

# Energieeffektivisering av Exaktas elförbrukning



---

**Alexander Andinger**

Division of Industrial Electrical Engineering and Automation  
Faculty of Engineering, Lund University

# Energieeffektivisering av Exaktas elförbrukning



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Avdelningen för industriell Elektroteknik och Automation

Examensarbete:  
Alexander Andinger  
Examinator: Mats Lilja  
Handledare: Henriette Weibull

© Copyright Alexander Andinger

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

## Abstract

This thesis was completed at Exakta Printing in Malmo. The purpose of this work was to identify different elements that consume energy, such as lightning, machinery, compressed air, ventilation, etc., in order to present several suggestions on how to reduce the energy consumption and the costs within the chosen area.

In order to make a detail analysis of the company's energy consumption a visual examination and a detailed documentation was executed to obtain accurate measurements. All measurements of the power consumption of each group were conducted using a power meter.

The theoretical part presented in this thesis is based on literature studies and presents basic facts about different energy consuming elements occurring in an industrial environment.

The proposals presented in this thesis emphasize on maximum cost and energy reducing actions. The methods proposed include installation of daylight sensors, motion/presence detectors, LED lightning, heat recovery, leak detection and rotor speed regulation using a frequency converter.

## Sammanfattning

Examensarbetet genomfördes på Exakta Printing i Malmö. Syftet med detta arbete var att kartlägga de olika momenten där energi används, såsom belysning, maskinpark, tryckluft, ventilation etc. och därefter presentera förslag på hur man kan få ner energiförbrukningen och kostnaden inom valt område.

För att kunna göra en detaljerad kartläggning av verksamhetens energiförbrukning genomfördes först en okulär undersökning av anläggningen och därefter upprättades en tydlig dokumentering och planlösning för att erhålla noggranna mätningar. Samtliga mätningar av energiförbrukningen för respektive grupp genomfördes med hjälp av en effektmeter.

Den teoretiska delen som redovisas i denna uppsats bygger på litteraturstudier och tar upp grundläggande fakta om de olika energiförbrukande momenten i en industriell verksamhet.

De förslagen som presenteras i detta arbete fokuserar på energiförbrukningsbesparing. De åtgärder som föreslås i analysen är bland annat installation av dagsljussensorer, rörelse/närvarodetektorer, nedsläckning, byte av ljuskällor, värmeåtervinning, läckagesökning samt varvtalsreglering.

## Innehåll

Abstract.....	3
Sammanfattning.....	4
1. Inledning.....	7
1.1 Bakgrund.....	7
1.2 Problemformulering.....	7
1.3 Syfte och mål.....	7
1.4 Avgränsningar.....	8
1.5 Metod.....	8
2. Teori.....	9
2.1 Beräkningsformler.....	9
2.2 Belysning.....	9
2.2.1 Ljusstyrning.....	10
2.3 Ljuskällor.....	12
2.3.1 Lysrör.....	12
2.3.2 LED (Light-Emitting-Diode).....	14
2.4 Ventilation.....	14
2.5 Tryckluft.....	16
2.5.1 Driftskostnader och luftförbrukning.....	16
2.6 Affinitetslagarna.....	17
2.7 Frekvensomriktare.....	18
2.7.1 Energibesparing med frekvensomriktare.....	18
3. Exakta.....	19
3.1 Abonnemangsavgiften.....	19
3.2 Lokalerna.....	20
3.2.1 Falshallen.....	20
3.2.2 Bindhallen.....	22
3.2.3 Distributionshallen.....	22
3.2.4 Övre plan.....	22
3.2.5 Stora lagret.....	23
3.2.6 Lilla lagret.....	23
3.2.7 Trucklagret.....	23
3.2.8 In- och utlastningen.....	23
3.3 Kompressor.....	24
3.4 Ventilation.....	24
3.5 Värme/Kyla.....	24

3.6 Komprimatorer .....	24
4. Resultat .....	25
4.1 Kartläggning av energiförbrukningen.....	25
4.1.1 Belysning .....	25
4.1.2 Maskiner .....	28
4.1.3 Ventilation .....	29
4.1.4 Komprimatorer.....	30
4.1.5 Kompressor .....	30
4.2 Summering av kartläggningen.....	30
5. Analys.....	31
5.1 Förslag på åtgärder .....	31
5.1.1 Belysning .....	31
5.1.2 Maskiner .....	37
5.1.3 Komprimatorer.....	38
5.1.4 Ventilation .....	39
5.1.5 Kompressor .....	40
6. Diskussion .....	41
7. Förslag till vidare undersökning.....	43
8. Källförteckning.....	44
Appendix .....	46

# 1. Inledning

## 1.1 Bakgrund

Exakta Group är en mediakoncern som kombinerar kommunikation som traditionell print med digitala tjänster. Exakta Group är en av Sveriges ledande grafiska koncerner som omsätter ca 400 mkr och har 240 anställda. I Exakta Group ingår bolagen Exakta Print AB, Exakta XL AB, Exakta Decision AB, Exakta Media AB, Tryckfolket AB, Tryckfolket Distribution AB, AM-Tryck AB och trycka.se. Exakta är från och med den 6 juli 2015 även ägare till Tema Klasskort Sweden AB. Förvärvet är ett viktigt steg i Exaktas strategi att äga tryckintensiva bolag med en stark marknadsposition.

Företaget har ca 160 medarbetare och huvudkontor i Malmö. I Malmö erbjuds både offsettryck och digitaltryck. Här erbjuder även Exakta XL all typ av skyltproduktion.

Exakta arbetar aktivt med miljöfrågor genom hela sin verksamhet. Företaget är certifierat enligt ISO9001(kvalitet), ISO 14001 (miljö), Svanen (miljö) samt FSC (miljö avseende skog-återplantering samt ansvarstagande för avverkning) och de använder sig endast av kemikalier som godkänds av Svanen.[1]

## 1.2 Problemformulering

Exaktas verksamhet på Järnyxegatan i Malmö är mycket elenergikrävande och företaget gör av med ca 180 000 kWh/mån. El används bland annat till belysning, maskinparken, tryckluft, ventilation, uppvärmning samt kyla.

Uppvärmningen av lokalerna sker dels med överskottsvärme från processerna dels med direktverkande el i form av fjärrvärme.

I dagsläget finns det bara en mätare på hela anläggningen, vilket innebär att företaget saknar kunskap om hur mycket elenergi som går åt till de olika delarna av verksamheten. Då elkostnaden blir allt högre är det nödvändigt för verksamheten att bli mer medveten om energiförbrukningen och dess optimeringspotential i syfte att förbli konkurrenskraftiga på marknaden.

## 1.3 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att kartlägga och gruppera de olika områdena där energi används, såsom belysning, maskinpark, tryckluft, ventilation etc. Därefter ska det, med hjälp av mätningar och beräkningar tas fram ungefärliga siffror på hur mycket varje grupp förbrukar. Utifrån detta underlag ska vidare de mest energikrävande grupperna analyseras och förslag på hur man skulle kunna få ner energiförbrukningen inom valt område ges.



## 1.4 Avgränsningar

Examensarbetet kommer enbart att kretsa kring Exaktas huvudverksamhet på Järnyxegatan i Malmö.

Då data, utrustning och expertis saknas kan inga läckagesökningar och förluster på kompressorn göras, inte heller kan någon kalkylering på nuvarande från- och tilluft i ventilationen utföras. Således kommer besparingsförslagen enbart baseras på den uppmätta elförbrukningen.

Förslagen kommer inte heller omfatta några förändringar i maskinerna.

En annan viktig avgränsning är att det inte förekommer några bilder/fotografier på verksamheten i examensarbetet. Detta beroende på att företaget trycker sekretessbelagt material och således är all fotografering inom verksamhetens väggar otillåten.

Då Exakta är en stor verksamhet med många beståndsdelar ter det sig föga genomförbart att fördjupa sig i alla komponenter inom ett visst område. Därför blir min sista avgränsning att endast grundligt undersöka och följa upp utvalda delar som kan fungera som grundplattform för arbetet med energioptimering.

## 1.5 Metod

Examensarbetet genomfördes på Exaktas huvudkontor på Järnyxegatan i Malmö.

I syfte att erhålla de nödvändiga kunskaperna för genomförandet av detta arbete och följaktligen kunna framföra relevanta energibesparingsåtgärder har omfattande litteraturstudier av böcker, branschrelaterade artiklar samt intervjuer med behörig personal genomförts. Under instuderingsprocessen har flera olika företag kontaktats i syfte att få djupare insikt i hur olika energibesparande komponenter samverkar.

För att kunna göra en detaljerad kartläggning av verksamhetens energiförbrukning krävdes det att man genomförde först en okulär undersökning av verksamheten. En tydlig dokumentering och planlösning har upprättats för att i sin tur möjliggöra noggranna mätningar.

Samtliga mätningar av energiförbrukningen, för respektive grupp, utfördes med hjälp av en effektmeter.

De flesta mätningarna kunde utföras genom att koppla direkt upp till energikällan. De uppmätta värdena noterades därefter. Dock var inte alla källor lika lättåtkomliga. Ibland blev jag tvungen att göra mätningar utifrån tillhörande elskåp eller kraftskenor. Till dessa elskåp och kraftskenor kunde dessutom flera andra grupper tillhöra samtidigt. Exempelvis kunde tre till fyra olika maskiner i falshallen samt en delsektion i distributionshallen vara uppkopplade på samma kraftskena.

För att erhålla någorlunda korrekta mätvärden fick jag använda mig av en viss slags elimineringsstrategi. Då alla maskiner inte körs samtidigt fick jag notera vilka som var aktiva respektive inaktiva under ett visst tidsintervall och registrera värden därefter. På så sätt kunde hyfsat noggranna värden erhållas.

Vissa mindre antaganden har gjorts då mätpunkterna varit oåtkomliga och vissa maskiner varit inaktiva under samtliga mättillfällen. Eftersom ett antal värden kunde

skilja sig signifikant åt från mätningstillfälle till mätningstillfälle var det nödvändigt att utföra flera mätningar vid olika tillfällen och därefter utgå ifrån en genomsnittlig effekt. Dessutom förbrukar maskinerna olika mycket beroende på vilken hastighetsnivå de körs på. Även här antogs en genomsnittlig hastighet och effektförbrukningen grundades på de erhållna mätvärdena.

Samtliga beräkningsförslag på effekten och dess kostnad som presenteras i kartläggningen och förslagen grundas på de uppmätta värdena samt Exaktas elräkningar från Eon och Fyrfasen.

## 2. Teori

Den teoretiska delen jag redogör för i detta kapitel bygger på litteraturstudier. Jag kommer att lägga fram grundläggande fakta om de olika energiförbrukande momenten med anledning av att de ligger till grund för de påföljande argumenten och förslagen jag presenterar i arbetets senare del.

Teoriavsnittet inleds med en presentation av samtliga beräkningsformler som används i detta examensarbete. Syftet med denna disposition är att få en samlad bild av alla de uträkningar som genomförts.

### 2.1 Beräkningsformler

Effektkostnaden/år beräknas med hjälp av följande formel:  $K_{\text{eff}} = P * 12 * p_{\text{eff}}$  där P är den aktiva effekten i kW och  $p_{\text{eff}}$  är effektpriset/kWh i kr.

Elöverföringskostnaden/år beräknas med följande formel:  $K_{\text{nät}} = P * h * p_{\text{kWh}}$  där P är den aktiva effekten, h är tiden i timmar under ett år och  $p_{\text{kWh}}$  är priset per kWh i kr.

Totala årskostnaden för elenergin räknas ut med följande formel:  $K_{\text{tot}} = K_{\text{eff}} + K_{\text{nät}}$

Besparingen/år räknas ut med följande formel:  $B_{\text{år}} = K_{\text{tot}} * b$  där  $K_{\text{tot}}$  är totala årskostnaden i kr och b är besparingen/år i %.

Besparingen på en femårsperiod beräknas med hjälp av följande formel:  $B_{5\text{år}} = (B_{\text{år}} * 5) - K_{\text{invest}}$ , där  $K_{\text{invest}}$  är investeringskostnaden

Återbetalningstiden är den tiden det tar för en investering att betala sig själv. Den beräknas med följande formel:  $T_{\text{åter}} = (K_{\text{invest}} * 12) / (B_{\text{år}})$ .

### 2.2 Belysning

Av allmän kändedom är att moderna belysningsystem är betydligt mer energieffektiva än äldre. Men trots att tekniken inom belysningsbranschen har, de senaste decennierna,

haft en snabb utveckling går det fortfarande åt mycket el till belysningen. Enligt siffror framtagna av organisationen *Belysningsbranschen* används närmare 30 % av den totala elkonsumention till just belysning. [2]

Intressant att notera är att en 10 - 15 år gammal belysningsanläggning använder fem gånger så mycket energi som en ny. Det finns således starka ekonomiska skäl till att investera i utbytet av äldre anläggningar mot tekniskt modernare och mer effektiva sådana. Genom att byta mot energieffektiva ljuskällor, armaturer och styrsystem som reglerar belysningen i såväl styrka som ljusförhållanden över dygnets timmar, kan elförbrukningen i sådana anläggningar minskas med uppemot 80 %. [2]

Enligt Belysningsbranschen ligger den största besparingsmöjligheten hos smart belysningssystem med automatisk dagsljus- och närvarostyrning, där man använder belysningen på ett effektivt sätt och endast vid behov.

I det kommande avsnittet kommer olika styrningssystem att presenteras. Detta för att tydliggöra att olika anläggningar har olika behov av ljus varför ljusstyrning kan fungera på olika sätt.

## **2.2.1 Ljusstyrning**

### **2.2.1.1 Närvarostyrning**

Närvarostyrning är ett system som innebär att belysningen i lokalen tänds automatiskt, med hjälp av en eller flera rörelsedetektorer/sensorer, så fort de känner av rörelse. På samma sätt släcks belysningen automatiskt en tid efter det att den senaste rörelsen registrerats av detektorerna. [4]

### **2.2.1.2 Frånvarostyrning**

Frånvarostyrning innebär att belysningen måste tändas manuellt, men att det släcks automatiskt efter en på förhand inställd tid, efter den senaste rörelseavläsningen. Rörelsesensorn kan vara placerad i belysningsarmaturen eller någonstans i lokalen.

### **2.2.1.3 Närvarostyrd dämpning**

Närvarostyrd dämpning ser till att det finns tillräckligt med ljus i rummet när man befinner sig i det för att sedan, när det är tomt, dimma ljuset till en lägre nivå, utan att släcka det helt. Så fort någon kommer in i rummet ökar ljusstyrkan automatiskt till en högre nivå.

### **2.2.1.4 Frånvarostyrd dämpning**

Frånvarostyrd dämpning kräver manuell reglering av belysningen till full styrka när man går in i lokalen. Emellertid garanterar systemet att ljuset automatiskt återgår till

den lägre nivån då lokalen åter blir tom. Frånvarostyrd dämpning är en variant på närvarostyrd dämpning.

#### **2.2.1.5 Dagsljusstyrning**

Dagsljusstyrning säkerställer att ljusstyrkan i lokalen alltid hålls konstant oavsett ljuskälla. När det naturliga dagsljusinfallet minskar kompenserar systemet detta automatiskt genom att ljuset från belysningsarmaturerna ökar så att den på förhand bestämda belysningsnivån alltid upprätthålls. Likaledes kommer ljuset från belysningsarmaturerna att minska när infallet av dagsljuset ökar. Sensorn som läser av dagsljusnivåerna kan vara placerad i belysningsarmaturen eller i lokalen.

