	2140
18.10.2016 12:33	6036,56	6471,2	2150
18.10.2016 12:34	6266,69	6462,5	2160
18.10.2016 12:34	6246,14	6462,5	2170
18.10.2016 12:34	6163,95	6462,5	2180
18.10.2016 12:34	6040,67	6462,5	2190
18.10.2016 12:34	6085,88	6488,5	2200
18.10.2016 12:34	6213,26	6488,5	2210
18.10.2016 12:35	6126,97	6510,2	2220
18.10.2016 12:35	6044,78	6510,2	2230
18.10.2016 12:35	6233,81	6510,2	2240
18.10.2016 12:35	5995,47	6510,2	2250
18.10.2016 12:35	6237,92	6492,9	2260
18.10.2016 12:35	5983,14	6492,9	2270
18.10.2016 12:36	6246,14	6505,9	2280
18.10.2016 12:36	6196,83	6505,9	2290
18.10.2016 12:36	6361,2	6505,9	2300
18.10.2016 12:36	6069,44	6505,9	2310
18.10.2016 12:36	6106,42	6531,9	2320
18.10.2016 12:36	5970,82	6531,9	2330
18.10.2016 12:37	6266,69	6514,6	2340
18.10.2016 12:37	6340,65	6514,6	2350
18.10.2016 12:37	6307,78	6514,6	2360
18.10.2016 12:37	6246,14	6514,6	2370
18.10.2016 12:37	6426,95	6558,0	2380
18.10.2016 12:37	6262,58	6558,0	2390
18.10.2016 12:38	6340,65	6571,0	2400
18.10.2016 12:38	6320,11	6571,0	2410
18.10.2016 12:38	6270,79	6571,0	2420
18.10.2016 12:38	6131,08	6571,0	2430
18.10.2016 12:38	6344,76	6597,0	2440
18.10.2016 12:38	6221,48	6597,0	2450
18.10.2016 12:39	6291,34	6571,0	2460
18.10.2016 12:39	6283,12	6571,0	2470
18.10.2016 12:39	6316	6571,0	2480

18.10.2016 12:39	6094,09	6571,0	2490
18.10.2016 12:39	6188,61	6601,4	2500
18.10.2016 12:39	6422,84	6601,4	2510
18.10.2016 12:40	6307,78	6605,7	2520
18.10.2016 12:40	6254,36	6605,7	2530
18.10.2016 12:40	6291,34	6605,7	2540
18.10.2016 12:40	6163,95	6605,7	2550
18.10.2016 12:40	6254,36	6623,1	2560
18.10.2016 12:40	6081,77	6623,1	2570
18.10.2016 12:41	6188,61	6640,4	2580
18.10.2016 12:41	6291,34	6640,4	2590
18.10.2016 12:41	6348,87	6640,4	2600
18.10.2016 12:41	6196,83	6640,4	2610
18.10.2016 12:41	6053	6623,1	2620
18.10.2016 12:41	6003,69	6623,1	2630
18.10.2016 12:42	6307,78	6636,1	2640
18.10.2016 12:42	6217,37	6636,1	2650
18.10.2016 12:42	6040,67	6636,1	2660
18.10.2016 12:42	6348,87	6636,1	2670
18.10.2016 12:42	6155,73	6618,7	2680
18.10.2016 12:42	6209,15	6618,7	2690
18.10.2016 12:43	6221,48	6640,4	2700
18.10.2016 12:43	6299,56	6640,4	2710
18.10.2016 12:43	6209,15	6640,4	2720
18.10.2016 12:43	6225,59	6640,4	2730
18.10.2016 12:43	6270,79	6627,4	2740
18.10.2016 12:43	6307,78	6627,4	2750
18.10.2016 12:44	6262,58	6601,4	2760
18.10.2016 12:44	6192,72	6601,4	2770
18.10.2016 12:44	6340,65	6601,4	2780
18.10.2016 12:44	6172,17	6601,4	2790
18.10.2016 12:44	6443,39	6618,7	2800
18.10.2016 12:44	6324,22	6618,7	2810
18.10.2016 12:45	6394,07	6592,7	2820
18.10.2016 12:45	6279,01	6592,7	2830
18.10.2016 12:45	6492,7	6592,7	2840
18.10.2016 12:45	6472,15	6592,7	2850
18.10.2016 12:45	6426,95	6579,7	2860
18.10.2016 12:45	6237,92	6579,7	2870
18.10.2016 12:46	6357,09	6514,6	2880
18.10.2016 12:46	6406,4	6514,6	2890
18.10.2016 12:46	6155,73	6514,6	2900
18.10.2016 12:46	6455,71	6514,6	2910
18.10.2016 12:46	6274,9	6531,9	2920
18.10.2016 12:46	6258,47	6531,9	2930
18.10.2016 12:47	6324,22	6471,2	2940
18.10.2016 12:47	6443,39	6471,2	2950
18.10.2016 12:47	6283,12	6471,2	2960
18.10.2016 12:47	6250,25	6471,2	2970
18.10.2016 12:47	6492,7	6440,8	2980

