



Återbetalningstid av cirkulationspumpar

”fallstudier av återbetalningstiden för byte av cirkulationspumpar i en fastighet i Helsingfors”

Marcus Forsman

Återbetalningstiden för byte av cirkulationspumpar i fastigheter

Distribuerade Energisystem

2014

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energi system
Identifikationsnummer:	
Författare:	Marcus Forsman
Arbetets namn:	Återbetalningstiden för byte av cirkulationspumpar i fastigheter
Handledare (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Uppdragsgivare:	Oy Grundfos pumput Ab
<p>Sammandrag:</p> <p>Slutarbetet är ett beställningsarbete för Oy Grundfos Pumput Ab. Studien är en uppföljning av ett projekt där man ersatt de gamla cirkulationspumparna i en affärs- och bostadsfastighet i Helsingfors centrum med nya. Slutarbetet behandlar specifikt återbetalningstiden för projektet och den uppnådda energiinbesparingen. Syftet med undersökningen är att ge fastighetsägaren en inblick i vilka tekniska och ekonomiska möjligheter det finns med ett pumpbyte. Slutarbetet behandlar olika pump typer och deras funktionsprinciper. Vilka faktorer som påverkar pumpens energieffektivitet och vilka kriterier som påverkar valet av pump typ.</p> <p>I projektet dimensionerades de ersättande pumparna på basen av den bästa möjliga bakgrunds information som fanns att tillgå för de gamla pumparna. I slutarbete jämförs den beräknade kalkylen mot den uppmätta. Mätningarna gjordes med hjälp av Grundfos apparatur i fastigheten.</p> <p>Slutarbetet visar att den verkliga återbetalningstiden är 49 % längre än den beräknade. Orsaken till den längre återbetalningstiden är att kalkylen för projektet baserade sig på bristande bakgrunds information. En rekommendation är att pumparna i samband med ett byte borde dimensioneras utgående från uppmätta värden.</p> <p>En annan slutsats är att ett byte av cirkulationspumparna i en fastighet är en lönsam investering, i sådana fall där man byter de gamla pumparna mot mer energieffektiva.</p>	
Nyckelord:	Oy Grundfos Pumput Ab, Energiinbesparing, Återbetalningstid, Cirkulationspumpar, Driftspunkter
Sidantal:	33
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distribuerad energy systems
Identification number:	
Author:	Marcus Forsman
Title:	Cirkulationspumpars återbetalningstid i fastigheter
Supervisor (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Commissioned by:	Oy Grundfos Pumput Ab
<p>Abstract:</p> <p>The degree thesis is an order work from Oy Grundfos Pumput Ab. The study is a follow-up of a project in a business and residential property in Helsinki downtown where the old circulation pumps were replaced by new ones. The degree thesis is specifically handling the projects payback time and the replacing pumps energy savings. The degree thesis purpose is to give property owners an insight in which kind of technical and financial opportunities including pumps changes they have. The degree thesis is explaining different kinds of pumps and there operating principals. Which kinds of factors that are affecting the pumps energy affiance and on witch bases you choose your pump type.</p> <p>The replacing pumps in the project are dimensioned by the best background information of the old pumps. In the degree thesis the estimated calculation and the measured calculation is compered. The pumps measurement in the property is done with Grundfos equipment.</p> <p>The conclusion in the degree thesis is that the payback time has increased 49 %. The reason for this is a lack of background information when doing the calculations. A recommendation is that when replacing pumps they should be dimensioned by the old pumps measured values.</p> <p>Another conclusion in the degree thesis is that a change of circulation pumps in a property is profitable in cases where the pumps are changed to more energy efficient pumps.</p>	
Keywords:	Oy Grundfos Pumput Ab, Energy savings, Payback time, circulations pumps, operating point
Number of pages:	33
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Hajautetut energi järjestelmät
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Marcus Forsman
Työn nimi:	Cirkulationspumpars återbetalningstid i fastigheter
Työn ohjaaja (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Toimeksiantaja:	Oy Grundfos Pumput Ab
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Lopputyö on tilaustyö Oy Grundfos Pumput Ab:lle. Työ on seuranta projektista, jossa kiertovesipumput vaihdettiin uusiksi Helsingin keskustan liike- ja asuntokiinteistössä.</p> <p>Lopputyö käsittelee erityisesti projektin takaisinmaksuaikaa ja pumppujen saavuttamia energiasäästöjä. Tutkimuksen tarkoitus on antaa kiinteistönomistajalle kuva siitä mitä teknisiä ja taloudellisia mahdollisuuksia pumppujen vaihdossa olisi. Lopputyö käsittelee erilaisia pumpputyyppejä ja niiden toimintaperiaatteita. Mitkä tekijät vaikuttavat pumpun energiatehokkuuteen ja mitkä asiat vaikuttavat pumpun valintaan.</p> <p>Projektissa korvaavat pumput mitoitettiin parhaiden olemassa olevien vanhojen pumppujen taustatietojen mukaan. Lopputyössä vertailtiin laskennallisia arvoja mittaammini arvoihin. Pumppujen mitoitus tehtiin Grundfos mittalaitteen kanssa kiinteistössä.</p> <p>Lopputyö osoittaa että takaisinmaksuaika muodostuu 49 % pidemmäksi kuin oli laskettu, koska taustatiedoissa oli puutteita. Suositellaan, että pumput vaihdoin yhteydessä mitoitetaan vanhojen pumppujen arvojen mukaan.</p> <p>Toinen päätelmä on että kiertovesipumppujen vaihto kiinteistöissä on kannattava hankinta niissä tapauksissa, jossa vanhat pumput vaihdetaan energitehokkaimpiin.</p>	
Avainsanat:	Oy Grundfos Pumput Ab, Energiasäästö, Takaisinmaksu aika, Kiertovesipumput, Mitoituspiste
Sivumäärä:	33
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

Innehållsförteckning

Föroord	7
1. Inledning.....	8
1.1 Motiv för ämnesval.....	8
1.2 Syfte.....	9
1.3 Avgränsning.....	9
1.4 Målet.....	10
2. Oy Grundfos pumput Ab.....	10
3. Allmänt om pumpar.....	11
4. Pumpar i fastigheten.....	11
4.1 Pumpar i fastigheten.....	11
4.2 Centrifugalpumpen.....	12
4.2.1 Våtmotorpumpen.....	13
4.2.2 Inlines-pumpen.....	14
5. Teoretisk referensram.....	15
5.1 Lyftkraft H	15
5.2 Flödeshastighet Q	16
5.3 Effekt.....	16
5.4 Energiförbrukning.....	17
5.5 Verkningsgrad.....	17
5.6 Pumpens karateristiska kurva.....	17
5.7 System kurva.....	18
5.8 Pumpens optimala punkt.....	18
5.9 NPSH.....	19
5.10 EEI.....	19
5.11 MEI.....	19
5.12 Återbetalningstid.....	20
6 Val av cirkulationspumpar.....	20
6.1 Val av pumptyp.....	20
6.2 Fastställande av pumpens driftspunkt.....	21
6.3 Vätskan som skall cirkuleras.....	21
7 Beskrivning av projektet.....	22
7.1 Projektets gång.....	22
7.2 De gamla pumparna.....	23
7.3 Val av ersättande pumpar.....	23
8 Beräkning av återbetalningstiden för projektet.....	24
9 Uppmätta resultat.....	25
9.1 Mätmetod.....	25