#### **2.2.1.6 Dagsljusstyrning i kombination med närvaro eller frånvarostyrning**

Självfallet ökar besparingsmöjligheten ytterligare om man kombinerar dagsljusstyrning med närvaro- eller frånvarostyrning.

Värt att tillägga är att en felaktigt utformad belysning kan bland annat bidra till att man blir trött, kan få huvudvärk och spänningar i nacke och rygg. Med andra ord, en väl anpassad belysning på arbetsplatsen ökar inte bara trivsel och välbefinnande men också ger ökad effektivitet. Dessutom reducerar en minskad värmestrålning från belysningen behovet av kyla i lokalen.

En annan viktig aspekt att ta i beaktande är energieffektivitet i belysningsanläggningar. En belysningsanläggning bör motsvara belysningskraven för ett avsett utrymme utan misshushållning av energi och avkall på adekvat ljuskomfort. Detta gör anspråk på lämpliga belysningssystem, styrsystem, utrustning samt bruk av dagsljus.

Ett mått på effektiviteten i en belysningsanläggning är den installerade effekten, i  $W/m^2$ , och är ett måste för att uppfylla belysningskraven. [3]

Tabell 1. Krävd belysningsstyrka inom arbetsområdet enl. gällande Svensk Standard SS-EN 12 464-1 och anvisningar i Ljus & Rum. Det lägre värdet förutsätter normalt ett lokaliserat belysningsystem som anpassats till arbetsplatsens arbetsområde.

### Exempel på installerade belysningseffekter

Anläggningstyp	Installerad belysningseffekt. (W/m <sup>2</sup> )	Krävd belysningsstyrka i drift. (lux)
Korridorer	5-10 W/m <sup>2</sup>	100 lux
Korridorer	10 W/m <sup>2</sup>	200 lux
Allmänna publika ytor	10-12 W/m <sup>2</sup>	300 lux
Arbetslokaler	10-12 W/m <sup>2</sup>	300 lux
Arbetslokaler	10-15 W/m <sup>2</sup>	500 lux
Arbetslokaler	15-30 W/m <sup>2</sup>	1000 lux

## 2.3 Ljuskällor

De vanligaste ljuskällorna för inomhusbelysning idag utgörs av glödlampor, lysrör och lysdioder, LED. Dock kommer fokus i detta avsnitt att läggas på lysrör och LED-belysning då dessa utgör huvudkomponenterna i kartläggningen av företagets belysningsunderlag.

### 2.3.1 Lysrör

När det gäller lysrör bör man, enligt Miljöstyrningsrådet, skilja på rör för nya installationer och rör som finns i äldre anläggningar. För modernare lysrörsbelysning används oftast så kallade T5-lysror medan i äldre installationer finner man T8. [5]

Siffrorna fem respektive åtta hänsyftar på rörens diameter, där T5 utgör ett mått på rörets diameter i fem åttondelar av en tum, alltså 16 mm.

T5-rören finns att tillgå i två utföranden: High Efficiency och High Output. T5 High Efficiency ger lägst energiförbrukning, detta som en konsekvens av det höga ljusutbyte dessa rör genererar. T5 High Efficiency finns att tillgå i effektskalorna 14 till 35 W.

T5 High Output liknas ofta vid är ett "turbo-rör" med tilltagande effekttal per längdmeter. Då dessa lysrör utförs i högre effekter, från 24 till 80 W, avges följaktligen mer ljus från respektive armatur, och på så sätt minskas behovet av allt för många armaturer i en anläggning.

Anläggningens verksamhetsområde och fysiska utformning avgör vilken typ av rör man bör välja. Exempelvis vid höga takhöjder, där syftet är att få ut maximalt med ljus, är T5 High Output att föredra.

Som tidigare nämnt sitter T8 lysrör ofta i armaturerna i äldre anläggningar. T8 har en diameter på 26 mm. Precis som fallet med T5 förekommer också dessa i två utföranden: fullfärg och fullfärg special, där fullfärgsröret är den mest förekommande. Dess höga ljusutbyte och lågsamma ljusminskning, tillsammans med lång livslängd och bra färgåtergivning tros vara orsakerna till dess popularitet.

Lysrör kan inte anslutas direkt till elnätet utan behöver ett driftdon för att fungera. Ett

driftdons viktigaste funktion är att begränsa strömtillförsel, förändra spänningen vid drift och i vissa fall hjälpa till med tändningen.

Det förekommer två typer av driftdon: konventionella elektromagnetiska och elektroniska högfrekvens driftdon (HF-don).

Nuförtiden är armaturerna allt oftare försedda med en inbyggd elektronisk drivenhet, vilket gör att lysröret tänds både snabbare och utan att flimra. Ljuskällor försedda med inbyggda driftdon kan dessutom ljusregleras.

Lysrör av olika T-typ kan inte användas i samma armaturer. Det beror bland annat på att T5 rören har andra längder och effekter än T8 och enbart fungerar med HF-don. T8 är, liksom T5, dimbar men tenderar att flimra utan HF-don och klarar inte för höga temperaturer. Däremot kan T8-rören drivas med såväl konventionella som elektroniska driftdon.

De stora fördelarna med det elektroniska donet ligger således i alstrandet av ett helt flimmerfritt ljus, låg egenförbrukning och hög energieffektivitet. Dessutom kan belysningen styras efter behov och därmed generera större energivinster. Viktigt att notera är att oavsett om ljuskällan är fullt funktionell eller trasig fortsätter driftdonet att dra ström. Ett driftdon innebär således extra förluster i form av effektförbrukningen. Enligt Energimyndigheten ökar användande av ett konventionellt driftdon effektförbrukningen med ca 25 % samtidigt som det för ett elektriskt driftdon ökar med ca 10 %. [5]

Förutom de ovannämnda standardlysrören finns även långlivslysrör. Investeringen vid installation av långlivslysrör beräknas vara högre jämfört med standardlysrör, men den har till följd väsentliga kostnadsbesparingar i installationer med långa drifttider och krångliga bytesförhållanden. Miljöstyrningsrådet samt Ljuskultur menar att vid investering av nya armaturer är det fördelaktigt att i första hand välja T5 långlivslysrör och i andra hand T8 långlivslysrör försedda med HF-don då dessa är mer energieffektiva än sådana med konventionella don. [7] [8]

Lysrör har i allmänhet hög driftsäkerhet och högt ljusutbyte, likaledes bra färgåtergivning, långsam ljusminskning och lång hållbarhet. Dock kan den angivna livslängden och ljusutbytet påverkas av en rad olika faktorer. En möjlig påverkansfaktor, vad gäller hållbarheten, är vilken typ av don som används i armaturen. De konventionella driftdonen förkortar livslängden hos lysrören markant, som då kan hålla 12 000 h istället för 16 000 - 19 000 h. Andra faktorer som påverkar hållbarheten är huruvida lysröret är ett standard- eller långlivslysrör samt om det är ett T5- eller T8-rör, som även här kan variera med för respektive rörtyp specifika egenskaper. För långlivslysrör varierar hållbarheten mellan 20 000 - 73 000 h.

Tyvär får lysrör ett försämrat ljusutbyte i kalla utrymmen. Vid mycket låga temperaturer kan ljusflödet reduceras med upp till 50 %. Av den orsaken är det viktigt att säkerställa ljuskällans temperaturlighet. [6]

Sammanfattningsvis kan sägas att med rätt typ av driftdon och teknik kan hållbarheten liksom ljuskvaliteten hos lysrören bibehålls så gott som oförändrad. [9]

### 2.3.2 LED (Light-Emitting-Diode)

LED-belysning eller lysdiodlampor, består av små, kvicksilverfria, punktformade ljuskällor som avger ljus när en ström passerar genom dem. Med hjälp av optiska linser styrs riktningen på ljuset.

Det finns ett flertal fördelar med LED. Viktiga sådana är energieffektivitet, livslängd (som inte påverkas av antalet tändningar och släckningar) och låg värmeutveckling. LED Sale uppger att LED håller upp till fyra gånger längre än lysrör och använder ca 30 % av den energi som ett traditionellt lysrör använder. Anledningen anges vara att i princip ingen energi omvandlas till värme, utan enbart till ljus. Dessutom tänds LED direkt och kan ljusregleras. Då LED avger varken UV eller IR-strålning kan den också användas till att illuminera ljuskänsliga objekt. [10]

Till trots många fördelar har LED fortfarande vissa begränsningar. Ljusstyrkan i lysdioderna avtar med tiden och kan minska med upp till 30 - 50 %. Därutöver kan LED vara spänningkänsliga och riskerar överhettning om de inte kyls.

Investeringskostnaden för ljusstarka LED-lampor är än så länge jämförelsevis hög. Inom den närmaste framtiden förväntas dock LED-belysning bli det mest energieffektiva alternativet för belysning.

Precis som i fallet med lysrören kräver även LED-teknik ett driftdon för att fungera. [10]

### 2.4 Ventilation

Eftersom inomhusklimatet påverkar vår hälsa är det viktigt med välventilerade lokaler. Ventilationssystem ser till att föra bort lukter, fukt, gaser och partiklar, likaså förhindra mögelutveckling samt att kondens bildas på fönster. Värme kan både tillföras och föras bort via ett ventilationssystem och således kan en välgenomtänkt anläggning bidra till bra inneklimat samt god driftekonomi. [16]

Det finns ett flertal olika ventilationssystem. De vanligast förekommande i Sverige är: självdragssystem S, mekanisk frånluft F, mekanisk från- och tilluft FT och mekanisk från- och tilluft med värmeåtervinning FTX.

Självdrag (S) fungerar som så att luften i rummet sugs ut genom ventiler, vanligen placerade i badrum och kök, vilket medför att ett undertryck bildas och ny luft sugs in genom olika otätheter. Ifall dessa är igentäppta slutar systemet att fungera.

De största fördelarna med självdragssystem är att de är enkelt konstruerade, energisnåla och kräver väldigt lite underhåll. De största nackdelarna med den är just enkelheten, framförallt då den saknar möjligheten att reglera och återvinna värmen, samt att det inte förekommer någon rening av luften. När utomhustemperaturen är hög minskar undertrycket, vilket resulterar i att systemet fungerar dåligt.

Mekanisk frånluft (F) fungerar enligt liknande princip som självdrag, med undantaget att undertrycket skapas av en tillhörande fläkt, som sedan drar luften genom lokalerna.

Mindre fläktar i kök och badrum suger sedan ut luften ur fastigheten. Tilluften kommer in via olika ventiler i fönsterramen.

Mekanisk frånluft är idag den vanligast förekommande ventilationsmetoden i Sverige för småhus. Fördelarna med denna ventilationsmetod är dess pålitlighet samt låga installationskostnad. Nackdelarna ligger i att den, liksom självdragssystemet, inte går att värmeåtervinna samt att det förekommer svårigheter i styrningen av tilluften. Ventilationen kan också kräva regelbunden rengöring då smuts kan täppa till ventilerna och kraftigt försämra driften. Driftkostnaden är också mycket hög.

Med mekanisk från- och tilluftssystem (FT) styrs både in- och utluften med hjälp av fläktar. Luften transporteras via ventilationskanaler till de önskade utrymmena. Luftflödet kan regleras upp och ner och således anpassas efter behov. Fördelarna med denna ventilationsmetod är att den inte är beroende av utomhusklimatet och fungerar lika bra på vintern som på sommaren. Luftflödet är också bättre än i ett självdragssystem och det finns en möjlighet att komplettera med en frånluftsvärmepump för energiåtervinning.

Nackdelen med detta ventilationssystem är dess höga installations- och driftskostnad. Det höga bullret som orsakas av själva fläkten kan också anses vara störande. Det är dessutom rätt svårt att få ett lagom flöde och det finns risk för drag.

Ventilationsstyrning med mekanisk från- och tilluft är tämligen ovanlig och dessutom inte längre tillåten vid nyproduktion av fastigheter.

Mekanisk från- och tilluft med värmeåtervinning (FTX) fungerar på samma sätt som FT. Det som skiljer dessa två åt är att ett FTX system har en värmeväxlare som återvinner värmen från luften innan den hinner lämna lokalen. Värmen som tas tillvara används till att värma upp tilluften. Dessutom filtreras luften innan den tas in och på så sätt förbättrar luftkvalitén.

FTX-ventilation är en bra lösning för att spara energi då signifikanta värmebesparingar kan göras. Mellan 30 - 60 % av värmen kan återvinnas. Den uppskattade återbetalningstiden för ett sådant system estimeras ligga mellan tre till fem år. [13]

Precis som för ett FT system är kostnaderna för denna ventilationsmetod relativt höga då både installationen och driften är dyr, bland annat på grund av att fläktarna drar tämligen mycket el. Utöver detta kräver systemet frekventa underhåll för att fungera effektivt.

Enligt EEF tillåter de bästa systemen att man anpassar luftflödet efter behov. Ett onödigt högt luftflöde tvingar fläktarna att arbeta på ett högre varvtal, vilket inte sällan leder till högre driftkostnader. [4]

Om ett ventilationssystem har både från- och tilluft kan det vara lukrativt att investera i värmeåtervinning. Med värmeåtervinning från ventilationsluften kan en besparing på 50 - 80 %. [11]

Det finns flera olika sätt att styra ventilationens drifttider med och på så vis minska kostnaderna. Ett sätt är med hjälp av ett tidur som startar och stänger av ventilation automatiskt efter förinställda tider, precis som en timer. Skillnaden är att timern startar luftdraget manuellt för att sedan stänga av ventilationen automatiskt efter en viss tid.



Rörelsedetektorer är också ett användbart sätt att minska drifttiderna på luftflödet. De känner av ifall någon befinner sig i lokalen och startar ventilationen därefter. Viktigt att nämna här är att så länge människor vistas i en lokal behöver luften vara i ständigt flöde. Vid en eventuell minskning av flödet är det då extra viktigt att det inte leder till ökad fukt eller skador på anläggningen. Det angivna kravet på luftflödet är 7 l/s och person + 0,35 l/s m<sup>2</sup> och 30 personer per 100 m<sup>2</sup>. [15]

Dåligt luftflöde kan vara ett tecken på nedsmutsning i ventilationssystemet. Orsaken kan ligga i filter, värmeväxlare och intagsgaller. Ur en ekonomisk och energieffektivsynpunkt är det bättre att rengöra systemet än att skruva upp fläkten.

## 2.5 Tryckluft

Tryckluft är en process som medför att vanlig atmosfärluft, med hjälp av en motordriven kompressor, komprimeras till ett högre tryck än atmosfärstrycket.

Tryckluft är en energiform som på ett säkert och tillförlitligt sätt ackumulerar stora mängder energi och därför kan användas inom olika industrier till en rad olika ändamål. Cirka 90 % av världens alla produktionsföretag använder tryckluft i sitt produktionsförlopp. Till exempel kan tryckluft användas vid målning och kylning, att skapa rörelser och lyft samt för drift av roterande motorer och tryckluftscylindrar. Viktigt att notera dock är att framställningen av tryckluft är en kostsam process, ett faktum som många företag saknar kunskap om.

Energimediet såsom gas, vatten och elektricitet levereras vanligtvis till produktionsplatsen via externa energileverantörer. Det finns en rad kvalitets-, miljö- och säkerhetskrav som myndigheter branschorganisationer och kunder ålägger dessa leverantörer. När det gäller tryckluft produceras det oftast på plats och därför åligger det användaren själv att maximalt kunna reducera produktionskostnaden samt uppfylla alla kvalitets-, miljö- och säkerhetskraven.