18.10.2016 12:47	6373,53	6440,8	2990
18.10.2016 12:48	6340,65	6423,4	3000
18.10.2016 12:48	6188,61	6423,4	3010
18.10.2016 12:48	6476,26	6423,4	3020
18.10.2016 12:48	6184,5	6423,4	3030
18.10.2016 12:48	6385,85	6362,7	3040
18.10.2016 12:48	6328,32	6362,7	3050
18.10.2016 12:49	6373,53	6345,3	3060
18.10.2016 12:49	6410,51	6345,3	3070
18.10.2016 12:49	6369,42	6345,3	3080
18.10.2016 12:49	6394,07	6345,3	3090
18.10.2016 12:49	6389,96	6297,6	3100
18.10.2016 12:49	6217,37	6297,6	3110
18.10.2016 12:50	6242,03	6301,9	3120
18.10.2016 12:50	6147,52	6301,9	3130
18.10.2016 12:50	6262,58	6301,9	3140
18.10.2016 12:50	6242,03	6301,9	3150
18.10.2016 12:50	6205,05	6310,6	3160
18.10.2016 12:50	6069,44	6310,6	3170
18.10.2016 12:51	6250,25	6293,2	3180
18.10.2016 12:51	6287,23	6293,2	3190
18.10.2016 12:51	6242,03	6293,2	3200
18.10.2016 12:51	6151,62	6293,2	3210
18.10.2016 12:51	6229,7	6301,9	3220
18.10.2016 12:51	6221,48	6301,9	3230
18.10.2016 12:52	6250,25	6280,2	3240
18.10.2016 12:52	6151,62	6280,2	3250
18.10.2016 12:52	6089,99	6280,2	3260
18.10.2016 12:52	6098,2	6280,2	3270
18.10.2016 12:52	6168,06	6401,7	3280
18.10.2016 12:52	6229,7	6401,7	3290
18.10.2016 12:53	6258,47	6427,8	3300
18.10.2016 12:53	6147,52	6427,8	3310
18.10.2016 12:53	6163,95	6427,8	3320
18.10.2016 12:53	6176,28	6427,8	3330
18.10.2016 12:53	6246,14	6440,8	3340
18.10.2016 12:53	6139,3	6440,8	3350
18.10.2016 12:54	6365,31	6462,5	3360
18.10.2016 12:54	6266,69	6462,5	3370
18.10.2016 12:54	5900,96	6462,5	3380
18.10.2016 12:54	6348,87	6462,5	3390
18.10.2016 12:54	6135,19	6505,9	3400
18.10.2016 12:54	6048,89	6505,9	3410
18.10.2016 12:55	5991,36	6488,5	3420
18.10.2016 12:55	6270,79	6488,5	3430
18.10.2016 12:55	6250,25	6488,5	3440
18.10.2016 12:55	6213,26	6488,5	3450
18.10.2016 12:55	6246,14	6518,9	3460
18.10.2016 12:55	6225,59	6518,9	3470
18.10.2016 12:56	6139,3	6462,5	3480

18.10.2016 12:56	6155,73	6462,5	3490
18.10.2016 12:56	6176,28	6462,5	3500
18.10.2016 12:56	6205,05	6462,5	3510
18.10.2016 12:56	6118,75	6475,5	3520
18.10.2016 12:56	6233,81	6475,5	3530
18.10.2016 12:57	6126,97	6462,5	3540
18.10.2016 12:57	6176,28	6462,5	3550
18.10.2016 12:57	6159,84	6462,5	3560
18.10.2016 12:57	6217,37	6462,5	3570
18.10.2016 12:57	6324,22	6423,4	3580
18.10.2016 12:57	6196,83	6423,4	3590
18.10.2016 12:58	6332,43	6449,5	3600
18.10.2016 12:58	6122,86	6449,5	3610
18.10.2016 12:58	6131,08	6449,5	3620
18.10.2016 12:58	6344,76	6449,5	3630
18.10.2016 12:58	6258,47	6462,5	3640
18.10.2016 12:58	6283,12	6462,5	3650
18.10.2016 12:59	6258,47	6527,6	3660
18.10.2016 12:59	6496,81	6527,6	3670
18.10.2016 12:59	6295,45	6527,6	3680
18.10.2016 12:59	6057,11	6527,6	3690
18.10.2016 12:59	6250,25	6527,6	3700
18.10.2016 12:59	6143,41	6775,0	3710
18.10.2016 13:00	6258,47	6926,9	3720
18.10.2016 13:00	6048,89	6926,9	3730
18.10.2016 13:00	6418,73	6926,9	3740
18.10.2016 13:00	6344,76	6926,9	3750
18.10.2016 13:00	6291,34	6926,9	3760
18.10.2016 13:00	6151,62	6944,3	3770
18.10.2016 13:01	6172,17	6983,3	3780
18.10.2016 13:01	6242,03	6983,3	3790
18.10.2016 13:01	6217,37	6983,3	3800
18.10.2016 13:01	5921,5	6983,3	3810
18.10.2016 13:01	6229,7	6983,3	3820
18.10.2016 13:01	6172,17	7005,0	3830
18.10.2016 13:02	6180,39	6987,7	3840
18.10.2016 13:02	6053	6987,7	3850
18.10.2016 13:02	6139,3	6987,7	3860
18.10.2016 13:02	6159,84	6987,7	3870
18.10.2016 13:02	6200,94	6987,7	3880
18.10.2016 13:02	6065,33	7005,0	3890
18.10.2016 13:03	6184,5	7009,4	3900
18.10.2016 13:03	6069,44	7009,4	3910
18.10.2016 13:03	6163,95	7009,4	3920
18.10.2016 13:03	6102,31	7009,4	3930
18.10.2016 13:03	6048,89	7009,4	3940
18.10.2016 13:03	6106,42	7026,7	3950
18.10.2016 13:04	6172,17	6996,3	3960
18.10.2016 13:04	6159,84	6996,3	3970
18.10.2016 13:04	6221,48	6996,3	3980