9.2 Mätresultat.....	26
9.3 Uppmätt återbetalningstid för projektet	27
10. Analys.....	28
11. Slutsats.....	31
12. Fortsatta undersökningar	32
Källor	33

Bilder

1. Centrifugalpumpens funktionsprincip
2. Grundfos våt motorpump
3. Grundfos Inline-pump
4. Pumpens karakteristiska kurva
5. Pumpens systemkurva
6. EEI formel
7. MEI graf
8. Grundfos Konstruktionsprogram Wincaps 2014.
9. Grundfos GO

Tabeller

1. Teoretiska återbetalningstider
2. Mätningresultat
3. Pumparnas energiförbrukning KW/H
4. Återbetalningstid enligt uppmätt energiförbrukning
5. Jämförelse av energiförbrukning
6. Jämförelse av driftpunkter

FÖRORD

Det här slutarbetet har jag gjort för Oy Grundfos Pump AB. Försäljningschef Antti Leinonen har fungerat som min handledare. Jag vill tacka honom för all hjälp gällande sökning av material och färdigställande av slutarbetet.

Förutom Antti Leinonen vill jag också tacka alla andra på Grundfos som har hjälpt mig med material och som svarat på mina frågor. Dessutom vill jag också tacka personerna som har gett mig tillgång till byggnaden för att göra mätningarna. Alla har varit väldigt hjälpsamma och vänligt inriktade på att hjälpa mig färdigställa slutarbetet.

Till slut vill jag ännu tacka Distribuerade energi systemens programledare Jarmo Lipsanen. Han har hjälpt mig att sätta ihop en plan för arbetet och handlett mig under arbetets gång.

Helsingfors 18.5.2014

Marcus Forsman

1. Inledning

1.1 Motiv för ämnesval

Begränsade energiresurser och stigande energikostnader gör det intressant att undersöka områden där betydande energiinbesparingar kan göras. Man räknar med att 10 % av världens energiförbrukning går åt till pumpar. Genom att förnya gamla pumpar räknar man med att kunna spara upp till 40 % av den energi som idag går åt till pumpar. (Motiva, Energiatohokkaat pumpput 2011)

EU har uppmärksammat att pumpar är en stor energiförbrukare och därför har man stipulerat effektivitetskrav för pumpar. För 2015 har man stipulerat ett EU-direktiv om att inlines-pumparnas effektivitetskrav skall vara $MEI > 0,4$ och våtmotorpumparnas effektivitetskrav skall vara $EI < 0,27$. EU:s långsiktiga mål är att inlines-pumparna skall ha ett MEI tal som är större än 0,7 och våtmotorpumparna skall ha ett EI tal som är lägre än 0,23. (Grundfos databooklet)

EU-direktivet innebär att man inte kan sälja eller leverera pumpar som inte uppfyller effektivitetskravet efter år 2015. Man kan även förvänta sig att EU i framtiden kommer att motivera fastigheter, att byta ut gamla pumpar mot sådana som uppfyller effektivitetskravet.

Förutom att man med nya pumpar kan uppnå en högre driftssäkerhet, är den egentliga drivkraften till att byta ut gamla pumpar mot mer energisnåla, en ekonomisk fråga. Byte av pumpar blir intressant ifall energiinbesparingen ger en så kort återbetalningstid som möjligt av investeringen. Generellt kan man säga att en återbetalningstid som är kortare än pumpens tekniska livslängd är alltid lönsam.

Jag jobbar själv för Oy Grundfos Pumpput AB. Till mina arbetsuppgifter hör att jobba med energiinbesparingsprojekt. Mitt arbete har gjort mig intresserad att undersöka möjligheterna för energiinbesparing i samband med byte av cirkulationspumpar.

1.2 Syfte

Syftet med slutarbetet är att ge fastighetsägaren en inblick i vilka tekniska och ekonomiska möjligheter de finns gällande byte av pumpar i fastigheten. Med hjälp av slutarbetet, skall fastighetsägaren kunna bilda sig en uppfattning om vilken information som behövs som grund, för val av pump och vilka tekniska kriterier som måste beaktas. I slutarbetet behandlar jag hur man räknar ut pumpens driftspunkt, effekt och verkningsgrad. Slutarbetet strävar även till att ge en inblick vilka faktorer som påverkar återbetalningstiden. Förutom att de tekniska kraven måste uppfyllas, bör man välja en pump som ger en så kort återbetalningstid som möjligt för investeringen.

Förutsatt att kunden förstår vad som är de tekniska och ekonomiska fördelarna i en investering i nya pumpar, är ett byte relativt enkelt eftersom fastigheten är obrukbar endast under en kort tid.

Det har inte gjorts liknande undersökningar gällande energiinbesparing i fastigheter.

1.3 Avgränsning

Slutarbetet avgränsar sig till att behandla byte av cirkulationspumpar i fastigheter. Den praktiska delen behandlar ett projekt som Grundfos utfört i en fastighet i Helsingfors. I projektet byttes cirkulationspumparna i värme och kylsystemet. Alla mätdata och slutsatser baserar sig på en analys av det här projektet.

1.4 Målet

Målet med slutarbetet är att visa att Grundfos-projektet var en lönsam investering för fastigheten. Slutarbetet vill genom en jämförande kalkyl undersöka om den uppmätta energiinbesparingen och återbetalningstiden är i linje med den beräknade. Målet är att visa att man med hjälp av korrekt utvalda pumpar kan göra en betydande energiinbesparing.

Grundfos nytta med undersökningen är kunna visa att de kalkyler man använder för att beräkna projekt ger önskat resultat i verkligheten. Med andra ord att den beräknade energiåtgången är i linje med den uppmätta.

2. Oy Grundfos pumput Ab

Oy Grundfos pumput Ab hör till Grundfos koncernen. Koncernen grundades av Poul Due Jensen år 1945 i Bjerringbron, som är en liten stad i Danmark. Idag hör över 80 företag till Grundfos koncernen. Koncernen fungerar i över 55 länder. Dessutom har koncernen lokala återförsäljare världen runt.

Grundfos koncernen hade år 2013, 18.776 anställda. Koncernens omsättning var år 2013 3,118 Miljarder euro.

Grundfos tillverkar över 16 miljoner pumpenheter idag och är en av världens ledande pumptillverkare. Grundfos är världens ledande tillverkare av cirkulationspumpar och har en världsmarknadsandel om ungefär 50 %. Till företagets huvudprodukter hör cirkulationspumpar som används i värmesystem och kylsystem. Förutom cirkulationspumpar tillverkar Grundfos också centrifugalpumpar för industri-, vattenförsörjnings-, avloppsrenings- och doseringssystem.