Tryckluft är ett ur många aspekter fördelaktigt energimediet. Den är enkel att lagra och transportera samt anses vara giftfri och ofarlig. Det förekommer dock omfattande energiförluster i form av läckage i tryckluftssystem, vilket inte sällan leder till stora omkostnader. Jernkontoret liksom Silvent talar om förluster på 20 - 50%. Det finns således en stor besparingspotential i att uppnå en så hög systemeffektivitet som möjligt för att på sikt kunna minimera förbrukningen av energi i alla delar av tryckluftssystemet. [18] [19]

### 2.5.1 Driftskostnader och luftförbrukning

Som tidigare nämnt är framställningen av tryckluft kostsam. Den europeiska industrin använder ca 3 % av sin totala elkonsumention till att framställa tryckluft. Elförbrukningen svarar för ca 70 % av den sammanlagda kostnaden för tryckluftproduktionen över en tioårsperiod. De resterande utgifterna utgörs huvudsakligen av investerings-, service- samt underhållskostnader. [18] [19]

Som konstaterat är det inte många företag som är medvetna om den faktiska kostnaden för tryckluftsframställningen samt vikten av driftsförhållandena för effektiviteten. Då tryckluft dessutom räknas till en av de dyraste energibärarna inom industrin är mätning och övervakning av tryckluftsförbrukning och kompressorernas maximala kapacitet en förutsättning för att upprätthålla nödvändig kostnadskontroll. Kunskapen om vart förbrukningen äger rum samt hur denna kan optimeras är dessutom av stor betydelse för driftssäkerheten. Att kontinuerligt övervaka och kontrollera sin tryckluftsförbrukning ger en tydlig bild av effekten av de åtgärder man vidtar.

## 2.6 Affinitetslagarna

Affinitetslagarna används bland annat inom hydraulik och VVS för att uttrycka sambandet mellan storheter i pump, fläktprestanda (t.ex. volymflödes hastighet, axelhastighet) och kraft. De appliceras främst på roterande medel såsom pumpar, fläktar och vattenturbiner.

Lagarna har härletts ur Buckingham  $\pi$  sats. Om en fläkts eller pumps prestanda är känd vid en viss hastighet och/eller impellerdiameter är det genom affinitetslagarna möjligt att beräkna dess nya kapacitet vid ändrat varvtal eller impellerdiameter.

Man kan använda affinitetslagarna utifrån två olika utgångspunkter. I det första fallet låter man impellerdiametern ( $D$ ) vara konstant. Då gäller följande:

$$Q_1/Q_2 = n_1/n_2$$

$$H_1/H_2 = (n_1/n_2)^2$$

$$P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3$$

I det andra fallet gäller affinitetslagarna med följande likformighetssamband då man låter varvtalet ( $n$ ) vara konstant:

$$Q_1/Q_2 = D_1/D_2$$

$$H_1/H_2 = (D_1/D_2)^2$$

$$P_1/P_2 = (D_1/D_2)^3$$

där:

$Q$  = Flöde

$H$  = Tryck

$P$  = Effektbehov

$n$  = Varvtal

$D$  = Impellerns ytterdiameter

[22]

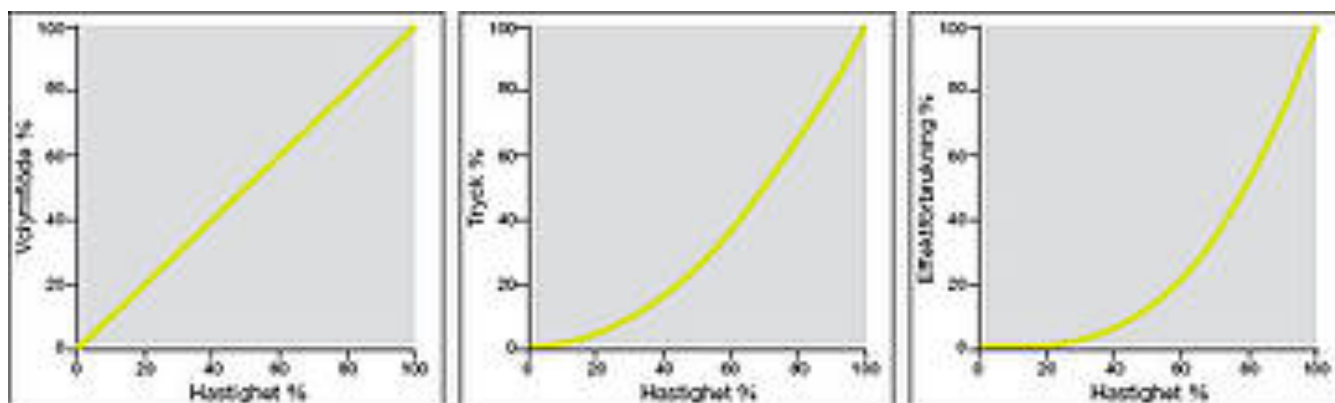
## 2.7 Frekvensomriktare

En frekvensomriktare är en elektronisk apparat som används för motorstyrning. Genom att ändra elnätets standardfrekvens - 50 Hz - till antingen högre eller lägre frekvenser, regleras motorns varvtal. Processen inleds med att dioderna tar hand om växelspänningen som likriktas till likspänning. Därefter åter omvandlas spänningen med hjälp av en krafttransistor till en slags växelspänning genom att pulsera den utgående spänningen "bit för bit". Transistorn modulerar pulsbredden genom att skapa olika breda "bitar". Således skapas en högre eller lägre spänning som i sin tur medför en höjning eller sänkning av motorns hastighet. Varvtalet på motorn bestäms av frekvensomriktarens inställningar, där varje frekvens har ett bestämt varvtal. Strömmen är oberoende av varvtalet och ändras allt efter rådande belastningsbehov. Motorn använder den ström den behöver samtidigt som den önskade hastigheten hålls oförändrad av frekvensomriktaren. [23]

### 2.7.1 Energibesparing med frekvensomriktare

Medel som genererar volymflöden, såsom fläktar, pumpar och kompressorer, används ofta utan varvtalsreglering. För att kontrollera flödet används istället konventionella sätt med hjälp av strypdon, ventiler och spjäll. Ifall volymflödet inte regleras med variabla motorvarvtal förorsakar detta att motorn körs kontinuerligt på sin högsta hastighet. I och med att system för värme och ventilation sällan kräver maximal genomströmningsmängd, slösar ett system utan varvtalsreglering bort stora mängder energi. Genom att varvtalsreglera motorn med en frekvensomriktare kan man göra energibesparingar på upp till 70 %. [24]

Förhållandet mellan tryck, genomströmningsmängd, axelvarvtal och strömförbrukning kan beskrivas med hjälp av affinitetslagar. Dessa gäller för såväl radial- som axialfläktar och -pumpar (se figur 1).



Figur 1: Affinitetslagar beskriver förhållandet mellan drivhastigheten och andra storheter.

Med hjälp av de tidigare nämnda affinitetslagarna kan man se att volymflödet stiger proportionellt med varvtalet, samtidigt som trycket är proportionellt med varvtalet i kvadrat. Den väsentligaste delen för energibesparing är att strömförbrukningen är proportionell med varvtalet i tredje potens. Detta innebär att redan en ytterst liten minskning av varvtalet kan generera stora besparingar i energiförbrukningen. Figur 1 visar ett exempel på att 75 % varvtal ger 75 % genomströmningsmängd, emellertid endast 42 % av strömförbrukningen som hade erfordrats för full genomströmningsmängd. Ifall flödet begränsas till 50 % minskas strömförbrukningen till 12,5 %.

Elmotorer med styrbart motorvarvtal inom system för värme, ventilation och luftklimat erbjuder en stor energibesparingspotential. Med anledning av de stora kostnadsbesparingarna blir det allt populärare att använda frekvensomriktare för varvtalsreglering för drivmaskiner såsom pumpar, fläktar och kompressorer. Denna teknologi bidrar till att uppfylla lokala och internationella avtal och standarder inom energisparpolitiken och för att sänka utsläppet av CO<sub>2</sub>. [24]

### 3. Exakta

#### 3.1 Abonnemangsavgiften

Exakta har ett så kallat effektabonnemangsavtal med Eon, vilket innebär att elkostnaden till största del består av den aktiva effekten. Med effekt menas den mängd el som behövs vid en specifik tidpunkt. Kort uttryckt innebär det att man betalar för hur mycket man använder elnätet, utan hänsyn tagen till huvudsäkring. Den genomsnittliga effekten mäts varje timme varefter Exakta betalar för sitt högsta genomsnittliga timvärde under månaden.

De största fördelarna med den typen av elavtal är att det finns en möjlighet att påverka sin elförbrukning och därmed elkostnad. Kostnaderna blir högre ifall flera energislukande maskiner körs samtidigt än om samma mängd el som förbrukas sprids ut över ett längre tidsintervall. Genom att kapa effekttopparna och sprida ut sin elanvändning jämnare över dygnet kan man göra stora energibesparingar.

När det samlade effektbehovet sprids jämt ut över alla dygnets timmar, jämnas belastningen på elnätet ut, vilket leder till lägre elnätsavgifter på sikt. En jämnare elanvändning är dessutom snällare mot miljön.

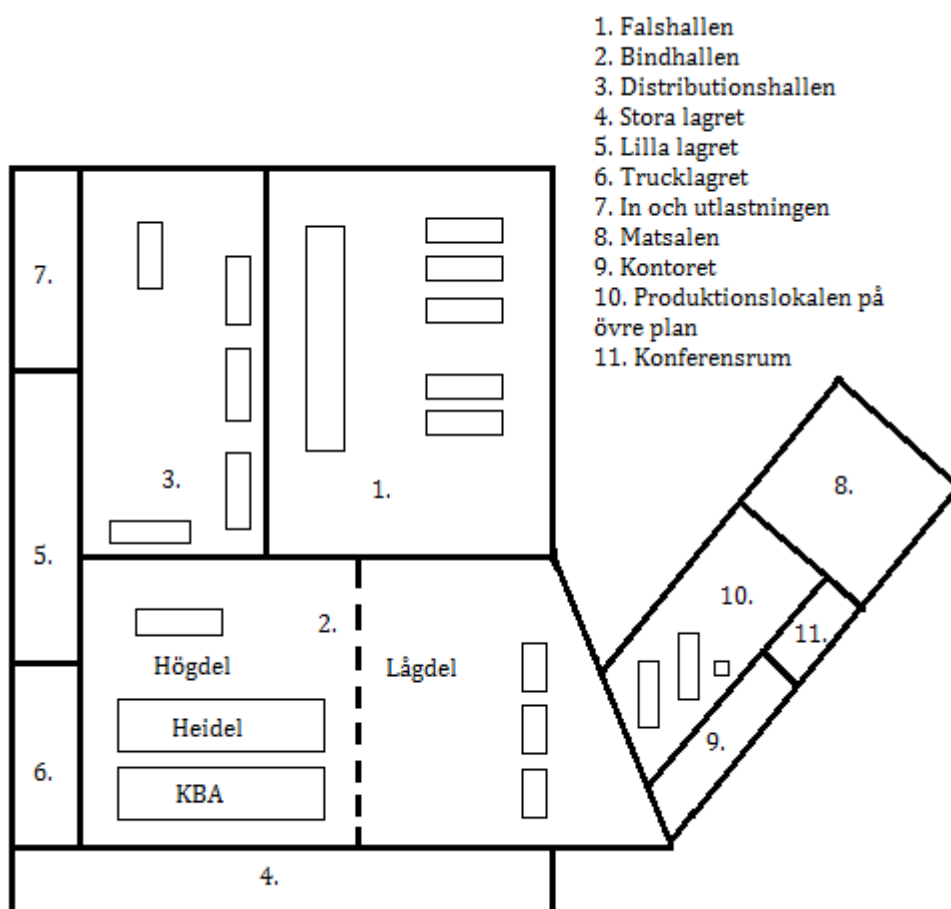
Exakta betalar en effektaggift på 72 kr/kW för det högsta genomsnittliga effektvärdet varje månad. Dessutom betalar man en grundavgift på 600 kr som är oberoende av elnätsanvändningen samt en mindre summa på 6 öre/kWh för själva elöverföringen, det vill säga den sammanlagda förbrukade effekten under alla månadens timmar.

Utöver detta har Exakta också ett avtal med Fyrfasen. Där betalar man enbart för själva elöverföringen. Priset för den är 0,41 kr/kWh. Den sammanlagda

elöverföringskostnaden varje månad motsvarar 0,47 kr/kWh. [25]

### 3.2 Lokalerna

Exakta har fyra stycken produktionslokaler: falshallen, bindhallen, distributionshallen samt en mindre produktionshall. De resterande utrymmen är lagerutrymmen, lunchrum och kontor. I det kommande avsnittet ges en översikt över dessa lokaler med avseende på maskinell aktivitet, eventuell bemanning, belysning och lokalernas yta. Syftet med denna översikt är att ge en klarare bild av de energiförbrukande momenten i verksamheten.



Figur 2: Icke skalenlig planlösning över Exakta.

#### 3.2.1 Falshallen

Falshallen liksom bindhallen och distributionshallen är en av de hallarna som alltid är bemannade. Produktionen där körs dygnet runt, året om.

I falshallen finns det sex stycken maskiner, fem för olika typer av falsningar, d v s vickning av pappersark, samt en limbindare.

Falsmaskinerna är av liknande modeller och sköts av maskinoperatörerna. Limbindaren består av en grupp på sju delmaskiner. Till dem hör bland annat en tork och en delmaskin som håller limmet i flytande form. Bortsett från den sistnämnda delmaskinen som körs dygnet runt uppskattas de övriga delmaskinerna vara aktiva 60 % av dagen, året om.

I falshallen finns det 100 stycken T8 lysrör med magnetisk drivenhet och 100 stycken med elektroniskt driftdon på 58 respektive 36 W, fördelade över en yta på 432 m<sup>2</sup>. Belysningen är i gång 24h om dygnet.

Den sammanlagda installerade belysningseffekten i lokalen uppgår till 16 W/m<sup>2</sup>.

Det naturliga ljusintaget i lokalen kommer från tolv stora fönster.

### 3.2.2 Bindhallen

Bindhallen är indelad i två sektioner, en låg- och en högdelen. Namnen beror på skillnaden i takhöjd i de båda sektionerna. I lågdelen finns det tre stycken maskiner för vikning av pappersark och adresstryck.

De två största och mest energikrävande maskinerna i företaget är tryckpressarna, Heidelbergtryckpressen respektive KBA-tryckpressen. Dessa är placerade i högdelen tillsammans med en mindre inplastningsmaskin.

Produktionen i hallen är igång under dygnets alla timmar. Maskinerna i sin tur arbetar 60 % av dagen och går på tomgång resten av tiden. Detta bland annat för att förhindra färgblandningen från att stelna.

Bindhallen har en yta på 1 610 m<sup>2</sup>.

Belysningen i lågdelen består av 222 T8 lysrör med HF-don på 36 W medan i högdelen finns det 186 HF-donförsedda T8 lysrör på 58 W.

Tryckpressarna har en egen lokalbelysning i form av 104 T5 lysrör med HF-don på 28 W.

Den installerade belysningseffekten/m<sup>2</sup> är 12 respektive 16 W/m<sup>2</sup>.

Det naturliga ljusintaget i lokalen kommer från 25 takfönster. Lokalen är konstant bemannad och belysningen är tänd såväl dygnet som året runt.

### 3.2.3 Distributionshallen

Distributionshallen består av fem maskiner för bland annat klippning av papper till olika format. Drifttiden på dessa är 60 % av dygnet, 365 dagar om året.