18.10.2016 13:04	6192,72	6996,3	3990
18.10.2016 13:04	6114,64	6996,3	4000
18.10.2016 13:04	6340,65	7018,0	4010
18.10.2016 13:05	6168,06	6992,0	4020
18.10.2016 13:05	6217,37	6992,0	4030
18.10.2016 13:05	6168,06	6992,0	4040
18.10.2016 13:05	6344,76	6992,0	4050
18.10.2016 13:05	6131,08	6992,0	4060
18.10.2016 13:05	6196,83	6996,3	4070
18.10.2016 13:06	6250,25	6996,3	4080
18.10.2016 13:06	6242,03	6996,3	4090
18.10.2016 13:06	6098,2	6996,3	4100
18.10.2016 13:06	6159,84	6996,3	4110
18.10.2016 13:06	6229,7	6996,3	4120
18.10.2016 13:06	6357,09	6987,7	4130
18.10.2016 13:07	6110,53	6996,3	4140
18.10.2016 13:07	6311,89	6996,3	4150
18.10.2016 13:07	6295,45	6996,3	4160
18.10.2016 13:07	6176,28	6996,3	4170
18.10.2016 13:07	6213,26	6996,3	4180
18.10.2016 13:07	6336,54	7013,7	4190
18.10.2016 13:08	6131,08	6974,6	4200
18.10.2016 13:08	6250,25	6974,6	4210
18.10.2016 13:08	6443,39	6974,6	4220
18.10.2016 13:08	6311,89	6974,6	4230
18.10.2016 13:08	6242,03	6974,6	4240
18.10.2016 13:08	6213,26	7005,0	4250
18.10.2016 13:09	6089,99	7005,0	4260
18.10.2016 13:09	6352,98	7005,0	4270
18.10.2016 13:09	6250,25	7005,0	4280
18.10.2016 13:09	6270,79	7005,0	4290
18.10.2016 13:09	6307,78	7005,0	4300
18.10.2016 13:09	6279,01	7013,7	4310
18.10.2016 13:10	6381,75	6992,0	4320
18.10.2016 13:10	6209,15	6992,0	4330
18.10.2016 13:10	6118,75	6992,0	4340
18.10.2016 13:10	6295,45	6992,0	4350
18.10.2016 13:10	6180,39	6992,0	4360
18.10.2016 13:10	6287,23	7018,0	4370
18.10.2016 13:11	6262,58	6063,2	4380
18.10.2016 13:11	6291,34	6063,2	4390
18.10.2016 13:11	6184,5	6063,2	4400
18.10.2016 13:11	6184,5	6063,2	4410
18.10.2016 13:11	6451,6	6063,2	4420
18.10.2016 13:11	6184,5	5577,1	4430
18.10.2016 13:12	6373,53	5347,1	4440
18.10.2016 13:12	6180,39	5347,1	4450
18.10.2016 13:12	6213,26	5347,1	4460
18.10.2016 13:12	6381,75	5347,1	4470
18.10.2016 13:12	6295,45	5347,1	4480

18.10.2016 13:12	6435,17	5234,2	4490
18.10.2016 13:13	6233,81	5212,5	4500
18.10.2016 13:13	6229,7	5212,5	4510
18.10.2016 13:13	6316	5212,5	4520
18.10.2016 13:13	6377,64	5212,5	4530
18.10.2016 13:13	5983,14	5212,5	4540
18.10.2016 13:13	6139,3	5238,6	4550
18.10.2016 13:14	6320,11	5290,7	4560
18.10.2016 13:14	6361,2	5290,7	4570
18.10.2016 13:14	6172,17	5290,7	4580
18.10.2016 13:14	6053	5290,7	4590
18.10.2016 13:14	6135,19	5290,7	4600
18.10.2016 13:14	6118,75	5429,5	4610
18.10.2016 13:15	6307,78	5555,4	4620
18.10.2016 13:15	6340,65	5555,4	4630
18.10.2016 13:15	6320,11	5555,4	4640
18.10.2016 13:15	6163,95	5555,4	4650
18.10.2016 13:15	6151,62	5555,4	4660
18.10.2016 13:15	6077,66	5672,6	4670
18.10.2016 13:16	6258,47	5837,5	4680
18.10.2016 13:16	6200,94	5837,5	4690
18.10.2016 13:16	6287,23	5837,5	4700
18.10.2016 13:16	6143,41	5837,5	4710
18.10.2016 13:16	6213,26	5837,5	4720
18.10.2016 13:16	5999,58	5989,4	4730
18.10.2016 13:17	6332,43	6124,0	4740
18.10.2016 13:17	6328,32	6124,0	4750
18.10.2016 13:17	6242,03	6124,0	4760
18.10.2016 13:17	6176,28	6124,0	4770
18.10.2016 13:17	6262,58	6124,0	4780
18.10.2016 13:17	6414,62	6232,5	4790
18.10.2016 13:18	6266,69	6354,0	4800
18.10.2016 13:18	6233,81	6354,0	4810
18.10.2016 13:18	6020,13	6354,0	4820
18.10.2016 13:18	6237,92	6354,0	4830
18.10.2016 13:18	6114,64	6354,0	4840
18.10.2016 13:18	6258,47	6462,5	4850
18.10.2016 13:19	6172,17	6518,9	4860
18.10.2016 13:19	6431,06	6518,9	4870
18.10.2016 13:19	6217,37	6518,9	4880
18.10.2016 13:19	6081,77	6518,9	4890
18.10.2016 13:19	6036,56	6518,9	4900
18.10.2016 13:19	6180,39	6571,0	4910
18.10.2016 13:20	6069,44	6601,4	4920
18.10.2016 13:20	6205,05	6601,4	4930
18.10.2016 13:20	6184,5	6601,4	4940
18.10.2016 13:20	6057,11	6601,4	4950
18.10.2016 13:20	6057,11	6601,4	4960
18.10.2016 13:20	6270,79	6636,1	4970
18.10.2016 13:21	6106,42	6657,8	4980