Förutom pumpar tillverkar Grundfos också olika motorer och elektronik som används för styrning av pumpar. Tillverkningen omfattar också olika typer av pumpstationer och tillbehör som används till pumpning av gråvatten.

Oy Grundfos pumput Ab i Finland har 80 anställda. Huvudkontoret befinner sig i Vanda. Därtill har företaget försäljningskontor och servicepunkter i Åbo, Villmanstrand, Uleåborg, Östermyra, Tammerfors, Kuopio och Lahtis. (Grundfos Finland Hemsida)

3. Allmänt om pumpar

Det finns två huvudtyper av pumpar: turbopumpar och displacementpumpar. Turbopumpar är roterande pumphjul med skovlar som indelas i 2 kategorier: centrifugalpumpar och propellerpumpar. Displacementpumpar är pumpning genom pumpdon (förträningspumpar), som indelas i kategorierna kolv-, membran-, kugghjul-, skruv- och slangpumpar.

Alla olika pumpkategorier används vid förflyttning av vätska från en punkt till en annan. Centrifugalpumpen är den vanligaste pumpkategorin. Propellerpumpar används vid stora flöden och små lyftkraftsbehov t.ex. vid kylvatten. Kolvpump används vid mycket stora lyftkraftsbehov och vid högviskositeta vätskor, t.ex. vattenpumpar i en brunn. Kugghjuls- och skruvpumpar används inom industrin, medan slangpumpar används inom industrin och laboratorier.(Pumptyper)

4. Pumpar i fastigheten

4.1 Pumpar i fastigheten

Cirkulationspumpar används i tre system i fastigheter. De tre systemen är bruksvattensystemet, värmesystemet och kylsystemet.

Cirkulationspumpens uppgift i bruksvattensystemet är att cirkulera varmvattnet i varmvattenkranen så att användaren får varmt vatten genast då man öppnar kranen. Systemet bygger på att en del av varmvattnet i kranen återcirkuleras till varmvattenbehållaren där det åter uppvärms. Till cirkulationen används specialpumpar som har pumphus och pumphjul tillverkade i koppar eller plats. Materi-

alkravet kommer av att vattnet i bruksvattenssystemet måste vara drickbart. Bruksvattenssystemet betjänar duschen, lavaorkranen och kökskranen.

Det andra systemet utgörs av den vätska som ingår i värmesystemet. Värmesystemet används till att värma upp fastigheten med hjälp radiatorer och luftkonditioneringsmaskiner. Till det här systemet använder man sig av pumpar där motorns värme återanvänds till att värma systemet.

Det tredje systemet utgörs av den vätska som ingår i kylsystemet. Kylsystemet används till kylning av fastigheten med hjälp av kylbafflar. Till det här systemet används inlines-pumpar vars värme från motorn inte överförs till vätskan. Konstruktionen bygger på att man har separerat motorn och den hydrauliska delen med en axel. (Grundfos datasamling)

4.2 Centrifugalpumpen

Centrifugalpumpen är den vanligaste pumptypen för förflyttning av vätska. Centrifugalpumpens vätska strömmar in från pumpens rörintag till rotorbladets mitt. Därefter strömmar den via rotorns vingar ut i pumphuset och därifrån ut via pumpens rörutgång. Rotorn ger vätskan rörelseenergi som förvandlas i pump-huset till tryck. Då vätskan trycks ut ur pumpen skapar den ett undertryck i rotorns mitt. Undertrycket suger in ny vätska från rörintaget till rotorn. Centrifugalpumpens funktionsprincip bygger på att mekanisk energi eller rörelseenergi förvandlas till tryckenergi eller rörelseenergi. Centrifugalpumpens funktionsprincip är avbildad i bild 1. (Kemiaan laitetekniikka 1 virtaustekniikka)

Vi kommer i nästa avsnitt att gå in på två olika typer av centrifugalpumpar inlines-pumpar och våtmotorpumpar.

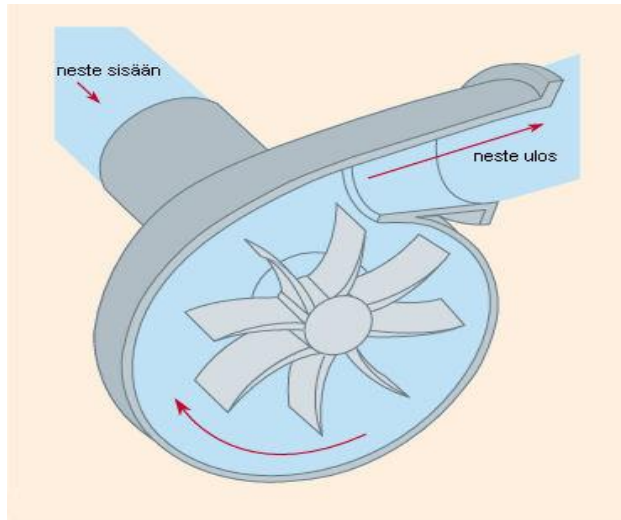


Bild 1: Centrifugalpumpens funktionsprincip

4.2.1 Våtmotorpumpen

Våtmotorpumpens motor och lager omringas av den pumpande vätskan. Vätskan kyler ner motorn och smörjer lagren. Våtmotorpumpen är ett och samma paket. Våtmotorpumpen är till sin fördel i värmekretsar eftersom motorns värme överförs till vätskan och höjer på värmesystemets verkningsgrad. Våtmotorpumpen är inte till sin fördel i kylsystem eftersom motorns värme har en uppvärmande effekt på kylmedlet. (Ympäristöosava, lämmitysjärjestelmät ja energiansäästö)

En våtmotorpump är mer kompakt och därför är utrymmesbehovet mindre än för motsvarande inlines-pump. Om det tillbudstående utrymmet är begränsat kan man även använda våtmotorpumpar till kylsystem fastän det ur energieffektivitetens hänsyn är olämpligt.

Våtmotorpumpens fördel till inlines-pumpar är att den är tystare och har ingen mekanisk axeltätning. Normalt anser branschfolk att våtmotorpumpen har ett mindre behov av underhåll än motsvarande inlines-pump.

(Ympäristöosava, lämmitysjärjestelmät ja energiansästäöt)



Bild 2. Grundfos Våtmotorpump

4.2.2 Inlines-pumpen

Inlines-pumpen har motorn och den hydrauliska delen separat. Motorn och den hydrauliska delen sammanbinds av en axel. Den hydrauliska delen består av rotn och pumphuset. Motorns kylning sköts med en inbyggd elektrisk fläkt. Värmen från motorn överförs inte till vätskan. Ur ett energiperspektiv är inlines-pumpen mera optimal som lösning till ett kylsystem. (Ympäristöosava, lämmitysjärjestelmät ja energiansästäöt)

Inlines-pumpens nackdel är att axeltätningen har en risk för läckage. Fördelen är att motorn inte är i kontakt med vätskan, vilket betyder att motorns livslängd kan vara längre. Det är möjligt att separat byta ut motorn, vilket underlättar servicen. (Ympäristöosava, lämmitysjärjestelmät ja energiansästäöt)



Bild 3. Grundfos Inlines-pump

5. Teoretisk referensram

Teoridelen behandlar de viktigaste tekniska termerna och ekonomiska kriterierna som används för utvärderingen av projektet.