Distributionshallen har en yta på 704 m<sup>2</sup> och en installerad belysningseffekt på 12,3 W/m<sup>2</sup>.

Belysningen i distributionshallen utgörs av 150 stycken T8 lysrör med magnetisk drivenhet på 58 W.

Det naturliga ljusintaget i lokalen kommer i form av 25 fönster.

Falshallen liksom de ovannämnda hallarna är bemannad dygnet runt då den 24 h långa produktionen kräver det.

### 3.2.4 Övre plan

Övervåningen består av en produktionslokal, ett kontor, konferensrum samt en matsal. I produktionslokalen står två stycken plåttryckningsmaskiner samt en mindre temperaturreglerare. Dessa körs 60 % av dygnet och är bemannade dygnet runt.

Produktionslokalen har en yta på 495 m<sup>2</sup> och en installerad effekt på 13,5 W/m<sup>2</sup>.

Belysningen består av 186 HF-donförsedda T8 lysrör med en effekt på 36 W.

Det naturliga ljusintaget kommer från fyra fönster.

I kontoret på övervåningen finns det datorer, kopieringsmaskiner och annan vanlig kontorsutrustning. Kontoret är 152 m<sup>2</sup> till ytan och har en installerad effekt på 5,2 W/m<sup>2</sup>. I lokalen brinner 44 T8 lysrör på 18 W med HF-don. Det naturliga ljusintaget i

rummet kommer från 12 fönster.

Kontoret är endast bemannat från 07.00 till 17.00 och ljuset släcks efter avslutad arbetsdag.

Konferensrummet är på 24 m<sup>2</sup> och har en installerad belysning på 9 W/m<sup>2</sup>. Belysningen består av 12 T8 lysrör med elektronisk drivenhet på 18 W, som endast är tända under kontorstid.

Matsalen som är med sina 114 m<sup>2</sup> störst till ytan har 120 stycken T8 lysrör med elektronisk drivenhet på 18 W och en installerad effekt på 19 W/m<sup>2</sup>. Belysningen i denna lokal är igång 24 h per dygn.

Utöver belysningen finns det diverse köksutrustning, såsom kaffemaskin, diskmaskin, kyl och frys etc.

Det naturliga ljusintaget i matsalen är stort då 17 fönster släpper in stora mängder av dagsljus.

### 3.2.5 Stora lagret

Det stora lagret har en yta på 395 m<sup>2</sup> och en installerad belysningseffekt på 4,1 W/m<sup>2</sup>. I rummet finns 22 T8 lysrör med magnetisk drivenhet på 58 W samt 12 stycken 36 W T8 lysrör med HF-don. Här finns inget naturligt ljusintag och lokalen är väldigt sällan bemannad.

Det stora lagret är försett med rörelsesensorer vilken har till konsekvens att belysningen endast är igång när någon befinner sig i lokalen. Utöver detta finns det ingen större energiförbrukande utrustning i lagret.

### 3.2.6 Lilla lagret

Det lilla lagret har en yta på 359 m<sup>2</sup>. I rummet finns 40 stycken 58 W T8 lysrör med elektronisk drivenhet. Den installerade belysningseffekten uppgår till 6,4 W/m<sup>2</sup>. Trots att lokalen är väldigt sällan bemannad står belysningen tänd 24 h om dagen.

Precis som fallet med det stora lagret saknar rummet ett naturligt ljusintag då inga fönster finns.

### 3.2.7 Trucklagret

Företaget har ett litet trucklager på 38 m<sup>2</sup> vars syfte är att vara en laddstation och garage för samtliga truckar. Lokalen är ytterst sällan bemannad.

Den installerade belysningseffekten i rummet ligger på 9 W/m<sup>2</sup>. Här finns det sex stycken T8 lysrör på 58 W med magnetisk drivenhet. Belysningen är igång dygnet runt och lokalen har inget naturligt ljusintag.

### 3.2.8 In- och utlastningen

Företagets leveransmottagning och transport sker via den så kallade in- och



utlastningen. Lokalen har en yta på 135 m<sup>2</sup> och har en installerad belysningseffekt på 6,8 W/m<sup>2</sup>. Belysningen är igång dygnet runt och består av sex, HF-donförsedda, T8 lysrör på 58 W. Ingen annan energislukande utrustning finns i lokalen och det saknas naturligt ljusintag. Dessutom är lokalen väldigt sällan bemannad och används endast vid de sporadiska in- och utleveranserna.

### 3.3 Kompressor

Det finns en huvudkompressor i anläggningen som förser maskinerna i produktionslokalerna med tryckluft. De flesta maskiner är starkt beroende av tryckluften från kompressorn då den används till en rad olika ändamål, bland annat till att transportera papperspill från produktionsmaskinerna, via tuber till komprimatorerna.

Vissa maskiner har sina egna små inbyggda kompressorer vilket gör dem helt oberoende av huvudkompressorn.

Kompressorn körs utan uppehåll dygnet runt.

### 3.4 Ventilation

Exakta har ett från- och tilluftssystem utan värmeåtervinning (FT). Ventilationssystemet hanteras av en extern firma som sköter servicen och underhållet. Kontrollerna görs vid behov, annars en gång per år. Eftersom verksamheten är igång dygnet runt måste ventilationen vara likaså.

### 3.5 Värme/Kyla

Det finns två stycken kylfläktar installerade på innergården som kyler ner de mest energikrävande maskinerna samt vissa delar av anläggningen. Dessa körs utan uppehåll hela året om.

Uppvärmningen av anläggningen sker med hjälp av fjärrvärme samt den värmen som produktionsmaskinerna avger. Under sommarmånaderna räcker det med själva spillvärmen från maskinerna då temperaturen i anläggningen överstiger 22° Celsius, men under de kallare vintermånaderna är man beroende av fjärrvärmen.

### 3.6 Komprimatorer

Det finns tre stycken komprimatorer som hör till anläggningen. De har till uppgift att komprimera allt papperspill som kommer från exempelvis bortskurna pappersark etc. Spillet transporteras via ett tubsystem vidare till de tre komprimatorerna. Själva komprimeringen görs för att ge utrymme till mer spill. Tyvärr finns inga klara uppgifter om hur ofta komprimatorerna komprimerar per dygn.

Till varje kompressor hör dessutom en egen fläkt som kör oavbrutet dygnet runt.

## 4. Resultat

Det kommande resultatavsnittet redogör för verksamhetens energiförbrukande moment, detta enligt tidigare bestämda avgränsningar. De redovisade siffrorna grundas på de värden som erhållits vid de olika mätningstillfällena.

Kartläggningen inbegriper en detaljerad beskrivning av elförbrukningen av belysningen, maskinerna och anläggningens ventilationssystem etc. Resultatet avslutas med ett diagram över fördelningen av energiförbrukningen i anläggningen.

### 4.1 Kartläggning av energiförbrukningen

#### 4.1.1 Belysning

Som tidigare nämnt betalar Exakta en effektagift på 72kr/kW och en elöverföringsavgift på 47 öre/kWh. Eftersom belysningen på de flesta ställen i anläggningen är igång dygnet runt är det tänt 8 760 h/år.

##### 4.1.1.1 Falshallen

Tabell 2. Lysrörsöversikt i falshallen.

Typ av lysrör	Drivenhet	Effekt (W)	Antal lysrör
T8	Magnetisk	58	100
T8	Elektronisk	36	100

Belysningen i falshallen har en uppmätt effekt på 12 kW. Den beräknade effektkostnaden för ett år utifrån mätningarna blir 10 368 kr. Elöverföringen i sin tur blir 49 406 kr då belysningen är igång året runt. Den totala årskostnaden för belysningen och årsförbrukningen är 59 775 kr, exklusive moms, respektive 105 120 kWh.

##### 4.1.1.2 Distributionshallen

Tabell 3. Lysrörsöversikt i distributionshallen.

Typ av lysrör	Drivenhet	Effekt (W)	Antal lysrör
T8	Magnetisk	58	150

Belysningen i distributionshallen förbrukar ca 11 kW. Den beräknade effektkostnaden blir 9 504 kr och elöverföringen 45 289 kr. Den summerade årskostnaden för belysningen uppgår till 54 793 kr, exklusive moms, medan årsförbrukningen ligger på 96 360 kWh.

#### 4.1.1.3 Bindhallen

Tabell 4. Lysrörsöversikt i bindhallen.

Utrymme	Typ av lysrör	Drivenhet	Effekt (W)	Antal lysrör
Högdal	T8	Magnetisk	58	186
Tryckpressarnas belysning	T5	Elektronisk	28	104
Lågdal	T8	Elektronisk	36	222

Belysningen i bindhallens högdal drar 12.4 kW. Tryckpressarnas lokala belysning förbrukar 3,1 kW. Bindhallens lågdal, i sin tur, förbrukar 11kW. Den kombinerade effektkostnaden för hela lokalens belysning är 22 896 kr/år och för elöverföringen motsvarar den 109 105 kr. Den summerade årskostnaden är således 132 002 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen är 232 140 kWh.

#### 4.1.1.4 Övre plan

Tabell 5. Lysrörsöversikt på övre plan.

Utrymme	Typ av lysrör	Drivenhet	Effekt (W)	Antal lysrör
Produktionslokalen	T8	Elektronisk	36	186
Matsalen	T8	Elektronisk	18	120
Kontoret	T8	Elektronisk	18	44
Konferensrummen	T8	Elektronisk	18	12

Belysningen i produktionslokalen på övre plan förbrukar 7,5 kW. Den beräknade effektkostnaden är 6 480 kr/år. Elöverföringen motsvaras av en kostnad på 30 879 kr/år. Den summerade årskostnaden för belysningen blir 37 359 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen ligger på 65 700 kWh.

Matsalen har en uppmät förbrukning på 2,6 kW. Den beräknade effektkostnaden är 2 247 kr/år medan elöverföringen utfaller på 10 705 kr/år. Den summerade årskostnaden blir 12 951 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen 22 776 kWh.

Kontoret på övervåningen förbrukar ca 0,8 kW. Den beräknade effektkostnaden i kontoret blir 691 kr/år. Ty kontoret endast är bemannat från 07.00 till 17.00 och ljuset släcks efter avslutad arbetsdag uppmäts elöverföringen till 1 373 kr/år. Den summerade årskostnaden motsvarar 2 064 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen 2 920 kWh.

Konferensrummen förbrukar uppskattningsvis 0,32 kW. Den beräknade effektkostnaden blir således 277 kr/år. Konferensrummens belysning är precis som kontorets endast tänt under kontorstid och därmed blir kostnaden för den reducerade elöverföringen 549 kr/år. Den summerade årskostnaden uppgår till 826 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen är 1 168 kWh.

#### 4.1.1.5 Trucklagret

Tabell 6. Lysrörsöversikt i trucklagret.

Typ av lysrör	Drivenhet	Effekt (W)	Antal lysrör
T8	Magnetisk	58	6

Belysningen i trucklagret har en uppmätt förbrukning på 0,41 kW. Den beräknade effektkostnaden uppgår till 355 kr/år. Elöverföringen i sin tur kostar 1 688 kr/år. Den totala årskostnaden för belysningen i trucklagret är 2 043 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen är 3 592 kWh.

#### 4.1.1.6 Stora Lagret

Tabell 7. Lysrörsöversikt i stora lagret.

Typ av lysrör	Drivenhet	Effekt (W)	Antal lysrör
T8	Magnetisk	58	22
T8	Elektronisk	36	12

Stora lagrets belysning förbrukar ca 2,6 kW. Den beräknade effektkostnaden är 2 246 kr/år. Eftersom stora lagret använder sig av rörelsedetektorer uppskattas således elöverföringskostnaden till 2 444 kr/år. Den summerade årskostnaden för belysningen i lagret blir således 4 690 kr, exklusive moms, medan årsförbrukningen ligger på 5 200 kWh.

#### 4.1.1.7 Lilla Lagret

Tabell 8. Lysrörsöversikt i lilla lagret.

Typ av lysrör	Drivenhet	Effekt (W)	Antal lysrör
T8	Elektronisk	58	40

Belysningen i lilla lagret har en uppmätt förbrukning på 2,69 kW och en beräknad effektkostnad på 2324 kr/år. Elöverföringen kostar 11 075 kr/år. Den summerade årskostnaden för belysningen i lilla lagret blir 13 399 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen 23 564 kWh.

#### 4.1.1.8 In- och utlastningen

Tabell 9. Lysrörsöversikt i in- och utlastningen.

Typ av lysrör	Drivenhet	Effekt (W)	Antal lysrör
T8	Elektronisk	58	16

In- och utlastningsutrymmet har en uppmätt förbrukning på 1,4 kW. Den beräknade effektkostnaden är 1 210 kr/år. Elöverföringen beräknas vara 5 764 kr/år. Den summerade årskostnaden för belysningen blir följaktligen 6 974 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen 12 264 kWh.

#### 4.1.1.9 Summering belysning

Den summerade årskostnaden för samtlig belysning, inklusive effekt och elöverföring, uppgår således till 326 875 kr, exklusive moms, och årsförbrukningen till 570 804 kWh.

#### 4.1.2 Maskiner

Samtliga maskiner körs ca 60 % av dagen, vilket motsvarar ca 15 h/dygn och 5 475 h/år.

##### 4.1.2.1 Falshallen

I falshallen finns det sex tyngre maskiner för olika typer av falsningar samt en limbindare. Den uppmätta förbrukningen uppskattas till 2,7 kW för respektive falsmaskin, under full drift. Den beräknade driftkostnaden per maskin motsvaras av en effektkostnad på 2 332 kr/år och en elöverföringskostnad på 6 948 kr/år. Den summerade årskostnaden för varje maskin beräknas till 9 280 kr, exklusive moms. Årsförbrukningen för varje maskin är 14 783 kWh.

Limbindaren består av sju olika delmaskiner där varje del drar olika mycket. Som grupp drar limbindaren ca 19,76 kW under full drift och ca 3,3 kW under tomgång. Beräknade driftkostnaden på limbindaren motsvaras av en effektkostnad på 17 072 kr/år samt en elöverföringskostnad på 50 847 kr/år. Den summerade årskostnaden för limbindaren beräknas till 67 919 kr, exklusive moms.

Tomgångskostnaden för limbindaren är ca 8 286 kr/år. Därtill drar den tillhörande vakuumpumpen ca 3,96 kW när den körs. Kostnaden för vakuumpumpen är ca 13 612 kr/år. Årsförbrukningen för alla limbindarens delar inklusive vakuumpumpen är 141 430 kWh.

Den kombinerade kostnaden för samtliga maskinerna i falshallen utgörs till ca 145 497 kr/år, exklusive moms, och den kombinerade årsförbrukningen är 230 128 kWh.

##### 4.1.2.2 Distributionshallen

Distributionshallens fem aktiva maskiner drar tillsammans ca 19 kW under full drift. Beräknade driftkostnaden för dessa maskiner motsvaras av en effektkostnad på 16 416 kr/år och en elöverföringskostnad på 48 892 kr/år. Således blir årsförbrukningen 104 025 kWh.

Den summerade årskostnaden för maskinerna i distributionshallen uppgår till 65 308 kr, exklusive moms.

##### 4.1.2.3 Bindhallen

I bindhallens lågdel finns det tre maskiner som drar mellan 5-6 kW vardera under full drift. Den beräknade effektkostnaden blir 4752 kr/år medan elöverföringen blir 14 152 kr/år. Den totala driftkostnaden uppskattas således till 18 905 kr/år och maskin, och förbrukningen till 30 113 kWh.