18.10.2016 13:21	6040,67	6657,8	4990
18.10.2016 13:21	6180,39	6657,8	5000
18.10.2016 13:21	6159,84	6657,8	5010
18.10.2016 13:21	6270,79	6657,8	5020
18.10.2016 13:21	6065,33	6679,5	5030
18.10.2016 13:22	6159,84	6679,5	5040
18.10.2016 13:22	6131,08	6679,5	5050
18.10.2016 13:22	6040,67	6679,5	5060
18.10.2016 13:22	6155,73	6679,5	5070
18.10.2016 13:22	6307,78	6679,5	5080
18.10.2016 13:22	5995,47	6670,8	5090
18.10.2016 13:23	6242,03	6649,1	5100
18.10.2016 13:23	6011,91	6649,1	5110
18.10.2016 13:23	6258,47	6649,1	5120
18.10.2016 13:23	5999,58	6649,1	5130
18.10.2016 13:23	5835,21	6649,1	5140
18.10.2016 13:23	6213,26	6662,1	5150
18.10.2016 13:24	6205,05	6649,1	5160
18.10.2016 13:24	6147,52	6649,1	5170
18.10.2016 13:24	6024,24	6649,1	5180
18.10.2016 13:24	6159,84	6649,1	5190
18.10.2016 13:24	6036,56	6649,1	5200
18.10.2016 13:24	6032,45	6614,4	5210
18.10.2016 13:25	5987,25	6592,7	5220
18.10.2016 13:25	6159,84	6592,7	5230
18.10.2016 13:25	5913,29	6592,7	5240
18.10.2016 13:25	6069,44	6592,7	5250
18.10.2016 13:25	6151,62	6592,7	5260
18.10.2016 13:25	5954,38	6558,0	5270
18.10.2016 13:26	6003,69	6531,9	5280
18.10.2016 13:26	5888,63	6531,9	5290
18.10.2016 13:26	5933,83	6531,9	5300
18.10.2016 13:26	5958,49	6531,9	5310
18.10.2016 13:26	5995,47	6531,9	5320
18.10.2016 13:26	5929,72	6484,2	5330
18.10.2016 13:27	5740,69	6432,1	5340
18.10.2016 13:27	5917,39	6432,1	5350
18.10.2016 13:27	5995,47	6432,1	5360
18.10.2016 13:27	6028,35	6432,1	5370
18.10.2016 13:27	5970,82	6432,1	5380
18.10.2016 13:27	5785,9	6388,7	5390
18.10.2016 13:28	5806,44	6345,3	5400
18.10.2016 13:28	6069,44	6345,3	5410
18.10.2016 13:28	5839,32	6345,3	5420
18.10.2016 13:28	5991,36	6345,3	5430
18.10.2016 13:28	5724,26	6345,3	5440
18.10.2016 13:28	5744,8	6293,2	5450
18.10.2016 13:29	5991,36	6301,9	5460
18.10.2016 13:29	5818,77	6301,9	5470
18.10.2016 13:29	6094,09	6301,9	5480

18.10.2016 13:29	5962,6	6301,9	5490
18.10.2016 13:29	5880,41	6301,9	5500
18.10.2016 13:29	6061,22	6254,2	5510
18.10.2016 13:30	5991,36	6267,2	5520
18.10.2016 13:30	5999,58	6267,2	5530
18.10.2016 13:30	5896,85	6267,2	5540
18.10.2016 13:30	5942,05	6267,2	5550
18.10.2016 13:30	5814,66	6267,2	5560
18.10.2016 13:30	5814,66	6267,2	5570
18.10.2016 13:31	5933,83	6258,5	5580
18.10.2016 13:31	5970,82	6258,5	5590
18.10.2016 13:31	6106,42	6258,5	5600
18.10.2016 13:31	6073,55	6258,5	5610
18.10.2016 13:31	5806,44	6258,5	5620
18.10.2016 13:31	5798,22	6280,2	5630
18.10.2016 13:32	6028,35	6288,9	5640
18.10.2016 13:32	6122,86	6288,9	5650
18.10.2016 13:32	5999,58	6288,9	5660
18.10.2016 13:32	5987,25	6288,9	5670
18.10.2016 13:32	6028,35	6288,9	5680
18.10.2016 13:32	5974,92	6314,9	5690
18.10.2016 13:33	6122,86	6301,9	5700
18.10.2016 13:33	6024,24	6301,9	5710
18.10.2016 13:33	6073,55	6301,9	5720
18.10.2016 13:33	5933,83	6301,9	5730
18.10.2016 13:33	6040,67	6301,9	5740
18.10.2016 13:33	5872,19	6319,3	5750
18.10.2016 13:34	6016,02	6310,6	5760
18.10.2016 13:34	6024,24	6310,6	5770
18.10.2016 13:34	6098,2	6310,6	5780
18.10.2016 13:34	6131,08	6310,6	5790
18.10.2016 13:34	5958,49	6310,6	5800
18.10.2016 13:34	6044,78	6358,3	5810
18.10.2016 13:35	6061,22	6332,3	5820
18.10.2016 13:35	6114,64	6332,3	5830
18.10.2016 13:35	6065,33	6332,3	5840
18.10.2016 13:35	5892,74	6332,3	5850
18.10.2016 13:35	5954,38	6332,3	5860
18.10.2016 13:35	5896,85	6341,0	5870
18.10.2016 13:36	6188,61	6367,0	5880
18.10.2016 13:36	6065,33	6367,0	5890
18.10.2016 13:36	6065,33	6367,0	5900
18.10.2016 13:36	6110,53	6367,0	5910
18.10.2016 13:36	6180,39	6367,0	5920
18.10.2016 13:36	6102,31	6336,6	5930
18.10.2016 13:37	6147,52	6319,3	5940
18.10.2016 13:37	5913,29	6319,3	5950
18.10.2016 13:37	6131,08	6319,3	5960
18.10.2016 13:37	6106,42	6319,3	5970
18.10.2016 13:37	6036,56	6319,3	5980