5.1 Lyftkraft H

Lyftkraften H står för hur mycket tryck pumpen måste producera så att vätskan flyttar sig från punkt a till b. Följande formel förklarar sammanhanget för pumpens lyftkraft.

(Keskopump, Allan Wirzenius s.66)

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$$

Δp = Pumpens producerade tryck

ρ = Densiteten Kg/m³

g = Gravitationen m/s²

H = Lyftkraft (vätskepelaren)

5.2 Flödes hastighet Q

Flödes hastigheten står för den mängd vätska (volym) pumpen förflyttar under en viss tid. Flödes hastigheten är en funktion av vätskans hastighet och rörets yta.

(Keskopump, Allan Wirzenius s.66)

$$Q = A \cdot w$$

Q= Flödes hastigheten

A= Arean m²

w= Hastigheten m/s

5.3 Effekt

Pumpens teoretiska effekt får man utifrån formlerna för lyftkraft och flödes hastighet. Effekten har symbolen P och är i enheten watt.

$$P_{\text{teoretiska}} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Pumpens verkliga effektbehov är den effekt som pumpen tar av elmotorn. Effekten som pumpen tar av elmotorn används till 2 olika saker. Först ersätts pumpens förluster och den resterande effekten används sedan till att förflytta vätska. Pumpens verkningsgrad beskrivs närmare i avsnitt 3.5.

$$P_{\text{verkliga}} = P_{\text{teoretiska}} / \eta$$

η = Verkningsgrad

(Keskopump, Allan Wirzenius s.66-67)

5.4 Energiförbrukning

Pumpens energiförbrukning fås som en funktion av effekten gånger tiden.

$$E = P_{\text{verkliga}} \cdot t$$

E= Energiförbrukning(kWh)

t= Tiden (H)

5.5 Verkningsgrad

Pumpens verkningsgrad står för hur mycket av den insatta effekten som åtgår till förflyttning av vätskan. Pumpens verkningsgrad får man reda på genom att jämföra det verkliga effektbehovet och det teoretiska effektbehovet.

(Keskopump, Allan Wirzenius s. 66)

$$\eta = P_{\text{(teoretiska)}} / P_{\text{(verkliga)}}$$

5.6 Pumpens karateristiska kurva

Pumptillverkaren gör upp den karateristiska kurvan för en pump. Den karateristiska kurvan gäller för en viss rotationshastighet. Kurvan visar pumpens lyftkraft (H) som en funktion av flödeshastigheten Q.

Med hjälp av kurvan kan man utläsa pumpens lyftkraft genom att sätta in olika flödeshastigheter. Högsta lyftkraften får man när flödeshastigheten är noll. När flödeshastigheten ökar så minskar pumpens lyftkraft stegvis.

(Kul-24_4410_oppikirja_luku_8)

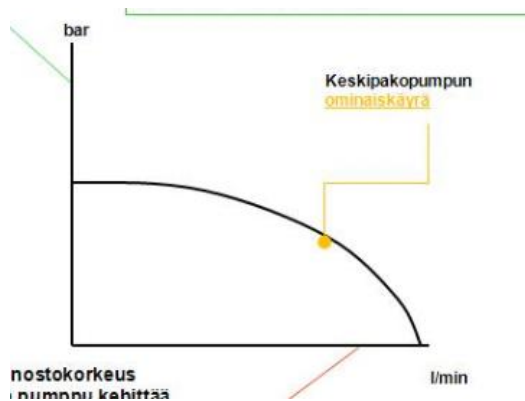


Bild 4. Pumpens karateristiska kurva

5.7 System kurva

En centrifugalpump har med en viss storleks pumphjul och hastighet, en förutsägbar prestanda kurva. Den punkt på kurvan som pumpen arbetar vid är baserad på hur mycket systemet behöver dess arbete och kallas pumpens systemkurva. Systemkurvan representerar ett samband mellan flödet och de hydrauliska förlusterna i ett system.

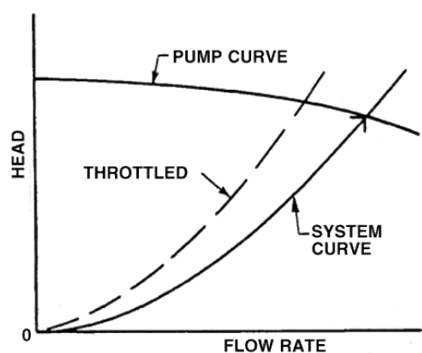


Bild 5. Pumpens systemkurva

5.8 Pumpens optimala punkt

Pumpens optimala punkt uppnås när pumpens verkningsgrad är som högst. Pumpens verkningsgrad stiger hela tiden i samband med att lyftkraften och flödes hastigheten ökar. Vid ett visst värde av lyftkraften och flödes hastigheten har pumpens verkningsgrad nått sin optimala punkt och kurvan börjar sjunka igen.

(Kul-24_4410_oppikirja_luku_8)

5.9 NPSH

Karakteristiska kurvan kan också ritas på basis av motorns effekt och största lyftkraften, då fungerar NPSH som en funktion av flödes hastigheten.

Termen NPSH är en förkortning av Net Positive Suction Head. NPSH berättar om hur stort trycket måste vara vid pumpens intag så att den inte börjar kravitera. Kravitering betyder att det uppstår små luftbubblor/ångbubblor i pumphuset som slår mot rotorhjulet. Kravitering sliter på pumpen och kan söndra rotorn. När det uppstår kravitering så betyder det att pumpens utgivande tryck inte är korrekt. Speciellt vätskans temperatur inverkar på kraviteringen i pumpen.