De två stora tryckpressarna, KBA och Heidel, utplacerade i högdelen av bindhallen är de mest energikrävande av alla maskiner i anläggningen. Under normal till hög hastighet

drar respektive maskin hela 66 kW. Detta medför en effektkostnad på 57 024 kr/år samt en elöverföringskostnad på 169 834 kr/år. Den uppmätta tomgångseffekten för tryckpressarna är 15 kW var. Detta motsvarar en kostnad på 37 663 kr/år. Således blir den summerade kostnaden och effektförbrukningen 264 521 kr respektive 413 910 kWh/år för varje tryckpress.

Kylaggregaten till såväl KBA- som Heideltryckpressen drar 6,3 kW respektive 3,3 kW. Därav blir kostnaden för kylaggregaten 21 654 kr/år respektive 11 342 kr/år. Kylaggregatens årsförbrukning är 52 560 kWh.

Utöver tryckpressarna i högdelen av bindhallen finns det även en inplastningmaskin. Denna har en uppmätt förbrukning på ca 6 kW, under full drift. Effektkostnaden för inplastaren beräknas till 5 184 kr/år och elöverföringen till 15 440 kr/år. Driftkostnaden för maskinen uppskattas till 20 623 kr/år. Dess årsförbrukning är på 32 850 kWh.

Den totala kombinerande årskostnaden och förbrukningen för samtliga maskiner i bindhallen uppgår till 639 376 kr, exklusive moms, respektive 1 003 568 kWh.

#### **4.1.2.4 Övre plan**

På den övre planen finns det två plåttryckningsmaskiner som, under drift, drar ca 3 kW vardera, samt en mindre kylare med förbrukning på 0,7 kW. Den resterande elförbrukningen är uppmätt till ca 12 kW. I den ingår alla mindre apparater i kontoret, matsalen och konferensrummet. Effektkostnaden för samtliga blir således 16 157 kr/år samt en elöverföringskostnad på 48 119 kr/år. Årsförbrukningen för maskinerna på övre plan uppgår till 102 383 kWh. Följaktligen uppgår den totala årskostnaden till ca 64 276 kr/år, exklusive moms.

#### **4.1.2.5 Summering maskiner**

Den totala årskostnaden för samtliga maskiner på Exakta, inklusive effekt och elöverföringskostnad, är 914 457 kr, exklusive moms, och den totala årsförbrukningen 1 440 104 kWh.

#### **4.1.3 Ventilation**

De uppmätta värdena visar på att ventilationen förbrukar ca 18 kW. Då ventilationen är igång dygnet runt, året om, uppgår effektkostnaden till 15 552 kr/år och elöverföringskostnaden till 74 110 kr/år. Den totala årskostnaden för ventilationen beräknas till ca 89 661 kr/år, exklusive moms, och förbrukningen till 157 680 kWh/år.

#### 4.1.4 Komprimatorer

Som tidigare nämnt finns det tre komprimatorer, med tillhörande fläktar, i anläggningen. Fläkten till komprimator 1 har en uppmätt förbrukning på ca 22 kW. Själva komprimeringsprocessen, som vara ca 20 sekunder, drar endast 8 kW.

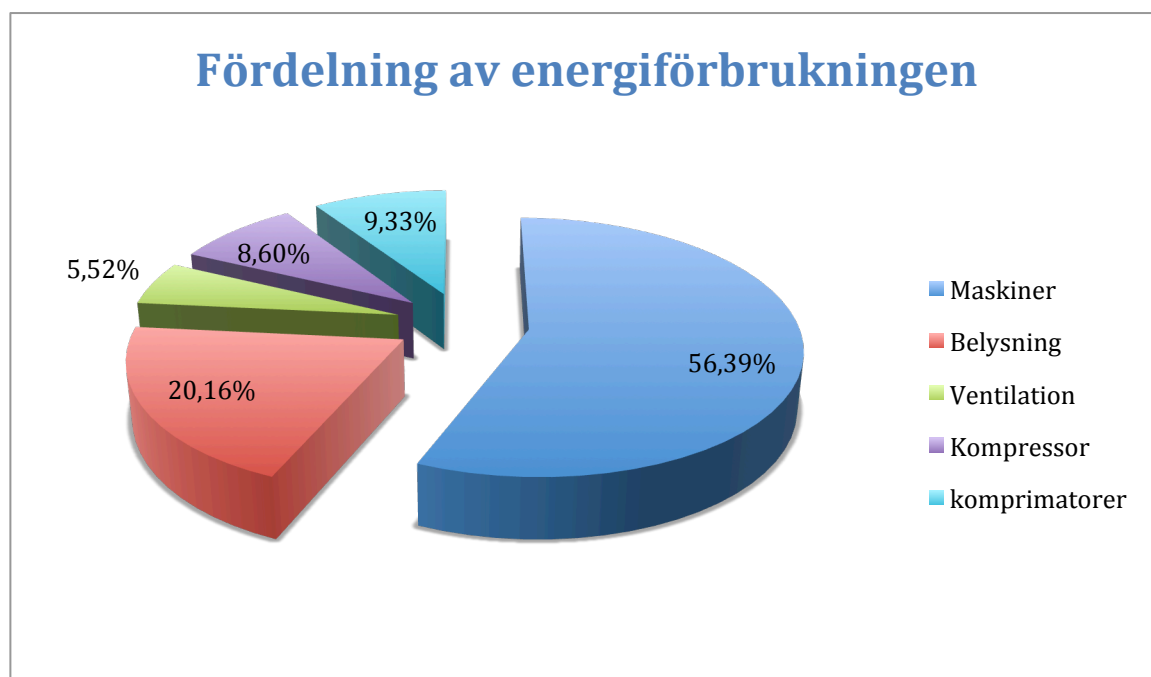
Komprimeringsförbrukningen liksom fläkten för komprimator 2 visar på liknande värden som komprimator 1, alltså ca 8 kW respektive 22 kW.

Komprimator 3 har varit inaktiv under samtliga mätningar och saknar därför mätvärden. Det är dessutom oklart hur ofta komprimatorerna komprimerar per dygn och således svårt att uppskatta komprimeringskostnaden. Fläkten i sin tur kostar 109 587 kr/år, exklusive moms, och förbrukar 192 720 kWh/år.

#### 4.1.5 Kompressor

Det finns endast en huvudkompressor på anläggningen och dess förbrukning uppmättes till ca 28 kW. Då den förser väldigt många maskiner med tryckluft körs den i princip dygnet runt, året om, utan uppehåll. Detta medför en effektkostnad på 24 192 kr/år samt en elöverföringskostnad på 115 282 kr/år. Den summerade driftkostnaden för kompressorn ligger på 139 474 kr/år, exklusive moms. Kompressorns årsförbrukning uppgår till 245 280 kWh/år.

#### 4.2 Summering av kartläggningen



Figur 3: Procentuell fördelning av Exaktas nuvarande energiförbrukning.

## 5. Analys

### 5.1 Förslag på åtgärder

I det här kapitlet kommer jag att redogöra för olika förslag och åtgärder företaget kan vidta för att på bästa sätt energieffektivisera samtliga energiförbrukande moment i verksamheten. Dessutom kommer eventuella kostnads- och effektbesparingar per år och en femårsperiod att presenteras samt, i den mån det går, en uppskattning på återbetalningstid för varje sådant förslag ges.

#### 5.1.1 Belysning

Det finns flera smarta strategier att använda sig av för att på ett effektivt sätt kunna spara på energiförbrukningen och kostnaden för belysningen. En enkel och kostnadsfri sådan är att ha persiennerna uppdragna för att på så sätt släppa in det mesta av det naturliga dagsljuset. Att regelbundet rengöra fönster maximerar dessutom ljusintaget. Att installera dagsljussensorer som ändrar belysningsnivå under arbetstid kan också vara lämpligt. Detta gäller då framförallt i lokaler med många fönster. I lokaler som används sällan kan det vara gynnsamt att installera närvaro/rörelsedetektorer. Som bekant drar LED lysrör mycket mindre energi än vanliga lysrör och det kan därför vara mycket lukrativt att investera i sådana. [26]

##### 5.1.1.1 LED lysrör

Som nämnt tidigare i teoridelen går det vanligtvis inte att installera LED lysrör för armaturer med elektronisk drivenhet då de inte är kompatibla med LED lysrören. Eftersom drivenheten i själva armaturen har en egen strömförsörjning som reglerar spänningen krävs det att lysröret är kompatibel med denna spänning. Nuförtiden finns det dock allt fler företag som specialtillverkar LED lysrören utifrån drivenheten i armaturen, vilket möjliggör ett direktbyte i den befintliga armaturen. På så sätt slipper man de höga kostnaderna av att köpa in nya LED armaturer.

Grontljus.com säljer LED Lysrör för armaturer med elektronisk drivenhet (HF-don). Dessa tillverkas efter beställning och anpassas till de befintliga HF-donen. Om man byter ut samtliga lysrör till LED lysrör kan man enligt Grontljus.com spara så mycket som 60 -75 % av energiförbrukningen beroende på om man har en elektronisk eller magnetisk drivenhet i sin armatur. Armaturerna med magnetisk drivenhet drar mellan 65 - 75% mer än LED lysrör och de med elektronisk drivenhet drar mellan 60 - 65 % mer. Eftersom det är nästintill omöjligt för mig att avgöra exakt hur mycket man kan spara på ett eventuellt byte utgår jag ifrån den lägsta siffran, d v s 60 % för de med elektroniskt och 65 % med magnetiskt don, mina kommande uträkningar. Det kan mycket väl vara så att besparingen kan bli ännu högre än så.

Efter överenskommelse med Grontljus.com gäller följande priser för T8 HF-don



anpassade LED lysrör:

18 W: 405 kr/st.

36 W: 325 kr/st.

58 W: 459 kr/st.

De resterande LED lysrören som är kompatibla med armaturer med magnetisk drivenhet kostar:

36 W-T8: 278 kr/st.

58 W-T8: 245 kr/st.

[12]

#### 6.1.1.1.1 Falshallen

Totala årskostnaden för belysningen i falshallen är 59 775 kr. Om man byter ut samtliga lysrör till LED lysrör kan man sänka årskostnaden till 23 910 kr. Detta innebär att man sparar 35 865 kr/år samt drar ner förbrukningen från 12 kW till 4,8 kW, vilket medför en besparing på 63 072 kWh. Kostnaden att införskaffa nya LED lysrör är 57 000 kr vilket ger en återbetalningstid på ca 19 månader.

Tabell 10. Utgift och investeringsöversikt för falshallen.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
59 775	105 120	57 000	35 865	63 072	19

På en femårsperiod kan man enbart på belysningen i falshallen spara så mycket som 122 325 kr samt minska förbrukningen med 315 360 kWh.

#### 5.1.1.1.2 Distributionshallen

Totala årskostnaden för belysningen i distributionshallen är 54 793 kr. Genom att byta ut samtliga lysrör till LED lysrör kan man få ner årskostnaden till 19 176 kr. Detta innebär att man gör en besparing på 35 617kr/år samt minskar förbrukningen med 62 634 kWh.

Kostnaden att införskaffa nya LED lysrör är 36 750 kr, vilket ger en återbetalningstid på ca 13 månader.

Tabell 11. Utgift och investeringsöversikt för distributionshallen.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
54 793	96 360	36 750	35 617	62 634	13

På en femårsperiod kan man således spara på belysningen i distributionshallen 141 335 kr och därmed minska förbrukningen med 168 630 kWh.

#### 5.1.1.1.3 Bindhallen

Eftersom tryckpressarna har en lokalbelysning bestående av T5 lysrör, vilka i dagsläget inte är beställningsbara, kommer jag därmed att utesluta de från beräkningarna.

Årskostnaden för de resterande lysrören i bindhallen är 116 560 kr. Genom att byta ut dessa mot LED lysrören kan man dra ner årskostnaden till 46 624 kr. Detta resulterar i en besparing på 69 936 kr/år samt en förbrukningsminskning på 122 990 kWh/år.

Investeringskostnaden för nya LED lysrör är 117 720 kr, vilket ger en återbetalningstid på ca 20 månader.

Tabell 12. Utgift och investeringsöversikt för bindhallen.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
116 560	204 984	117 720	69 936	122 990	20

När det gäller belysningen i bindhallen kan man på en femårsperiod spara så mycket som 231 960 kr och sänka förbrukningen med 614 950 kWh.

#### 5.1.1.1.4 Övre plan

Genom att byta ut samtliga lysrör till LED lysrör i produktionslokalen kan man sänka årskostnaden från 37 359 kr till 14 944 kr. Detta innebär att man gör en besparing på 22 416 kr/år samt minskar förbrukningen från 7,5 kW till 3 kW, vilket medför en besparing på 39 420 kWh.

Kostnaden för nya LED lysrör blir 60 450 kr, vilket ger en återbetalningstid på ca 32 månader.

Tabell 13. Utgift och investeringsöversikt för produktionslokalen.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
37 359	65 700	60 450	22 416	39 420	32

På en femårsperiod kan man således spara 51 630 kr enbart på belysningen i produktionslokalen, samt dra ner förbrukningen med 197 100 kWh.

Genom att byta ut matsalens lysrör till LED lysrör kan man minska årskostnaden för belysningen till 5 180 kr. Detta innebär att man gör en besparing på 7 771 kr/år samt reducerar förbrukningen med 13 666 kWh.

Kostnaden att förse sig med nya LED lysrör är 48 600 kr, vilket ger en återbetalningstid på ca 75 månader.

Tabell 14. Utgift och investeringsöversikt för matsalen.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
12 951	22 776	48 600	7 771	13 666	75

På en femårsperiod erhåller man ingen ekonomisk besparing, däremot kan man sänka energiförbrukningen med 68 330 kWh.

Genom att byta ut samtliga lysrör i kontoret till LED lysrör kan man sänka årskostnaden till 826 kr. Detta medför en besparing på 1 239 kr/år samt en förbrukningsminskning med 1 752 kWh. Investeringskostnaden för nya LED lysrör är 17 820 kr, vilket ger en återbetalningstid på ca 173 månader.

Tabell 15. Utgift och investeringsöversikt för kontoret.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
2064	2 920	17 820	1239	1 752	173

I och med att återbetalningstiden är 173 månader kan således ingen ekonomisk besparing göras inom en femårsperiod däremot sänker man förbrukningen med 8 760 kWh.

Då konferensrummets belysning har en årskostnad på 826 kr blir den årliga besparingen 496 kr och förbrukningen minskas med 701 kWh. Investeringskostnaden för nya LED lysrör är 4 860 kr och återbetalningstiden ligger på 118 månader.

Tabell 16. Utgift och investeringsöversikt för konferensrummen.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
826	1 168	4 860	496	701	118

Eftersom återbetalningstiden är 118 månader kan således ingen ekonomisk besparing göras under en femårsperiod. Förbrukningen kan däremot sänkas med 3 505 kWh.

#### 5.1.1.1.5 Trucklagret

Årskostnaden för belysningen i trucklagret beräknas till 2 043 kr. Att byta ut lysrören mot nya LED lysrör skulle medföra en kostnad på 1 470 kr och ha en återbetalningstid på mindre än nio månader. Således kan en besparing på 1 327 kr/år göras. Förbrukningen kan minskas med 2 335 kWh.

Tabell 17. Utgift och investeringsöversikt för trucklagret.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
2043	3 592	1 470	1 327	2335	9

Följaktligen kan man under en femårsperiod spara så mycket som 5 165 kr och minska förbrukningen med 11 675 kWh.