18.10.2016 13:37	5929,72	6354,0	5990
18.10.2016 13:38	6143,41	6332,3	6000
18.10.2016 13:38	6217,37	6332,3	6010
18.10.2016 13:38	6155,73	6332,3	6020
18.10.2016 13:38	6188,61	6332,3	6030
18.10.2016 13:38	6221,48	6332,3	6040
18.10.2016 13:38	6151,62	6332,3	6050
18.10.2016 13:39	5839,32	6341,0	6060
18.10.2016 13:39	6147,52	6301,9	6070
18.10.2016 13:39	6163,95	6301,9	6080
18.10.2016 13:39	6258,47	6301,9	6090
18.10.2016 13:39	5929,72	6301,9	6100
18.10.2016 13:39	6172,17	6301,9	6110
18.10.2016 13:40	6118,75	6293,2	6120
18.10.2016 13:40	6172,17	6332,3	6130
18.10.2016 13:40	6131,08	6332,3	6140
18.10.2016 13:40	5970,82	6332,3	6150
18.10.2016 13:40	6139,3	6332,3	6160
18.10.2016 13:40	5937,94	6332,3	6170
18.10.2016 13:41	6102,31	6323,6	6180
18.10.2016 13:41	5966,71	6288,9	6190
18.10.2016 13:41	5987,25	6288,9	6200
18.10.2016 13:41	5876,3	6288,9	6210
18.10.2016 13:41	5888,63	6288,9	6220
18.10.2016 13:41	6040,67	6288,9	6230
18.10.2016 13:42	6131,08	6288,9	6240
18.10.2016 13:42	6139,3	6267,2	6250
18.10.2016 13:42	6172,17	6267,2	6260
18.10.2016 13:42	6032,45	6267,2	6270
18.10.2016 13:42	5921,5	6267,2	6280
18.10.2016 13:42	6094,09	6267,2	6290
18.10.2016 13:43	5822,88	6232,5	6300
18.10.2016 13:43	5859,86	6210,8	6310
18.10.2016 13:43	6188,61	6210,8	6320
18.10.2016 13:43	5995,47	6210,8	6330
18.10.2016 13:43	5884,52	6210,8	6340
18.10.2016 13:43	6032,45	6210,8	6350
18.10.2016 13:44	5950,27	6236,8	6360
18.10.2016 13:44	5900,96	6232,5	6370
18.10.2016 13:44	5810,55	6232,5	6380
18.10.2016 13:44	6003,69	6232,5	6390
18.10.2016 13:44	6003,69	6232,5	6400
18.10.2016 13:44	5892,74	6232,5	6410
18.10.2016 13:45	5970,82	6245,5	6420
18.10.2016 13:45	5794,12	6258,5	6430
18.10.2016 13:45	5921,5	6258,5	6440
18.10.2016 13:45	5711,93	6258,5	6450
18.10.2016 13:45	5839,32	6258,5	6460
18.10.2016 13:45	5674,95	6258,5	6470
18.10.2016 13:46	5769,46	6249,8	6480

18.10.2016 13:46	5855,75	6236,8	6490
18.10.2016 13:46	5847,54	6236,8	6500
18.10.2016 13:46	5896,85	6236,8	6510
18.10.2016 13:46	5863,97	6236,8	6520
18.10.2016 13:46	5876,3	6236,8	6530
18.10.2016 13:47	5847,54	6258,5	6540
18.10.2016 13:47	5785,9	6249,8	6550
18.10.2016 13:47	6081,77	6249,8	6560
18.10.2016 13:47	5674,95	6249,8	6570
18.10.2016 13:47	5794,12	6249,8	6580
18.10.2016 13:47	5888,63	6249,8	6590
18.10.2016 13:48	5765,35	6258,5	6600
18.10.2016 13:48	5707,82	6293,2	6610
18.10.2016 13:48	5987,25	6293,2	6620
18.10.2016 13:48	5937,94	6293,2	6630
18.10.2016 13:48	5831,1	6293,2	6640
18.10.2016 13:48	5744,8	6293,2	6650
18.10.2016 13:49	5818,77	6267,2	6660
18.10.2016 13:49	5777,68	6297,6	6670
18.10.2016 13:49	5966,71	6297,6	6680
18.10.2016 13:49	5863,97	6297,6	6690
18.10.2016 13:49	5979,03	6297,6	6700
18.10.2016 13:49	6118,75	6297,6	6710
18.10.2016 13:50	5905,07	6301,9	6720
18.10.2016 13:50	5822,88	6293,2	6730
18.10.2016 13:50	6032,45	6293,2	6740
18.10.2016 13:50	6057,11	6293,2	6750
18.10.2016 13:50	5785,9	6293,2	6760
18.10.2016 13:50	5822,88	6293,2	6770
18.10.2016 13:51	5995,47	6310,6	6780
18.10.2016 13:51	6168,06	6336,6	6790
18.10.2016 13:51	6246,14	6336,6	6800
18.10.2016 13:51	5753,02	6336,6	6810
18.10.2016 13:51	6126,97	6336,6	6820
18.10.2016 13:51	6098,2	6336,6	6830
18.10.2016 13:52	6085,88	6293,2	6840
18.10.2016 13:52	5880,41	6288,9	6850
18.10.2016 13:52	6069,44	6288,9	6860
18.10.2016 13:52	5950,27	6288,9	6870
18.10.2016 13:52	5991,36	6288,9	6880
18.10.2016 13:52	5831,1	6288,9	6890
18.10.2016 13:53	6061,22	6288,9	6900
18.10.2016 13:53	5999,58	6275,9	6910
18.10.2016 13:53	5868,08	6275,9	6920
18.10.2016 13:53	5983,14	6275,9	6930
18.10.2016 13:53	5987,25	6275,9	6940
18.10.2016 13:53	6057,11	6275,9	6950
18.10.2016 13:54	6061,22	6293,2	6960
18.10.2016 13:54	5831,1	6245,5	6970
18.10.2016 13:54	5999,58	6245,5	6980