(pumpschool och Kul-24_4410_oppikirja_luku_8)

5.10 EEI

EEI är en förkortning av (energy efficiency index). Våtmotorpumpens effektivitets krav räknas ut med hjälp av tre tal P_{ref} och $P_{l,avg}$ och $C_{20\%}$. P_{ref} är ett samband av den hydrauliska effekten och verkliga effekten, var man tar i beaktande pumpens verkningsgrad. $P_{l,avg}$ är en medeleffekt via fyra olika punkter. Medan igen $C_{20\%}$ är en given konstant av EU som är 0,49. Faktorn $C_{20\%}$ innebär en skalfaktor som garanterar att det vid tidpunkten för definierar skalfaktor endast XX procent för vissa typer av cirkulationspumpar har ett tal som är $EEI < 0,20$. (Grundfos data)

$$EEI = \frac{P_{l,avg}}{P_{ref}} \cdot C_{20\%}$$

Bild 6. EEI formel

5.11 MEI

MEI är en förkortning av (minimun efficiency index). MEI betyder att man räknar inline-pumpens bästa hydrauliska verkningsgrad, genom att ha en flödes hastighet 75 %, 100 % och 110 % i jämförande med den bästa verkningsgrads i punkterna. (Grundfos data)

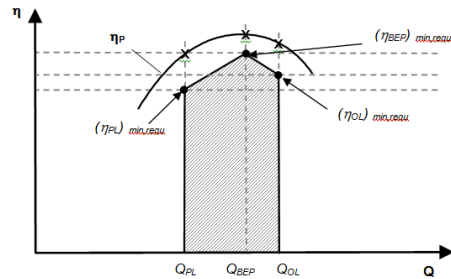


Bild 7. MEI graf

5.12 Återbetalningstid

Vid uträkning av projektets återbetalningstid använde jag mig av en funktion av de ersättande pumparnas investering, samt de gamla och ersättande pumparnas energi förbrukning och elpriset.

$$T \text{ åter} = \text{Investering} / ((E \text{ gamla} - E \text{ ersättande}) * \text{el priset})$$

T åter= Återbetalningstiden

Investeringen= Totala investeringens summa

E gamla= Energiförbrukningen för de gamla pumparna(KWH)

E ersättande= Energiförbrukningen för de ersättande pumparna(KWH)

6 Val av cirkulationspumpar

6.1 Val av pumptyp

Valet av pumptyp beror på det system till vilket man söker en ersättande pump. Till bruksvattencirkulationen väljer man en våtmotorpump där pumphuset är gjort av special material för att uppfylla kraven för dricksvatten. Till värmesystemet väljer man ur energieffektivitets hänseende en våtmotorpump. Till kylsystemet föredrar man inlines-pumpar, för att motorn och den hydrauliskadelen är separata delar, vilket ger en högre energieffektivitet.

Förutom val av pumptyp måste man även beakta om pumpen skall ha en 1 fas eller en 3 fas motor. Därtill kommer vilken typ av styrning pumpen skall förses med, samt hur den skall vara kopplad till fastighetens fastighetsautomation.

Vid val av pump måste man beakta på vilket sätt den skall anslutas till cirkulationssystemet. Normalt ansluter man en pump antingen med en gänganslutning eller med en flänsanslutning. Dessutom måste pumpen passa till det tillbudstående utrymmet. (Motiva, Energiatohokkaat pumpput 2011 s.5, 15)

6.2 Fastställande av pumpens driftspunkt

Pumpens driftspunkt är ett samband av lyftkraften och flödet, vilket igen är uträknat på basis av systemets behov. Vid bestämmande av pumpens driftspunkt skall man ta i beaktande det nuvarande behovet och eventuella framtida behov. Man strävar till att dimensionera lyftkraften och flödet för pumpen så att den arbetar möjligast nära den optimala driftspunkten.

Pumpens driftspunkt påverkar pumpens verkningsgrad, vilket igen påverkar pumpens energiförbrukning. Flödes hastigheten för en överdimensionerad pump blir för låg i förhållande till den optimala driftspunkten, vilket resulterar i en lägre verkningsgrad och därmed en högre energiförbrukning.

För en underdimensionerad pump ser vi en låg verkningsgrad på grund av att pumpens lyftkraft är för låg och flödet för högt. Därtill kommer att en underdimensionerad pump inte förmår betjäna systemet som planerat. (Motiva, Energiatohokkaat pumpput 2011 s.6)

6.3 Vätskan som skall cirkuleras

Pumparna skall vara valda enligt den vätska som skall pumpas. De allmännaste typerna av vätska är homogen, icke-homogen och kemiskt aktiva. Pumpens materialval påverkas av vätskans typ. (Motiva, Energiatohokkaat pumpput 2011 s.18-19)

Vätskans viskositet påverkas av vätskans temperatur. Normalt strävar man till att välja en pump med ett högt varvtal till en vätska med hög viskositet. En vätska med låg viskositet sänker på tryckförlusten som flödet har åstadkommit i rörsystemet, vilket gör att pumpens energiförbrukning sänks. (Vesitekno Oy Freezium 2011)

7 Beskrivning av projektet

7.1 Projektets gång

Fastigheten där projektet genomfördes är ett bostadshus med affärsutrymmen, belägen i Helsingfors. Målsättningen med projektet var att byta ut de gamla pumparna mot mer energieffektiva. För detta kontaktades Grundfos som leverantör av de nya pumparna. Grundfos representant analyserade de gamla pumparna och utgående från analysen gjorde man beräkningarna för projektet.

Grundfos representant samlade in information gällande styrning, pumptyp och nominella driftpunkter för de gamla pumparna. Samtidigt granskades pumparnas röranslutningar. Den gamla installationen fotograferades och dokumenterades.

De nya pumparna valdes med hjälp av Grundfos konstruktionsprogram Wincaps. Grundfos kontaktade en underleverantör för utförande av rör och el arbeten. Med hjälp av den information Grundfos sände till underleverantören, kunde företaget ge en bindande offert för installationsarbetet.

Grundfos använde informationen för de gamla pumparna, till att beräkna driftsparametrarna för de nya pumparna. Återbetalningstiden för projektet beräknades utgående från driftsparametrarna och underleverantörens offert. (Grundfos Antti Leinonen)

7.2 De gamla pumparna

Slutarbetet har inte tillgång till fullständig bakgrundsinformation om de gamla pumparna på grund av att de är från en konkurrerande leverantör (Kolmeks). De gamla pumparnas motorkurva och nominalkurva är tagna från Kolmeks pumparnas specifikation. Fabrikatörens specifikation beskriver pumpens viktigaste tekniska data. Med hjälp av specifikationen har man beräknat de gamla pumparnas effekt genom att välja en driftspunkt som motsvarar en bra verkningsgrad. (Grundfos Antti Leinonen)

7.3 Val av ersättande pumpar

De gamla pumparnas driftspunkt användes som bas för dimensionering av de ersättande pumparna. Dimensioneringen gjordes med hjälp av Grundfos konstruktionsprogram Wincaps. De föreslagna pumparnas installationslängd och röranslutning kontrollerades mot de gamla pumparnas motsvarande värden. För lösningen valdes Grundfos inlines-pumpar till cirkulationspumpar för kylsystemets cirkulation(etylenglykolkretsen), Grundfos inlines-pumpar till cirkulationspumpar för kylsystemets cirkulation(vattenkretsen) och Grundfos våtmotorpumpar till cirkulationspumpar för värmesystemets cirkulation.