#### 5.1.1.1.6 Stora lagret

Genom att byta ut samtliga lysrör i det stora lagret till LED lysrör kan man göra en årsbesparing på 2 814 kr och sänka förbrukningen med 3 120 kWh/år.

Investeringskostnaden för nya LED lysrör är 9 290 kr. Detta ger en återbetalningstid på ca 40 månader.

Tabell 18. Utgift och investeringsöversikt för stora lagret.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
4 690	5 200	9 290	2 814	3 120	40

På en femårsperiod kan man göra en besparing på 4 780 kr och minska förbrukningen med 15 600 kWh.

#### 5.1.1.1.7 Lilla lagret

Årskostnaden för belysningen i det lilla lagret är 13 399 kr. Vid ett byte av nuvarande ljuskälla till LED lysrör kan man erhålla en årsbesparing på 8 039 kr och en förbrukningssänkning på 14 138 kWh/år. Investeringskostnaden för LED lysrören är 18 360 kr. Således blir återbetalningstiden 27 månader.

Tabell 19. Utgift och investeringsöversikt för lilla lagret.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
13 399	23 564	18 360	8 039	14 138	27

Under en femårsperiod kan besparingen bli 21 835 kr och förbrukningen kan minskas med 70 690 kWh.

#### 5.1.1.1.8 In- och utlastningen

Genom ett byte mot LED lysrör i in- och utlastningen kan man göra en besparing på 4 184 kr/år samt en förbrukningsbesparing på 7 359 kWh/år. Kostnaden för bytet blir 7 344 kr. Detta ger en återbetalningstid på ca 21 månader.

Tabell 20. Utgift och investeringsöversikt för in- och utlastningen.

Nuvarande årskostnad (Kr)	Nuvarande årsförbrukning (kWh)	Investeringskostnad (Kr)	Årsbesparing (kr)	Årsbesparing (kWh)	Återbetalningstid (mån)
6974	12 264	7 344	4 184	7 359	21

Under en femårsperiod kan man göra en besparing på 13 596 kr och en förbrukningsminskning på 36 795 kWh.

#### 5.1.1.1.9 Summering av LED lysrör

På en femårsperiod beräknas den potentiella besparingen på belysningskostnaden för samtliga LED lysrören vara 592 626 kr, exklusive moms, och den förväntade förbrukningssänkningen bli 1 550 815 kWh.

#### 5.1.1.2 Förslag rörelsedetektorer

Det kan vara gynnsamt att installera rörelsedetektorer i utrymmen som används sällan. I Exaktas fall utesluter det lokaler såsom falshallen, bindhallen, distributionshallen och produktionslokalen på övre plan då dessa i stort sett är bemannade dygnet runt och närvaro av rörelsedetektorerna skulle betydligt försvåra arbetet för personalen. I lokalutrymmen såsom lilla lagret, trucklagret, in- och utlastningen samt matsalen skulle däremot installationen av rörelsedetektorer vara till stor fördel. Dessa utrymmen är mycket sällan bemannade och belysningen är igång dygnet runt, vilket har till konsekvens att mycket energi förbrukas alldeles i onödan.

Efter ett antal observationer och i samråd med personalen vill jag påstå att man kan spara så mycket som 60 % av den befintliga förbrukningskostnaden med hjälp av rörelsedetektorer i de ovannämnda lokalerna. I konkreta siffror innebär det 5 256 h .

Det behövs en rörelsedetektor vid varje ingång, vilket i det här fallet motsvaras av sex stycken. Dessa är relativt billiga att införskaffa och installationen kan för det mesta utföras på egen hand. Ett standardpris för en rörelse/närvarodetektor är 500 kr. Således blir investeringskostnaden 3 000 kr.

Sammanfattningsvis visar mina beräkningar på en besparing på belysningskostnaden i lilla lagret, trucklagret, in- och utlastningen samt matsalen på 14 147 kr/år samt en förbrukningssänkning på 24 879 kWh/år. Exakta kan således spara så mycket som 67 735 kr, exklusive moms, på en femårsperiod och sänka förbrukningen med 124 395

kWh.

### 5.1.1.3 Dagsljusstyrning

Dagsljusstyrning är som lämpligast i lokaler med många fönster där dagsljusintag är stort. Då matsalen och kontoret har ett friskt intag av naturligt dagsljus i form av 17 respektive tolv fönster, kan automatisk dagsljusstyrning vara ett smart alternativ. Den anpassar ljusstyrkan efter rådande behov: under dagen då det är ljust sänks ljusstyrkan för att sedan höjas på kvällen och natten. Grovt uppskattad kan Exakta spara ytterligare 20 – 30 % av elförbrukningen i dessa lokaler. Detta medför en förbrukningssänkning på 6 424 kWh och en kostnadsbesparing på 3 754 kr/år. Priset för ett sådant dagsljusregleringssystem är allt från 700 - 3 000 kr. Således är kostnadsbesparingen under en femårsperiod beroende av investeringskostnaden för dessa system.

Förbrukningen i sin tur kan sänkas med 32 120 kWh.

Falshallen och bindhallen har tolv respektive 25 fönster. Även om ljusintaget i förhållande till ytan inte är lika stort som i kontoret, kan det ändå vara lämpligt med dagsljusreglering. En besparing kan göras framförallt under sommarmånaderna då dagarna är som längst. En uppskattning på eventuell besparing kan dock inte ges med tanke på svårigheten med att uppskatta effekten av det naturliga ljusintaget under sommarmånaderna.

### 5.1.1.4 Nedsläckning

I enlighet med tabell 1, och de riktlinjer för installerad effekt som presenteras där, förhåller sig alla lokaler på Exakta inom sina respektive rekommendationsramar. Undantaget tillskrives matsalen som överskrider de rekommenderade ramarna med sina 19 W/m<sup>2</sup> gentemot de avsatta 9 W/ m<sup>2</sup>. Potentiellt kan ca hälften av dess lysrör släckas ner utan att påverka ljuskomforten. Detta skulle medföra en årsbesparing på 11 388 kWh och 6 476 kr/år, vilket motsvaras av 32 380 kr, exklusive moms, på en femårsperiod samt en sänkning på 56 940 kWh.

### 5.1.2 Maskiner

Då inga signifikanta ändringar kan göras i maskinerna hamnar momentet utanför mitt undersökningsområde. Det som dock är viktigt att undersöka vidare är hur lönsamt det är att alltid ha maskinerna på tomgångskörning. Det gäller framförallt de två stora tryckpressarna. Eftersom själva uppstartsfasen är mycket energikrävande och bidrar till höga effekttoppar, vill man som företag undvika detta då man betalar för ett abonnemang som går ut på att ha så låga effekttoppar som möjligt. Dock räknar elbolagen på snitteffekten varje timme, vilket inte borde påverkas signifikant av de

effekttoppar som varar under en kortare tid.

Även om själva effektagiften inte gynnas nämnvärt av att man stänger av maskinerna helt, kan däremot elöverföringen göra det. Det är trots allt också den som står för den högsta elkostnaden.

De flesta maskiner drar relativt lite energi under ett viloläge, men kostnaden kan växa sig stor i det långa loppet. Av den anledningen, anser jag, en mer ingående undersökning av maskinernas uppstartsfas och dess effekttoppar bör göras.

En annan energibesparande åtgärd kan annars vara att installera en frekvensomriktare. Den kan spara så mycket som 40 - 50 % av energiförbrukningen genom att sänka varvtalet en aning. Men eftersom maskinoperatören på Exakta anpassar hastigheten och verkningsgraden av produktionsmaskinerna utifrån varje material och uppdrag, ställer jag mig dock tvekan till huruvida elmotorn i maskinerna kan varvtalregleras utan att påverka prestandan och produktionen negativt.

### 5.1.3 Komprimatorer

#### 5.1.3.1 Varvtalsreglering

Som framfört i kartläggningen så står fläktdriften för majoriteten av förbrukningen för komprimatorerna. Fläkten körs konstant, dygnet runt, utan uppehåll och frågan man bör ställa sig här är om det verkligen är nödvändigt. Det man framförallt borde undersöka närmare, med en konsult, är hur prestandan påverkas om man sänker varvtalet en aning. Som nämnt tidigare i teoridelen så regleras de flesta fläktar genom strypning med spjäll eller ventiler. Detta motsvaras i praktiken av att exempelvis köra en bil med gasen i botten och därefter reglera hastigheten med bromsen, vilket är synnerligen oekonomiskt. Det man istället strävar efter att uppnå är att styra fläktens varvtal efter behovet. På så vis kan betydande energibesparingar uppnås. I enlighet med affinitetslagarna minskar effektbehovet med kubiken på det minskade varvtalet (flödet), vilket resulterar i att energiförbrukningen minskar med 50 % då varvtalet skruvas ner 20 %.[27]

Då årskostnaden för energiförbrukningen på en fläkt ligger på ca 109 586 kr, exklusive moms, kan varvtalsreglering av fläkten med hjälp av frekvensomriktare spara 54 793 kr/år. Till följd av detta reduceras årsförbrukningen med 48 189 kWh.

Investeringskostnaden kan variera beroende på vilken typ av frekvensomriktare som erfordras och kommer följaktligen inte att tas med i beräkningen.

På en femårsperiod kan man potentiellt göra en besparing på 273 966 kr samt 481 800 kWh för varje fläkt.

## 5.1.4 Ventilation

### 5.1.4.1 Varvtalsreglering

Precis som komprimatorerna drivs ett ventilationssystem av elmotorer och fläktar, därmed kan liknande förslag appliceras här. Det mest gynnsamma ur energi- och kostnadssynvinkel vore att anpassa luftflödet efter rådande behov. Ett onödigt högt luftflöde tvingar fläktarna att arbeta på ett högre varvtal än det är nödvändigt, vilket i sin tur resulterar i en högre driftkostnad. En liten sänkning på 20 % av flödet, enligt affinitetslagarna, kan minska energikostnaden med 50 %. Detta innebär en besparing på 44 831 kr/år och en förbrukningsbesparing på 78 840 kWh.

Investeringskostnaden kan variera beroende på vilken typ av frekvensomriktare som erfordras och kommer således inte att tas med i beräkningen.

Potentiellt kan en besparing på 224 155 kr och 394 200 kWh på en femårsperiod uppnås.

### 5.1.4.2 Värmeåtervinning

Eftersom Exaktas ventilationssystem har både från- och tilluft anser jag det vara mycket lukrativt att investera i en värmeväxlare, vars uppgift är att återanvända värmen från luften. Med värmeåtervinning från ventilationsluften kan en besparing på 50 - 80 % av ventilationskostnaden göras. Dock kan inga konkreta beräkningar på energibesparingen presenteras, då nödvändig utrustning, tillgång till relevant data på till- och frånluftstemperaturen, samt flödet etc. saknas. Den generella återbetalningstiden för ett sådant system brukar normalt vara från tre till fem år. [13]

### 5.1.4.3 Närvarodetektorer

Andra mindre avancerade åtgärder jag kan rekommendera är att installera rörelse/närvarodetektorer. Dessa aktiverar luftflödet då de registrerar någon form av närvaro i en lokal.

Som tidigare nämnt i teoridelen går det inte att skruva ner på ventilationen i lokaler så länge det förekommer mänsklig aktivitet. Därmed bör rörelse/närvarodetektorer endast installeras i lokalutrymmen som är sällan bemannade, såsom lilla lagret, trucklagret, in- och utlastningen samt matsalen.

Då ventilationen liksom belysningen är igång dygnet runt, tycker jag att det förbrukas onödigt mycket energi. Min grova uppskattning är att man kan sänka ca 60 % av den befintliga ventilationsförbrukningen i dessa lokaler genom att installera rörelse/närvarodetektorer. [4]



## 5.1.5 Kompressor

### 5.1.5.1 Läckagesökning

Precis som betonats i teoridelen står läckage i tryckluftssystem för den största förlusten i tryckluftproduktionen. Det är inte ovanligt att 20 - 50% av den tryckluft man framställer går förlorad som läckage. Ett hål på 1mm kan generera en kostnad på ca 3 000 - 4 000 kr om året. Därför anser jag det vara av väsentligt intresse att regelbundet se över sin tryckluftsanläggning i syfte att åtgärda eventuella läckage. [18] [19]

Då många läckor varken syns eller hörs är de synnerligen svåra att upptäcka. Ljudet som uppstår vid en läcka har ofta en frekvens som ligger i ultraljudsområdet, alltså utanför människans hörselomfång. Med rätt utrustning kan dessa läckor upptäckas. I samband med den typen av läckagesökning anser jag att en ultraljudsdetektor bör användas. Fördelen med ultraljudsmetoden är att den fungerar även då produktionen är i full gång. Detta i sin tur kan leda till upptäckten av andra felaktigheter i funktionen. [20]

Eftersom läckor uppstår dagligen finns det således en enorm sparpotential i att rekommendera att anläggningen ultraljudavlyssnas regelbundet. Varför jag anser att en läckagesökningsplan bör upprättas. Priset på en ultraljudsdetektor varierar allt från 1 600 kr till 40 000 kr beroende på hur avancerad den är. Då jag inte anser mig vara kompetent nog att avgöra vilken som krävs för ändamålet rekommenderar jag istället att man anlitar en konsult som kan undersöka detta mer ingående. [21]

Då läckage dessutom kan vara en indikator på ett kommande haveri kan jag inte påpeka nog hur viktigt det är med regelbunden läckagesökning. Men eftersom ingen läckagesökning har kunnat göras kan därmed inga konkreta besparingskalkyler presenteras. Min uppskattning dock är att ca 20 % av den befintliga förbrukningen kan besparas med denna åtgärd. Detta motsvaras således av en potentiell årsbesparing på 27 895 kr, exklusive moms, och 49 056 kWh. På en femårsperiod kan man spara så mycket som 139 475 kr, exklusive moms, och sänka förbrukningen med 245 280 kWh.

### 5.1.5.2 Varvtalsreglering

Då kompressorn drivs av en elmotor och fläktar går det att applicera affinitetslagarna här med. Det som bör undersökas är ifall prestandan och produktionen påverkas negativt av en varvtalssänkning. Isåfall kan en besparing likt de tidigare nämnda för komprimatorn och ventilationen erhållas med hjälp av en frekvensomriktare. En sänkning på 20 % av varvtalet halverar strömförbrukningen. Detta motsvaras således av en potentiell årsbesparing på 69 738 kr, exklusive moms, och 122 640 kWh. Investeringskostnaden kan variera beroende på vilken typ av frekvensomriktare erfordras och kommer därför inte tas med i beräkningen.

På en femårsperiod kan man spara så mycket som 348 690 kr, exklusive moms, samt

613 200 kWh.

## 6. Diskussion

Examensarbetets diskussion följer den ordning som jag etablerade i kartläggningsdelen. Diskussionen kommer att redovisas i såväl löpande text som i tabeller. Jag kommer även att referera till de i teoriavsnittet behandlade teorierna samt ge egna kommentarer till de resultat som framkommit i min undersökning.

Som påvisats i figur 3 står belysningen för ca 20 % av den totala energiförbrukningen. Eftersom den överlägset största delen av nuvarande belysningen i verksamheten drivs av armaturer med T8 lysrör förbrukas det mycket mer energi än vad som är nödvändigt. Armaturer med magnetiska drivdon drar ca 25 % mer el utöver den installerade effekten och lämnar således mycket utrymme för besparing. T5 lysrör är mycket energieffektivare än de äldre T8 lysrören, men eftersom de är mindre i storleken passar de inte i de befintliga armaturerna på anläggningen. Ett byte till nya T5 armaturer hade inte resulterat i en lönsam ekonomisk investering då besparingen i förhållande till kostnaden hade varit för låg och återbetalningstiden alldeles för lång. Följaktligen rekommenderar jag att man istället byter till LED lysrör. Efter flera samtal med olika belysningsåterförsäljare fann jag att det finns möjligheter att beställa specialtillverkade LED lysrör som är kompatibla med de äldre T8 armaturerna. Således undviker man att investera i nya dyra LED armaturer.