18.10.2016 13:54	6007,8	6245,5	6990
18.10.2016 13:54	5687,27	6245,5	7000
18.10.2016 13:54	5785,9	6245,5	7010
18.10.2016 13:55	6053	6236,8	7020
18.10.2016 13:55	6073,55	6254,2	7030
18.10.2016 13:55	6085,88	6254,2	7040
18.10.2016 13:55	5790,01	6254,2	7050
18.10.2016 13:55	6225,59	6254,2	7060
18.10.2016 13:55	6262,58	6254,2	7070
18.10.2016 13:56	6069,44	6267,2	7080
18.10.2016 13:56	6262,58	6275,9	7090
18.10.2016 13:56	6209,15	6275,9	7100
18.10.2016 13:56	6472,15	6275,9	7110
18.10.2016 13:56	6299,56	6275,9	7120
18.10.2016 13:56	6287,23	6275,9	7130
18.10.2016 13:57	6299,56	6293,2	7140
18.10.2016 13:57	6414,62	6319,3	7150
18.10.2016 13:57	6463,93	6319,3	7160
18.10.2016 13:57	6509,13	6319,3	7170
18.10.2016 13:57	6562,55	6319,3	7180
18.10.2016 13:57	6492,7	6319,3	7190
18.10.2016 13:58	6332,43	6310,6	7200
18.10.2016 13:58	6410,51	6367,0	7210
18.10.2016 13:58	6299,56	6367,0	7220
18.10.2016 13:58	6369,42	6367,0	7230
18.10.2016 13:58	6513,24	6367,0	7240
18.10.2016 13:58	6340,65	6367,0	7250
18.10.2016 13:59	6357,09	6354,0	7260
18.10.2016 13:59	6348,87	6362,7	7270
18.10.2016 13:59	6357,09	6362,7	7280
18.10.2016 13:59	6422,84	6362,7	7290
18.10.2016 13:59	6439,28	6362,7	7300
18.10.2016 13:59	6550,23	6362,7	7310
18.10.2016 14:00	6369,42	6375,7	7320

V40403-10

FRÅN VVX 71 A7705 & A7831  
040701-04 B 86-10.7831.1-300 Ø300

K300/200 FINNS I 14.0210-42  
20V9240

K300/200 V0743

*Borttagen*

K200/200

K300/200

VACUHVENTIL PÅ SLIPERITAK

-07 KLARFILTRAT TILL K3700

K300/200 V0748

K200/100

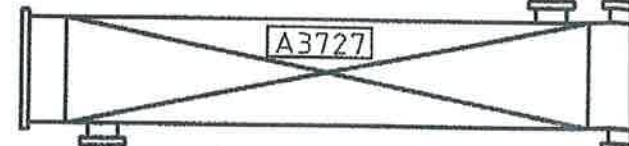
K100/200

K150/100

K200/300

PÅ SLIPERITAK

140210-42 FR A9027 & A9028 DN200



040810-92 ARBETSLUFT

040510-22 SJÖVATTENPUMP 50.P4793

040510-22 MEKRENAT MATARVATTEN

RITNINGENR 04.04.03-10  
PLOTTLAD 9 augusti 2016, kl. 10:37:30  
SÖKVÄG \Teknik\TUA\Ringar\Masterplan\43 - TMP 3\Masterplanor\_TMP 3 (Anl 43).dwg  
KREFS