Konstruktionsprogrammet Wincaps innehåller en databas av alla Grundfos produkter. På basen av inmatad lyftkraft och flödehastighet beräknar programmet lämplig pump ur Grundfos sortiment. Förutom lämplig modell beräknar programmet även årlig energiförbrukning för pumpen. Användargränsnittet för konstruktionsprogrammet är avbildat i bild 8. (Grundfos Antti Leinonen)

Wincaps Konstruktionsprogram

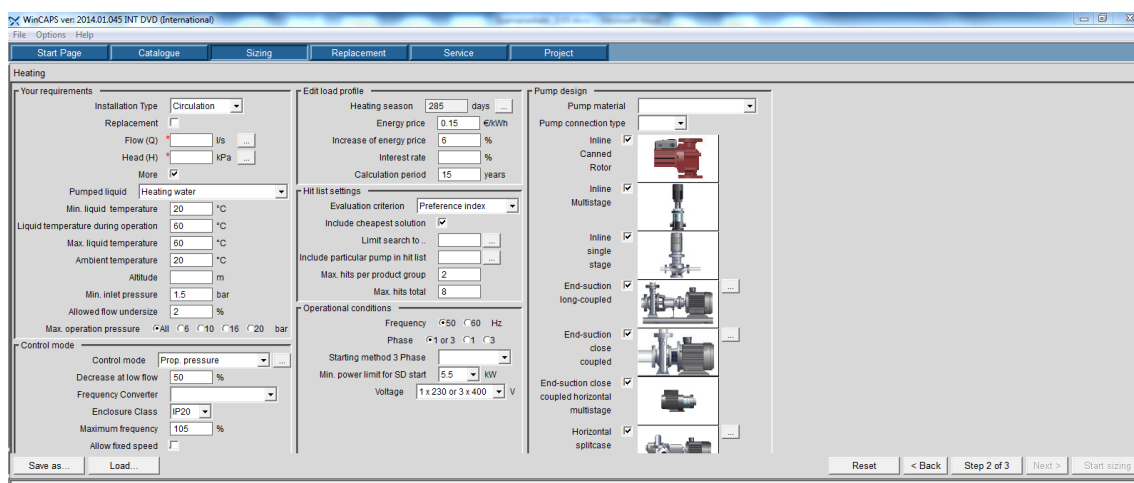


Bild 8. Wincaps 2014

8 Beräkning av återbetalningstiden för projektet

Nedanstående tabell beskriver återbetalningstiden för projektet. För uträkning av återbetalningstiden har man använt ett elpris om 85e/MWH.

I tabellen finns uppräknat energiförbrukningen för de enskilda pumparna samt deras beräknade driftspunkt. För pumparna i varmvattensystemet har man använt en årlig driftstid om 5760 h, för pumparna i kylsystemet(vatten) en driftstid om 8760h och för pumparna i kylsystemet(etylenglykol) en driftstid om 8760 h. Driftstiderna användes till att beräkna den årliga energiförbrukningen och energikostnaden. Genom att jämföra den årliga energiförbrukningen för de gamla och nya pumparna har man kunnat fastställa energiinbesparingen. På basen av energibesparingen har man kunnat beräkna återbetalningstiden för investeringen.

Kalkylen ger en återbetalningstid för projektet på 3,95 år. Sammanfattningen av beräkningarna redovisas i tabell 1.

Återbetalningstid enligt beräknade värden

El priset 85/MWh

Position	Applikation	Driftsparameter			Okontrollerad gammal pump jämförelsenivå	Pumptyp gammal	Pumptyp ny	Beräknad energi användning		Investering	Återbetalningstid
		Q l/s	H kPa	Årlig gångtid h				kWh/År	Besparing %		
2PU01	Lösningss nätverkets, kondesatorer	45,00	150	8 760	56 210		Inline-pump	28 456	49	5 920	2,51
2PU02	Kyl vattnet	40,00	100	3 600	28 800		Inline-pump	12 755	56	5 430	3,98
2PU03	Kyl bafflar	19,80	150	8 760	28 105		Inline-pump	10 964	61	4 720	3,24
2PU04	Luft konditionering kylning	29,00	80	3 600	16 200		Inline-pump	6 569	59	4 530	5,53
0111P	TK01, Värme	2,30	30	5 760	1 152		Våt motorpump	381	67	910	13,89
0211P	TK02, Värme	2,30	30	5 760	1 152		Våt motorpump	381	67	910	13,89
0311P	TK03, Värme	2,30	30	5 760	1 152		Våt motorpump	381	67	910	13,89
04PU01	TK04.1, Värme	1,50	20	5 760	432		Våt motorpump	160	63	350	15,14
04PU02	TK04.2, Värme	1,50	20	5 760	432		Våt motorpump	160	63	350	15,14
04PU03	TK04 värmeåtervinning	5,00	100	5 760	5 760		Inline-pump	2 302	60	1 380	4,69
05PU01	TK05, Värme	0,42	30	5 760	345		Våt motorpump	95	72	300	14,12
06PU01	TK06, Värme	0,42	30	5 760	345		Våt motorpump	95	72	300	14,12
Totalt 12 pumpar					140 085			62 699	55	26 010	3,95

Tabell 1: Beräknad återbetalningstid

9 Uppmätta resultat

9.1 Mätmetod

Värdena för de nya pumparna uppmättes med hjälp av Grundfos GO apparaturen. Grundfos GO är en apparatur som består av en fjärrkontroll som kan kopplas till en mobiltelefon eller en Ipod musikspelare. Grundfos GO apparaturen är en tilläggsmodul som läggs till mobiltelefonen eller Ipod musikspelaren. Grundfos GO apparaturen kommunicerar via en radio frekvens med pumpen. För att fungera tillsammans Grundfos GO apparaturen behöver mobiltelefonen och Ipod musikspelaren en applikation som kan laddas ner från Apple store eller Android market beroende på operativsystemet. Med Grundfos GO apparaturen kan man styra pumpen samt avläsa viktiga data, som pumpen registrerat. Pumpen registrerar data i form av en rapport som avläses med Grundfos GO apparaturen. I det uppmätta datat ingår pumpens driftspunkt, energiförbrukning. (Grundfos GO 2013)

Förutom uppmätta data ingår i rapporten en lista över service historik, kommande service åtgärder och rapporterade felsituationer.(Grundfos Go databooken)



Bild 9. Grundfos GO

9.2 Mätresultat

Med Grundfos GO apparaturen avlästes uppmätta värden för de nya pumparna. Tabell 2 uppvisar de viktigaste mätresultaten för de ersättande pumparna. I tabellen ingår uppmätta driftstimmar, uppmätt energiförbrukning och uppmätta driftsparametrar. De uppmätta driftsparametrarna representerar det momentana värdet för lyftkraft och flöde vid mätningstidpunkten.