LED lysrör drar 65 - 70 % mindre energi än T8 lysrören och är därför ett mycket bättre alternativ. Även om kostnaden för dessa lysrör är betydligt högre än för T8 och T5 lysrören får man generellt tillbaka på det investerade beloppet inom loppet av två år.

Kostnadsbesparingarna som har presenterats i detta arbete framlägger att samtliga utrymmen vars belysningsårskostnad överstiger 15 000 kr gynnas starkt av ett byte av ljuskälla. I de övriga lokalerna vars årskostnad understiger 15 000 kr rekommenderar jag att man istället överväger andra alternativ, såsom närvarodetektorer eller dagsljusreglering, eftersom återbetalningstiden för dessa blir längre än fem år. I utrymmen med sporadisk bemanning bör man främst använda sig av rörelsedetektorer då besparingspotentialen är så stor som 60 % av den nuvarande förbrukningen.

Dagsljusreglering är en annan åtgärd som jag rekommenderar i detta arbete. Denna åtgärd är främst applicerbart på lokaler med gott naturligt ljusintag, såsom matsalen och kontoret men även distributionshallen till viss mån. Grovt uppskattat vill jag hävda att man kan spara ytterligare 20 - 30 % av den befintliga förbrukningen i dessa lokaler. Med tanke på de relativt låga kostnaderna en sådan investering skulle innebära kan det vara smart att överväga en sådan investering.

I tabell 1, kan man se riktlinjer för installerad effekt/m<sup>2</sup> yta i förhållande till lokal. Matsalens belysning överskrider dessa riktlinjer med ca 10 W/m<sup>2</sup>. Potentiellt kan hälften av dess lysrör släckas ner utan att påverka ljuskomforten för personalen och således bidra till en markant besparing.

Maskinerna i anläggningen står för den överlägset största delen av energiförbrukningen, men eftersom inga maskiner kan manipuleras, utan expertis, hamnar momentet konsekvent utanför mitt undersökningsområde. Således presenterades enbart förslag på spekulativa åtgärder. En sådan åtgärd är att installera en frekvensomriktare som reglerar varvtalet på motorn. Men jag ställer mig frågande ifall man kan använda frekvensomriktare i detta sammanhang. Eftersom produktionsmaskinernas drifhastighet bestäms utifrån varje uppdrag och material är jag osäker på huruvida varvtalsreglering med hjälp av frekvensomriktare är möjlig att utföra utan att påverka prestandan och produktionen negativt.

En annan rekommendation som presenterades i detta arbete är att undersöka mer ingående maskinernas uppstartsfas och dess effekttoppar, samt hur lönsamt det är att alltid ha maskinerna på tomgångskörning. Då syftar jag framförallt på de två stora tryckpressarna, KBA och Heidel. Eftersom tomgångskostnaden är väldigt hög finns det potentiella besparingsmöjligheter i själva elöverföringen då den utgör den största delen av kostnaden.

Vad gäller komprimatorerna så kretsar förslagen enbart kring deras fläktdrift, och som framförts i kartläggningen står fläktdriften för största delen av förbrukningen. Det jag framförallt föreslår är att företaget tar kontakt med en konsult för att undersöka hur prestandan av fläktdriften påverkas av en liten varvtalssänkning. Eftersom många fläktar i dagsläget regleras genom strypning med spjäll eller ventiler, vilket är väldigt oekonomiskt, finns det således en stor besparingsmöjlighet i det ovannämnda förslaget. Målet är att styra fläktens varvtal efter minsta nödvändiga kapacitet. Med hänvisning till affinitetslagarna resulterar en sänkning på 20 % av varvtalet till 50 % av strömförbrukningen.

Då ett ventilationssystem drivs av både elmotorer och fläktar kan således varvtalsreglering med hjälp av en frekvensomriktare appliceras även här. Det mest gynnsamma ur energi- och kostnadsaspekt vore att reglera luftflödet i ventilationen efter gällande behov. Ett högre luftflöde tvingar fläktarna att arbeta på ett högre varvtal än nödvändigt, vilket i sin tur leder till en högre driftkostnad. En sänkning på 20 % av flödet kan minska energikostnaden med 50 %. Min rekommendation är följaktligen att företaget kontaktar en konsult i syfte att undersöka huruvida varvtalsreglering med frekvensomriktare är genomförbart.

En annan åtgärd jag ivrigt rekommenderar, främst på grund av dess stora besparingsmöjlighet, är att investera i en värmeväxlare, vars uppgift är att återanvända värmen från luften. Med värmeåtervinning från ventilationsluften kan en besparing på 50 - 80 % av ventilationskostnaden erhållas. Eftersom Exaktas ventilationssystem har både från- och tilluft finns således möjligheten att uppgradera till ett FTX system. Det man dock måste ha i åtanke är att ett sådant system innebär en stor utgift och återbetalningstiden kan vara lång. Som specificerat i avgränsningarna, kan inga konkreta beräkningar på energibesparingen presenteras, då nödvändig utrustning, tillgång till relevant data på till- och frånluftstemperaturen, samt flödet etc. saknas.

Andra mindre kostsamma åtgärder jag anser man bör överväga är att installera rörelse/närvarodetektorer. Ty ventilationen är igång dygnet runt, finner jag att det

förbrukas onödigt mycket energi. Min grova uppskattning är att man kan sänka ca 60 % av den befintliga ventilationsförbrukningen i lokalutrymmen som är sällan bemannade, såsom lilla lagret, trucklagret, in- och utlastningen samt matsalen. Detektorerna aktiverar luftflödet då de registrerar någon form av närvaro i en lokal och på så sätt kan man göra besparingar utan att påverka komforten eller klimatet för personalen.

Förslagen kring tryckluftsoptimering kretsar kring läckagesökning och varvtalsreglering. I teoridelen nämndes att läckage i tryckluftssystem står för den största förlusten i tryckluftsproduktionen och att det inte är ovanligt med förluster på 20 - 50 %. Läckor uppstår dagligen och då de varken syns eller hörs, är de synnerligen svåra att upptäcka. Därför anser jag det vara av väsentligt intresse att se över sin tryckluftsanläggning i syfte att åtgärda eventuella läckor. Detta kan göras med hjälp av en ultraljudsdetektor, men då jag inte anser mig vara kompetent nog att avgöra vilken ultraljudsdetektor som krävs för ändamålet rekommenderar jag istället att man anlitar en konsult som kan undersöka detta mer ingående.

Läckage kan dessutom vara en indikator på ett kommande haveri och således finner jag det mycket viktigt med regelbunden läckagesökning. Det finns en enorm besparingspotential i att ultraljudsavlyssna anläggningen regelbundet.

Utöver läckagesökning rekommenderar jag att man ser över möjligheterna att varvtalsreglera kompressorn. Ty kompressorn också drivs av en elmotor och fläktar går det teoretiskt sett att applicera affinitetslagarna även här. Jag anser att Exakta bör undersöka ifall den kan arbeta lika effektivt under ett lägre varvtal. I så fall kan en besparing likt de tidigare nämnda för såväl komprimatorerna som ventilationen erhållas med hjälp av en frekvensomriktare. Eftersom kompressorn körs dygnet runt och står för en omfattande del av totalkostnaden kan en halvering av strömförbrukningen resultera i enorma vinster för företaget.

Avslutningsvis vill jag hävda att det har varit en lärorik och stimulerande fördjupning i hur ett svenskt företag hanterar sin energiförbrukning. Det råder fortfarande stor osäkerhet kring mängden av energi varje moment i en anläggning förbrukar. Genom att kartlägga de olika momenten öppnar man upp för möjligheten att optimera sin elförbrukning.

## **7. Förslag till vidare undersökning**

Efter att ha avslutat detta examensarbete dyker givetvis nya frågor upp. Det intressanta för ett framtida examensarbete vore att undersöka elmotorerna i maskinerna och deras verkningsgrad. Eftersom en motor med lägre verkningsgrad förbrukar stora mängder energi kan det vara värt att byta ut den mot en nyare och mer effektiv motor, trots de höga kostnaderna ett sådant byte skulle innebära. En sådan effektiviseringsåtgärd hade eventuellt kunnat generera ytterligare besparingar.

## 8. Källförteckning

Webbplatser:

- [1] <http://exakta.se/nyheter/> [Använd 160103]
- [2] [http://belysningsbranschen.se/wp-content/uploads/2013/09/En-ljusare-framtid\\_2013\\_final\\_low1.pdf](http://belysningsbranschen.se/wp-content/uploads/2013/09/En-ljusare-framtid_2013_final_low1.pdf) [Använd 160120]
- [3] [http://www.energisystem.se/documents/Energieffektivitet\\_TG.pdf](http://www.energisystem.se/documents/Energieffektivitet_TG.pdf) [Använd 160120]
- [4] [http://www.svenskventilation.se/wp-content/uploads/2014/07/industrier\\_eef\\_13okt\\_low.pdf](http://www.svenskventilation.se/wp-content/uploads/2014/07/industrier_eef_13okt_low.pdf) [Använd 160120]
- [5] [http://www.miljostyrningsradet\\_belysning\\_vagledning%20\(2\).pdf](http://www.miljostyrningsradet_belysning_vagledning%20(2).pdf) [Använd 160121]
- [6] <http://energypartner.se/WP/wp-content/uploads/2012/03/EP-Lampguide.pdf> [Använd 160123]
- [7] [http://www.energiradgivningen.se/sites/default/files/kommuner/ekero/vagledning\\_fo\\_r\\_energieffektiv\\_och\\_god\\_belysning.pdf](http://www.energiradgivningen.se/sites/default/files/kommuner/ekero/vagledning_fo_r_energieffektiv_och_god_belysning.pdf) [Använd 160123]
- [8] [http://ljuskultur.se/files/2013/05/Allmanna\\_rek\\_narvarodetektering\\_ers2.pdf](http://ljuskultur.se/files/2013/05/Allmanna_rek_narvarodetektering_ers2.pdf) [Använd 160123]
- [9] <http://www.annell.se/infotek/kompendier/> [Använd 160124]
- [10] [http://www.varnamo.se/download/18.635941c13364c7181380001708/1359118059290/LED\\_framtidensbelysning.pdf](http://www.varnamo.se/download/18.635941c13364c7181380001708/1359118059290/LED_framtidensbelysning.pdf) [Använd 160124]
- [11] <http://www.vattenfall.se/sv/lagenergilampor-sa-funkar-de.htm> [Använd 160117]
- [12] <http://www.grontljus.com/led-lysror> [Använd 160127]
- [13] <http://www.titania.se/Vart-verksamhetsomrade/Ventilation/Olika-typer-av-ventilationssystem/> [Använd 160127]
- [14] [http://www.svenskventilation.se/wp-content/uploads/2014/07/industrier\\_eef\\_13okt\\_low.pdf](http://www.svenskventilation.se/wp-content/uploads/2014/07/industrier_eef_13okt_low.pdf) [Använd 160120]
- [15] <http://www.folkhalsomyndigheten.se/amnesomraden/halsoskydd-och-miljohalsa/inomhusmiljo/luftkvalitet/kompletterande-vagledning-om-ventilation/#Riktvarde> [Använd 160123]
- [16] <http://bofab.nu/ventilation-halsa/> [Använd 160123]
- [17] <http://www.vattenfall.se/sv/foretag-effektiv-styrning-av-ventilation.htm> [Använd 160127]

- [18] <http://www.energihandbok.se/tryckluftssystem/> [Använd 160201]
- [19] <http://www.silvent.com/sv/kompetens/tryckluft-som-energiform/> [Använd 160201]
- [20] <http://www.tryckluftsoptimering.se/tjanster/lackage-sokning> [Använd 160123]
- [21] <http://www.batsound.com/?p=67> [Använd 160201]
- [22] <http://www.pumpportalen.se/pumpinformation/affinitetslagarna/> [Använd 160201]
- [23] <http://new.abb.com/se/om-abb/teknik/sa-funkar-det/frekvensomriktare> [Använd 160201]
- [24] <https://www.buildingexperts.info/se/svenska/paper/title/energieffektivitet-med-varvtalsreglerade-drivanordning-med-frekvensomformare.html> [Använd 160123]
- [25] [http://www.eon.se/upload/eon-se-2-0/dokument/broschyrarkiv/foretagskund/El/Effektabonnemang\\_RGB.pdf](http://www.eon.se/upload/eon-se-2-0/dokument/broschyrarkiv/foretagskund/El/Effektabonnemang_RGB.pdf) [Använd 160124]
- [26] <http://www.energy-wise.biz/sv/node/1289> [Använd 160127]
- [27] <http://www.drivh.se/sv/Energibesparing/> [Använd 160127]

#### Litteratur:

Andrén, L & Tirén, L. (2012). *Passivhus: en handbok om energieffektivt byggande*. Svensk Byggtjänst.

Hedenstierna, S. (2009). *Så sparar du pengar och hjälper miljön!: Sophie Hedenstiernas smarta tips*. Bokverket.

Nielsen, J & Svendsen, P & Wagner, J & Stensgård, S. (2007). *Isolering & ventilation: inspiration, underhåll, reparationer*. Bonniers Publications A/S.

Sällberg, A & Håkansson, P. (2005). *Motorstyrning*. Liber.

## Appendix

### Belysning

#### Falshallen

Effektkostnaden/år:  $12 \cdot 12 \cdot 72 = 10\,368$  kr.

Elöverföringen/år:  $8760 \cdot 12 \cdot 0,47 = 49\,406$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen:  $10\,368 + 49\,406 = 59\,775$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $12 \cdot 8760 = 105\,120$  kWh.

#### Distributionshallen

Effektkostnaden/år:  $11 \cdot 12 \cdot 72 = 9\,504$  kr.

Elöverföringen/år:  $8760 \cdot 11 \cdot 0,47 = 45\,289$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen i distributionshallen:  $9\,504 + 45\,289 = 54\,793$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $11 \cdot 8760 = 96\,360$  kWh.

#### Bindhallen

Effektkostnaden/år:  $26,5 \cdot 12 \cdot 72 = 22\,896$  kr.

Elöverföringen/år:  $26,5 \cdot 8760 \cdot 0,47 = 109\,105$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen i bindhallen:  $22\,896 + 109\,105 = 132\,002$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $26,5 \cdot 8760 = 232\,140$  kWh.

#### Produktionslokalen på övre våningen

Effektkostnaden/år:  $7,5 \cdot 12 \cdot 72 = 6\,480$  kr.

Elöverföringen/år:  $7,5 \cdot 8760 \cdot 0,47 = 30\,879$  kr/år.

Totala årskostnaden för belysningen i produktionslokalen:  $6480 + 30\,879 = 37\,359$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $7,5 \cdot 8760 = 65\,700$  kWh.

#### Matsalen

Effektkostnaden/år:  $2,6 \cdot 12 \cdot 72 = 2\,247$  kr.

Elöverföringen/år:  $2,6 \cdot 8760 \cdot 0,47 = 10\,705$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen i matsalen:  $2247 + 10\,705 = 12\,951$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $2,6 \cdot 8760 = 22\,776$  kWh.

#### Kontoret

Effektkostnaden/år:  $0,8 \cdot 12 \cdot 72 = 691$  kr.