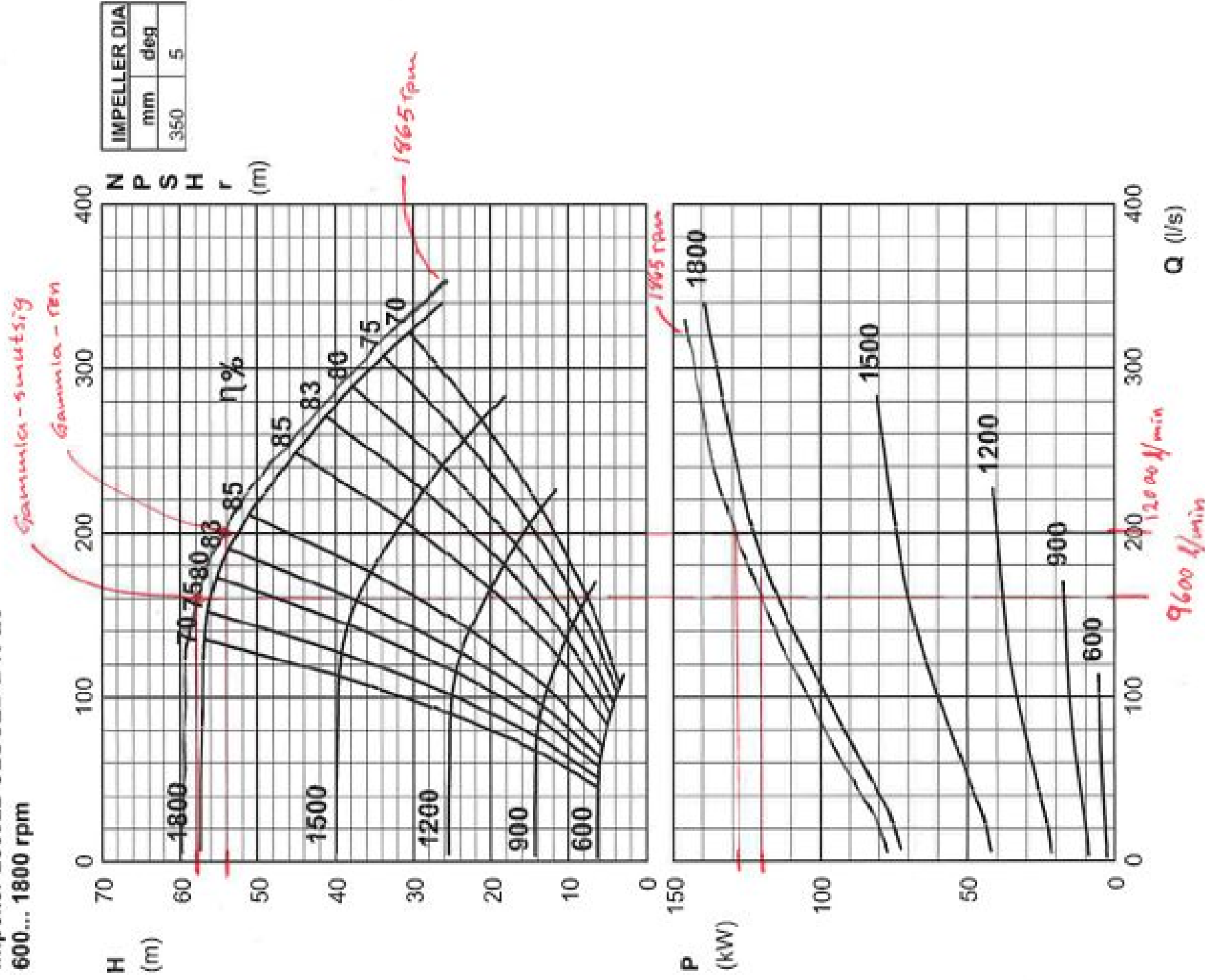
# APP Process pumps Speed curve K01844



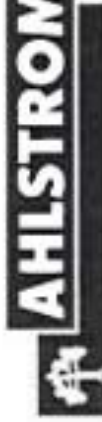
COPYRIGHT © AHLSTROM PUMPS CORP.