Mättningsresultat

Position	Applikationer	Pump typ	Uppmätta driftsparametrar			Uppmätt energiförbrukning för ifrågavarande driftstider
			H Kpa	Q l/s	H	kWh
			Lyftkraft	Flöde	Drifttimmar	Energiförbrukning
2PU01	Lösningss nätverkets, kondesatorer	Inline-pump	63	24	4484	16406
2PU02	Kyl vattnet	Inline-pump	57	42,5	2922	13074
2PU03	Kyl bafflar	Inline-pump	136	12,5	1100	2960
2PU04	Luft konditionering kylning	Inline-pump	72	16	3128	6572
0111P	TK01, Värme	Våt motorpump	18	1,81	5064	548
0211P	TK02, Värme	Våt motorpump	20	3,78	5050	1144
0311P	TK03, Värme	Våt motorpump	30	2,08	4952	464
04PU01	TK04.1, Värme	Våt motorpump	22	1,55	4440	244
04PU02	TK04.2, Värme	Våt motorpump	28	1,19	3229	234
04PU03	TK04, värmeåtervinning	Inline-pump	78	5,5	4316	3934
05PU01	TK05, Värme	Våt motorpump	26	0,31	5020	170
06PU01	TK06, Värme	Våt motorpump	20	0,28	5016	176
						45926

Tabell 2: Mättningsresultat

9.3 Uppmätt återbetalningstid för projektet

För att kunna beräkna den uppmätta återbetalningstiden behövde jag omvandla mätresultaten till samma enhet som i den beräknade återbetalningstiden. I tabell 3 räknar jag ut energiförbrukningen per timme. Det erhållna värdet används till att kalkylera återbetalningstiden för projektet enligt samma driftstimmar som i den ursprungliga kalkylen. Tabell 3 visar uppmätt energiförbrukning per timme.

Uppmätt energiförbrukning per timme

Position	Applikationer	Pumptyp	kWh	H	
			Energiförbrukning	Drifttimmar	kWh
2PU01	Lösningss nätverkets, kondesatorer	Inline-pump	16406	4484	3,66
2PU02	Kyl vattnet	Inline-pump	13074	2922	4,47
2PU03	Kyl bafflar	Inline-pump	2960	1100	2,69
2PU04	Luft konditionering kylning	Inline-pump	6572	3128	2,10
0111P	TK01, Värme	Våt motorpump	548	5064	0,11
0211P	TK02, Värme	Våt motorpump	1144	5050	0,23
0311P	TK03, Värme	Våt motorpump	464	4952	0,09
04PU01	TK04.1, Värme	Våt motorpump	244	4440	0,05
04PU02	TK04.2, Värme	Våt motorpump	234	3229	0,07
04PU03	TK04, värmeåtervinning	Inline-pump	3934	4316	0,91
05PU01	TK05, Värme	Våt motorpump	170	5020	0,03
06PU01	TK06, Värme	Våt motorpump	176	5016	0,04

Tabell 3: Pumparnas energiförbrukning kWh

Den uppmätta återbetalningstiden kalkylerades med hjälp av den uppmätta energiförbrukningen genom att använda samma energikostnad som i den ursprungliga kalkylen. Vi ser att den verkliga återbetalningstiden för projektet blir 5,89 år vilket är 1,94 år längre än den ursprungliga kalkylen. I procent innebär det här att projektets återbetalningstid förlängdes med 49 %.

Branschexperter räknar med att pumpar av den modell som användes har en teknisk livslängd på ca 10-15 år. På basen av det här kan man dra slutsatsen att projektet var lönsamt fastän återbetalningstiden förlängdes med 49 %.

Återbetalningstid enligt uppmätt energiförbrukning

El priset 85/MWh

Position	Applikation	Driftsparameter			Okontrollerad gammal pump jämförelse nivå kWh/År	Pumptyp Gammal	Pumptyp ny	Uppmått årlig energiförbrukning		Investering Euro	Återbetalningstid År
		Q l/s	H kPa	Årlig gångtid h				kWh/År	Besparing %		
2PU01	Lösningss nätverkets, kondensatorer	45,00	150	8 760	56 210		Inline-pump	32051	43	5 920	2,88
2PU02	Kyl vattnet	40,00	100	3 600	28 800		Inline-pump	16108	44	5 430	5,03
2PU03	Kyl bafflar	19,80	150	8 760	28 105		Inline-pump	23572	16	4 720	12,25
2PU04	Luft konditionering kylning	29,00	80	3 600	16 200		Inline-pump	7564	53	4 530	6,17
0111P	TK01, Värme	2,30	30	5 760	1 152		Våt motorpump	623	46	910	20,24
0211P	TK02, Värme	2,30	30	5 760	1 152		Våt motorpump	1305	-13	910	-69,97
0311P	TK03, Värme	2,30	30	5 760	1 152		Våt motorpump	540	53	910	17,49
04PU01	TK04.1, Värme	1,50	20	5 760	432		Våt motorpump	317	27	350	35,81
04PU02	TK04.2, Värme	1,50	20	5 760	432		Våt motorpump	417	3	350	274,51
04PU03	TK04, värmeåtervinning	5,00	100	5 760	5 760		Inline-pump	5250	9	1 380	31,83
05PU01	TK05, Värme	0,42	30	5 760	345		Våt motorpump	195	43	300	23,53
06PU01	TK06, Värme	0,42	30	5 760	345		Våt motorpump	202	41	300	24,68
Totalt 12 pumpar					140 085			88 144	37	26 010	5,89

Tabell 4: Återbetalningstid enligt uppmätt energiförbrukning

10. Analys

I min analys försöker jag härleda orsakerna till att återbetalningstiden har förlängts. Ur tabell 1 och 4 har jag samställt i tabell 5 den beräknade och den uppmätta energiförbrukningen. Ur tabell 5 ser vi att återbetalningstiden har förlängts

på grund av att pumparnas energiförbrukning är större än den man ursprungligen kalkylerat.

Jämförelse av energiförbrukningen

			Beräknad energiförbrukning	Uppmätt energiförbrukning
Position	Applikation		kWh/År	kWh/År
2PU01	Lösnings nätverkets, kondesatorer	Inline-pump	56 210	32 051
2PU02	Kyl vattnet	Inline-pump	28 800	16 108
2PU03	Kyl bafflar	Inline-pump	28 105	23 572
2PU04	Luft konditionering kylning	Inline-pump	16 200	7 564
0111P	TK01, Värme	Våt motorpump	1 152	623
0211P	TK02, Värme	Våt motorpump	1 152	1 305
0311P	TK03, Värme	Våt motorpump	1 152	540
04PU01	TK04.1, Värme	Våt motorpump	432	317
04PU02	TK04.2, Värme	Våt motorpump	432	417
04PU03	TK04, värmeåtervinning	Inline-pump	5 760	5 250
05PU01	TK05, Värme	Våt motorpump	345	195
06PU01	TK06, Värme	Våt motorpump	345	202

Tabell 5: Jämförelse av energiförbrukning

För att analysera varför energiförbrukningen är större så har jag jämfört de beräknade och uppmätta driftspunkterna. Tabell 6 visar betydande skillnader mellan de beräknade driftspunkterna och de momentana uppmätta driftspunkterna.

I det här projektet baserade sig de ursprungliga beräkningarna inte på uppmätta värden för de gamla pumparna utan på bästa tillgängliga bakgrundsinformation. På grund av ekonomiska skäl beslöt man i det här projektet, att inte mäta värdena för de gamla pumparna.

De ersättande pumparna valdes på basis av det man trodde var de verkliga driftspunkterna för de gamla pumparna. Om de ersättande pumparna hade opererat på denna nivå hade de haft en bättre verkningsgrad än den uppmätta. Ur tabell 6 ser vi att de nya pumparna opererar vid en driftspunkt som ger en sämre verkningsgrad än den beräknade.

Orsaken till att bakgrundsinformationen man använde som bas för beräkningarna är felaktig, beror med högsta sannolikhet på att systemet har förändrats under årens lopp. Vår slutsats är att de gamla pumparna inte har opererat vid sin optimala driftspunkt eftersom systemet har förändrats. Det här skulle man ha kunnat konstatera ifall man hade mätt de verkliga driftspunkterna för de gamla pumparnas och använt den här informationen som grund för beräkning av de ersättande pumparna.

Tabell 6 visar att de ersättande pumparna är överdimensionerade. Pumparnas överdimensionering leder till att de har en dålig verkningsgrad. Den dåliga verkningsgraden leder till att pumpens energiförbrukning är större.

I projektet är det speciellt de stora inlines-pumparnas energiförbrukning som har en betydande inverkan på återbetalningstiden. Tabell 6 visar skillnaden mellan de beräknade och uppmätta driftspunkterna för pumparna. Dessa skillnader förklarar den förlängda återbetalningstiden.

En längre uppföljningstid av projektet skulle kanske också ha inverkat på hur väl de uppmätta värdena stämmer överens med de beräknade värdena. Årstidsväxlingar under olika år såsom kalla vintrar och varma vintrar inverkar i viss mån på resultatet. Inom ramen för det här projektet hade jag inte möjlighet att förlänga uppföljningstiden.

Min analys visar att man vid byte av pumpar borde investera i att mäta driftspunkterna för de gamla pumparna för att få korrekt bakgrundsinformation för beräkning av projektkalkylen.

Jämförande av driftspunkter

		Teoretiska driftspunkter		Uppmätta driftspunkter		
Position	Applikation		Q l/s	H kPa	Q l/s	H kPa
2PU01	Lösningss nätverkets, kondesatorer	Inline-pump	45,00	150	24	63
2PU02	Kyl vattnet	Inline-pump	40,00	100	42,5	57
2PU03	Kyl bafflar	Inline-pump	19,80	150	12,5	136
2PU04	Luft konditionering kylning	Inline-pump	29,00	80	16	72
0111P	TK01, Värme	Våt motorpump	2,30	30	1,81	18
0211P	TK02, Värme	Våt motorpump	2,30	30	3,78	20
0311P	TK03, Värme	Våt motorpump	2,30	30	2,08	30
04PU01	TK04.1, Värme	Våt motorpump	1,50	20	1,55	22
04PU02	TK04.2, Värme	Våt motorpump	1,50	20	1,19	28
04PU03	TK04, värmeåtervinning	Inline-pump	5,00	100	5,5	78
05PU01	TK05, Värme	Våt motorpump	0,42	30	0,31	26
06PU01	TK06, Värme	Våt motorpump	0,42	30	0,28	20

Tabell 6: Jämförande av driftspunkter

11. Slutsats

I undersökningen valdes de ersättande pumparna på basis av den bästa tillgängliga bakgrundsinformation för de gamla pumparna.

Undersökningen visar att Grundfos kalkyl inte stämde överens med de uppmätta värdena. Den verkliga återbetalningstiden för projektet är 1,94 år längre än den beräknade. Återbetalningstiden ändrades på grund av att pumparna opererade vid en driftspunkt som var en annan än den beräknade, vilket ledde till en större energiförbrukning än beräknat.

Projektet var hur som helst lönsamt för fastigheten. Efter 5,89 år har investeringen betalat sig tillbaka och när man jämför detta med pumparnas tekniska livslängd, som är 10-15 år, så kan man dra slutsatsen att investeringen är lönsam.

Personligen lärde jag mycket nytt gällande pumparnas funktionsprinciper och tekniska uppbyggnad. Projektet som undersökning var intressant och har gett mig större kunskap inför framtiden.

12.Fortsatta undersökningar

Man kunde göra en liknande undersökning utgående från en mätning av de gamla pumparnas driftspunkter. I undersökningen skulle man undersöka ifall att en bättre kvalitet på bakgrundsinformationen ger en bättre lönsamhet på pumpprojektet. Med andra ord skulle man studera om det är värt att investera i att mäta driftspunkterna för de gamla pumparna.

Ett annat uppslag för en undersökning är att undersöka vilken energiinbesparing man kan uppnå genom att ändra styrsätt och automation i samband med pumpar.

Källor

1. Energiatehokkaat pumput, texten Pöyry Finland Oy, publicerad 12/2011
Tillgänglig: http://www.motivanhankintapalvelu.fi/files/379/Energiatehokkaat_pumput.pdf
hämtad: 14.4.2014
2. Grundfos datasamling
3. Grundfos Antti Leinonen
4. Grundfos GO databok
5. Grundfos Finlands hemsida
Tillgänglig: <http://fi.grundfos.com/tietoja-grundfosista/grundfosin-esittely/grundfos-konserni.html> hämtad: 28.5.2014
6. Keskipakopumput Allan Wizerius, kustannusyhtymä Tampere 1978, tredje förnyade upplagan
7. MEI Inlines-pumpens energieffektivitet, Dr. Bernd Stoffel, publicerad 07.10.2011
Tillgänglig: <http://europump.net/uploads/6%20october%20roundtable/B%20Stoffel%20Europump%206%20October%202011.pdf> hämtad: 14.4.2014
8. Motiva Oy, 2009: Jaana federley. Teknillinen korkeakoulu, 2009
Tillgänglig: http://www.motiva.fi/files/2419/energiatehokas_pumppausj_rjstelm_.pdf hämtad: 14.4.2014
9. Pumptyper, publicerad: 01.11.2013
Tillgänglig: http://www.chemeng.lth.se/ketf01/Arkiv/TP6_pumpar.pdf hämtad: 28.5.2014
10. Pumppu2
Tillgängliga: <http://talotekniikka.wikispaces.com/pumppu2> hämtad: 14.4.2014
11. Pump school, publicerad 2007
Tillgänglig: <http://www.pumpschool.com/applications/NPSH.pdf> hämtad: 14.4.2014
12. Tillgänglig: https://noppa.aalto.fi/noppa/...24.../Kul-24_4410_oppikirjan_luku_8.pdf hämtad: 14.4.2014
13. Publicerad: Gould pumps inc, pumpens systemkurva
Tillgänglig: <http://www.webbpump.com/technical-support/centrifugal-pump-basics/system-curves.php> hämtad: 14.4.2014
14. Vesi Tekno Oy, Kemira Oyj undersökning gällande freezium
Tillgänglig: <http://www.vesitekno.fi/pdf/freeziumopas.pdf>, hämtad: 5.5.2014
15. Ympäristöosaava Ammattilainen
Tillgänglig: <http://www.ymparistoosaava.fi/kiinteistonhoitoala/index.php?k=22462> hämtad: 14.4.2014