Version 01> / en / 980901 / Replaces 920615 / K01844

**APP42-200 (250-200-315)**  
**Impeller 283922 CLOSED B48 Z6**  
**600... 1800 rpm**



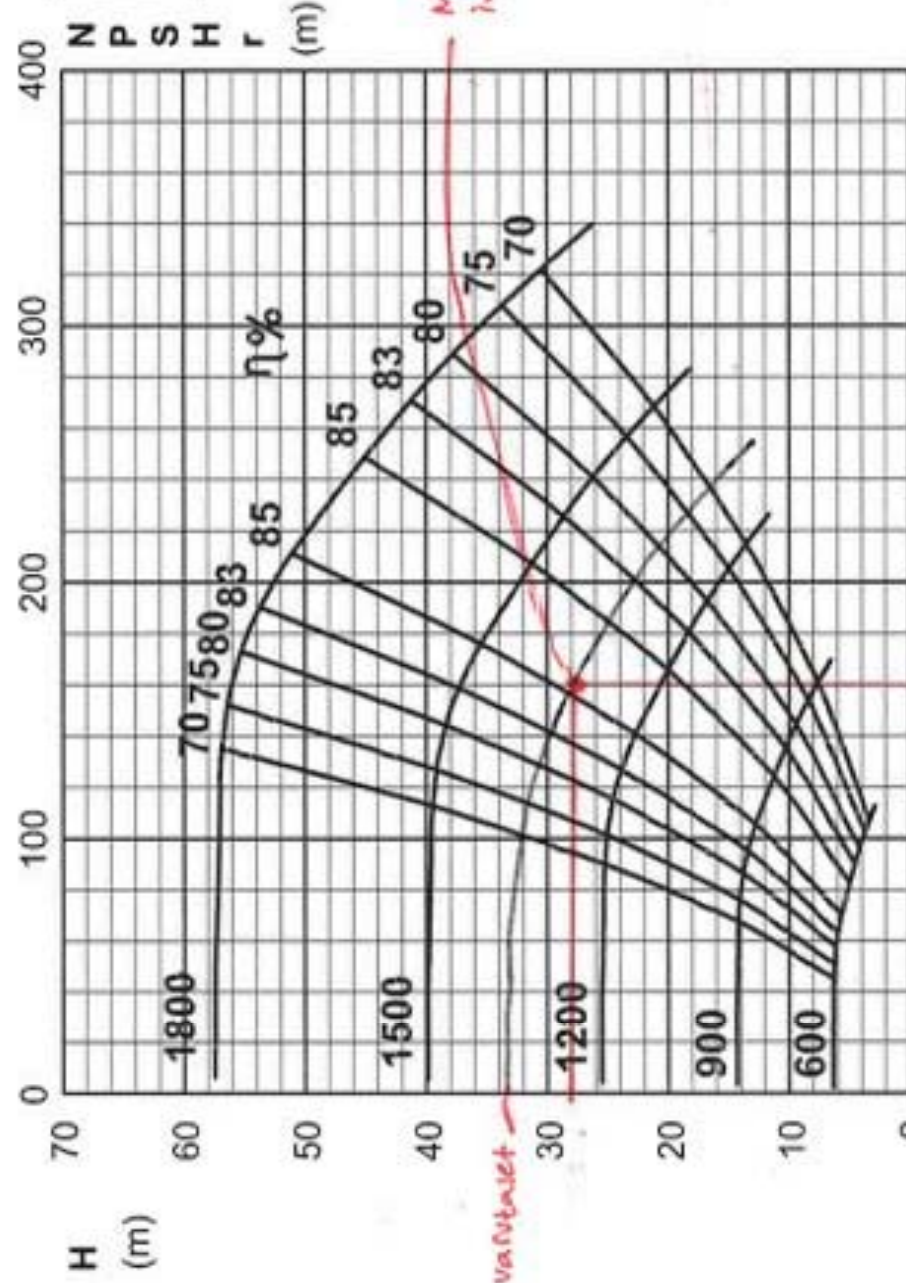
# APP Process pumps Speed curve K01844



COPYRIGHT © AHLSTROM PUMPS CORP.

Version 01> / en / 960901 / Replaces 920615 / K01844

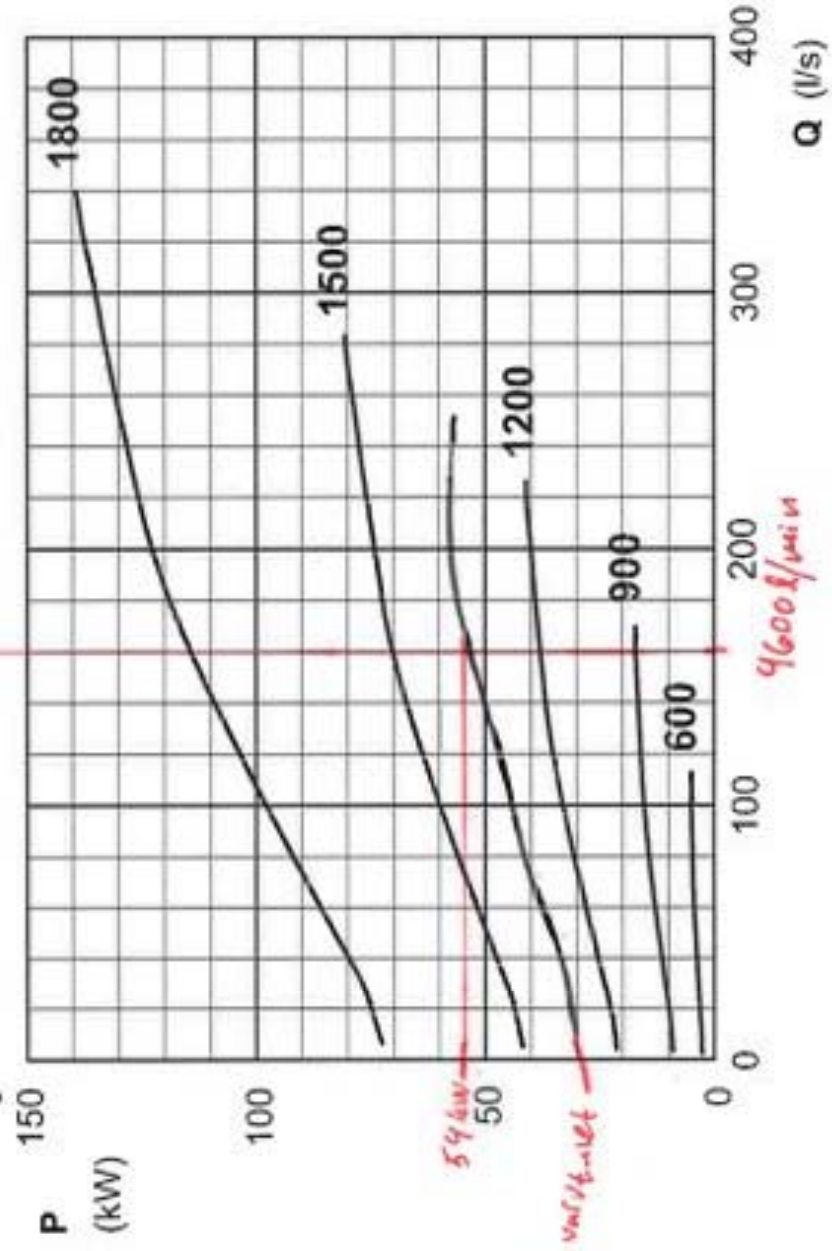
**APP42-200 (250-200-315)**  
**Impeller 283922 CLOSED B48 Z6**  
**600... 1800 rpm**



IMPELLER DIA	
mm	deg
350	5

*Nya värmeväxlar installerad.*

*den varietetet*



*54 kW*

*den varietetet*

*9600 l/min*