Elöverföringen/år:  $0,8 \cdot 3650 \cdot 0,47 = 1373$  kr/år.

Totala årskostnaden för belysningen i matsalen:  $691 + 1373 = 2\,064$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $0,8 \cdot 3650 = 2\,920$  kWh.

#### Konferensrummen

Effektkostnaden/år:  $0,32 \cdot 12 \cdot 72 = 277$  kr.

Elöverföringen/år:  $0,32 \cdot 3650 \cdot 0,47 = 549$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen i konferensrummen:  $277 + 549 = 826$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $0,32*3650 = 1\ 168$  kWh.

### **Trucklagret**

Effektkostnaden/år:  $0,41*12*72 = 355$  kr/år.

Elöverföringen/år:  $0,41*8760*0,47 = 1\ 688$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen i trucklagret:  $355 + 1688 = 2043$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $0,41*8760 = 3\ 592$  kWh.

### **Stora Lagret**

Effektkostnaden/år:  $2,6*12*72 = 2\ 246$  kr.

Elöverföringskostnaden/år:  $2,6*2000*0,47 = 2\ 444$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen i lagret:  $2246 + 2444 = 4\ 690$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $2,6*2000 = 5\ 200$  kWh.

### **Lilla Lagret**

Effektkostnaden/år:  $2,69*12*72 = 2324$  kr.

Elöverföringen/år:  $2,69*8760*0,47 = 11\ 075$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen i lilla lagret:  $2324 + 11\ 075 = 13\ 399$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $2,69*8760 = 23\ 564$  kWh.

### **In- och utlastningen**

Effektkostnaden/år:  $1,4*12*72 = 1210$  kr.

Elöverföringen/år:  $1,4*8760*0,47 = 5764$  kr.

Totala årskostnaden för belysningen i in- och utlastningen:  $1210 + 5764 = 6974$  kr, exklusive moms.

Årsförbrukningen i kWh:  $1,4*8760 = 12\ 264$  kWh.

### **Summering av all belysning**

Den summerade årskostnaden för samtlig belysning:  $58\ 598 + 268\ 277 = 326\ 875$  kr, exklusive moms.

Totala årsförbrukningen i kWh:  $570\ 804$  kWh.

## **LED förslag**

### **Falshallen**

Ny årskostnad:  $(59775*0,4) = 23\ 910$  kr.

Årsbesparing:  $59775 - 23\ 910 = 35\ 865$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $105120 - 42048 = 63\ 072$  kWh.

Investeringskostnad:  $((100*245)+(100*325)) = 57\ 000$  kr.

Återbetalningstid:  $((57000*12)/35865 = 19)$ .

Besparing femårsperiod:  $((35865*5) - 57000) = 122\ 325$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $63072*5 = 315\ 360$  kWh.

### **Distributionshallen**

Ny årskostnad:  $(54793*0,35) = 19\ 176$  kr.

Årsbesparing:  $54793 - 19\ 176 = 35\ 617$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $(11*0,35 = 3,85)$ ,  $(3,85*8760 = 33\ 726$  kWh),  $96\ 360 - 33\ 726 = 62\ 634$  kWh.

Investeringskostnad:  $(150*245) = 36\ 750$  kr.

Återbetalningstid:  $36750*12/35617 = 12,4$ .

Besparing femårsperiod:  $(35617*5) - 36750 = 141\ 335$  kr.



Förbrukningsminskning femårsperiod:  $33\,726 * 5 = 168\,630$  kWh.

### **Bindhallen**

Ny årskostnad:  $(116\,560 * 0,4) = 46\,624$  kr.

Årsbesparing:  $116\,560 - 46\,624 = 69\,936$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $(23,4 * 0,4 = 9,36)$ ,  $(9,36 * 8760 = 81\,994$  kWh),  $204\,984 - 81\,994 = 122\,990$  kWh.

Investeringskostnad:  $((222 * 325) + (186 * 245)) = 117\,720$  kr.

Återbetalningstid:  $(117720 * 12) / 69936 = 20,19$ .

Besparing femårsperiod:  $((69936 * 5) - 117720) = 231\,960$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $122990 * 5 = 614\,950$  kWh.

### **Produktionslokalen på övre plan**

Ny årskostnad:  $(37\,359 * 0,4) = 14\,944$  kr.

Årsbesparing:  $37359 - 14944 = 22\,416$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $(3 * 8760 = 26280)$ ,  $65700 - 26280 = 39\,420$  kWh.

Investeringskostnad:  $(186 * 325) = 60\,450$  kr.

Återbetalningstid:  $(60450 * 12) / 22416 = 32,3$ .

Besparing femårsperiod:  $(22416 * 5) - 60450 = 51\,630$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $39420 * 5 = 197\,100$  kWh.

### **Matsalen**

Ny årskostnad:  $(12\,951 * 0,4) = 5\,180$  kr.

Årsbesparing:  $12951 - 5180 = 7\,771$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $(22776 * 0,4 = 9110)$ ,  $22776 - 9110 = 13\,666$  kWh.

Investeringskostnad:  $(120 * 405) = 48\,600$  kr.

Återbetalningstid:  $((48600 * 12) / 7771 = 75)$ .

Besparing femårsperiod: 0.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $13666 * 5 = 68\,330$  kWh.

### **Konferensrummen**

Ny årskostnad:  $826 * 0,4 = 330$  kr.

Årsbesparing:  $826 - 330 = 496$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $(1\,168 * 0,4 = 467)$ ,  $1168 - 467 = 701$  kWh.

Investeringskostnad:  $12 * 405 = 4\,860$  kr.

Återbetalningstid:  $((4860 * 12) / 496) = 117,6$ .

Besparing femårsperiod: 0.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $701 * 5 = 3\,505$  kWh.

### **Trucklagret**

Ny årskostnad:  $2043 * 0,35 = 715$  kr.

Årsbesparing:  $2043 - 715 = 1\,327$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $(3592 * 0,35 = 1257)$ ,  $3592 - 1257 = 2335$  kWh.

Investeringskostnad:  $(6 * 245) = 1\,470$  kr.

Återbetalningstid:  $((1470 * 12) / 2043) = 8,6$ .

Besparing femårsperiod:  $((1327 * 5) - 1470) = 5165$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $2335 * 5 = 11\,675$  kWh.

### **Stora lagret**

Ny årskostnad:  $4690 \cdot 0,4 = 1876$  kr.

Årsbesparing:  $4690 - 1876 = 2814$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $(5200 \cdot 0,4 = 2080)$ ,  $5200 - 2080 = 3120$  kWh.

Investeringskostnad:  $((22 \cdot 245) + (12 \cdot 325)) = 9290$  kr.

Återbetalningstid:  $((9290 \cdot 12) / 2814) = 39,6$ .

Besparing femårsperiod:  $(2814 \cdot 5) - 9290 = 4780$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $3120 \cdot 5 = 15600$  kWh.

### **Lilla lagret**

Ny årskostnad:  $13399 \cdot 0,4 = 5360$  kr.

Årsbesparing:  $13399 - 5360 = 8039$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $23564 \cdot 0,4 = 9426$ ,  $23564 - 9426 = 14138$  kWh.

Investeringskostnad:  $40 \cdot 459 = 18360$  kr.

Återbetalningstid:  $((18360 \cdot 12) / 8039) = 27$ .

Besparing femårsperiod:  $(8039 \cdot 5) - 18360 = 21835$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $14138 \cdot 5 = 70690$  kWh.

### **In- och utlastningen**

Ny årskostnad:  $6974 \cdot 0,4 = 2790$  kr.

Årsbesparing:  $6974 - 2790 = 4184$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $(12264 \cdot 0,4 = 4905)$ ,  $12264 - 4905 = 7359$  kWh.

Investeringskostnad:  $(16 \cdot 459) = 7344$  kr.

Återbetalningstid:  $((7344 \cdot 12) / 4184) = 21$ .

Besparing femårsperiod:  $(4184 \cdot 5) - 7344 = 13596$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $7359 \cdot 5 = 36795$  kWh.

### **Summering LED lysrör**

Besparing femårsperiod: 592 626 kr exklusive moms.

Förbrukningsminskning femårsperiod: 1 550 815 kWh.

### **Närvaro/rörelsedetektorer**

Årsbesparing:  $((13399 + 2043 + 6974 + 12951)) \cdot 0,4 = 14147$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $((23564 + 3592 + 12264 + 22776)) \cdot 0,4 = 24879$  kWh.

Investeringskostnad:  $500 \cdot 6 = 3000$  kr.

Återbetalningstid:  $(3000 \cdot 12) / 14147 = 2,5$ .

Besparing femårsperiod:  $(5 \cdot 14147) - 3000 = 67735$  kr, exklusive moms.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $5 \cdot 24879 = 124395$  kWh.

### **Dagsljusstyrning**

Årsbesparing:  $((12951 + 2064) \cdot 0,25) = 3754$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $((22776 + 2920) \cdot 0,25) = 6424$  kWh.

Investeringskostnad: -

Återbetalningstid: -

Besparing femårsperiod: -

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $5 \cdot 6424 = 32120$  kWh.

## Nedsläckning

Årsbesparing:  $12951/2 = 6\,476$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $22776/2 = 11\,388$  kWh.

Investeringskostnad: 0.

Återbetalningstid: 0.

Besparing femårsperiod:  $6476*5 = 32\,380$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $11388*5 = 56\,940$  kWh.

## Maskiner

### Falshallen

Effektkostnaden/år/maskin:  $2,7*12*72 = 2332$  kr.

Elöverföringskostnaden/år/maskin:  $2,7*5475*0,47 = 6948$  kr.

Totala årskostnaden/maskin:  $2332 + 6948 = 9280$  kr, exklusive moms. Årsförbrukningen/maskin:  $2,7*5475 = 14\,783$  kWh.

Limbindarens effektkostnad under drift/år:  $19,76*12*72 = 17\,072$  kr.

Elöverföringskostnad under drift/år:  $19,76*5475*0,47 = 50\,847$  kr.

Totala årskostnaden för limbindaren under drift:  $17072 + 50\,847 = 67\,919$  kr, exklusive moms.

Limbindarens effektkostnad under tomgång/år:  $3,3*12*72 = 2851$  kr.

Elöverföringskostnad under tomgång/år:  $3,3*3504*0,47 = 5435$  kr.

Totala årskostnaden för limbindaren under tomgång:  $2851 + 5435 = 8286$  kr exklusive moms.

Vakuumpumpens effektkostnad/år:  $3,96*12*72 = 3\,421$  kr.

Elöverföringskostnad/år:  $3,96*5475*0,47 = 10\,190$  kr.

Totala årskostnaden för vakuumpumpen:  $3421 + 10190 = 13\,612$  kr/år.

Totala årskostnaden för alla limbindarens delar:  $67919+8286+13612 = 89817$  kr.

Totala årsförbrukningen för alla limbindarens delar:  $((3,3*3504)+(19,76*5475)+(3,96*5475)) = 141\,430$  kWh.

Kombinerade kostnaden för samtliga maskinerna i falshallen:  $(9280*6) + 67919 + 8286 + 13\,612 = 145\,497$  kr/år, exklusive moms.

Kombinerade årsförbrukningen:  $(14783*6) + 141430 = 230\,128$  kWh.

### Distributionshallen

Effektkostnaden/år:  $19*12*72 = 16\,416$  kr.

Elöverföringskostnaden/år:  $19*5475*0,47 = 48\,892$  kr.

Totala årskostnaden för samtliga maskiner i distributionshallen:  $16416 + 48892 = 65\,308$  kr, exklusive moms.

Totala årsförbrukningen:  $19*5475 = 104\,025$  kWh.

### Bindhallen

Effektkostnaden/år/maskin i lågdelen:  $5,5*12*72 = 4752$  kr.

Elöverföringen/år/maskin:  $5*5475*0,47 = 14\,152$  kr.

Totala årskostnaden/maskin i bindhallens lågdela:  $4752 + 14152 = 18\,905$  kr.

Totala förbrukningen:  $5,5*5475 = 30\,113$  kWh.

Effektkostnaden/år för KBA under drift:  $66*12*72 = 57\,024$  kr.

Elöverföringskostnaden/år under drift:  $66 \cdot 5475 \cdot 0,47 = 169\,834$  kr.  
Effektkostnaden/år för KBA under tomgång: kr.  $15 \cdot 12 \cdot 72 = 12\,960$  kr.  
Elöverföringskostnaden/år under tomgång: kr.  $15 \cdot 3504 \cdot 0,47 = 24\,703$  kr.  
Totala årskostnaden för KBA:  $57024 + 169834 + 12960 + 24703 = 264\,521$  kr.  
Totala årsförbrukningen för KBA:  $(66 \cdot 5475) + (15 \cdot 3504) = 413\,910$  kWh.

Effektkostnaden/år för Heidel under drift:  $66 \cdot 12 \cdot 72 = 57\,024$  kr.  
Elöverföringskostnaden/år under drift:  $66 \cdot 5475 \cdot 0,47 = 169\,834$  kr.  
Effektkostnaden/år för Heidel under tomgång: kr.  $15 \cdot 12 \cdot 72 = 12\,960$  kr.  
Elöverföringskostnaden/år under tomgång: kr.  $15 \cdot 3504 \cdot 0,47 = 24\,703$  kr.  
Totala årskostnaden för Heidel:  $57024 + 169834 + 12960 + 24703 = 264\,521$  kr.  
Totala årsförbrukningen för Heidel:  $(66 \cdot 5475) + (15 \cdot 3504) = 413\,910$  kWh.

Kostnad kylaggregaten till KBA:  $((6,3 \cdot 12 \cdot 72) + (6,3 \cdot 5475 \cdot 0,47)) = 21\,654$  kr/år.  
Kostnad kylaggregaten till Heidel:  $((3,3 \cdot 12 \cdot 72) + (3,3 \cdot 5475 \cdot 0,47)) = 11\,342$  kr/år.

Effektkostnaden/år för inplastningmaskinen i högdelen:  $6 \cdot 12 \cdot 72 = 5184$  kr. Elöverföringen/år:  
 $6 \cdot 5475 \cdot 0,47 = 15\,440$  kr.  
Totala årskostnaden för inplastningsmaskinen:  $5184 + 15\,440 = 20\,623$  kr.  
Totala årsförbrukningen:  $6 \cdot 5475 = 32\,850$  kWh.

Totala kombinerande årskostnaden för samtliga maskiner i bindhallen:  $18905 + (264521 \cdot 2) + 21654 + 11342 + 20623 = 639\,376$  kr, exklusive moms.  
Totala kombinerade förbrukningskostnaden:  $30113 + (413910 \cdot 2) + 32850 = 1\,003\,568$  kWh.

## Övre plan

Effektkostnaden/år för samtliga maskiner på övre plan:  $18,7 \cdot 12 \cdot 72 = 16\,157$  kr.  
Elöverföringskostnaden/år:  $18,7 \cdot 5475 \cdot 0,47 = 48\,119$  kr.  
Totala årskostnaden för maskinerna på övre plan:  $16157 + 48119 = 64\,276$  kr, exklusive moms.  
Totala årsförbrukningen:  $18,7 \cdot 5475 = 102\,383$  kWh.

## Summering av alla maskiner

Totala årskostnaden för samtliga maskiner på Exakta:  $145\,497 + 65\,308 + 639\,376 + = 914\,457$  kr, exklusive moms.  
Totala årsförbrukningen:  $230\,128 + 104\,025 + 1\,003\,568 + 102\,383 = 1\,440\,104$  kWh.

## Ventilation

Effektkostnaden/år:  $18 \cdot 12 \cdot 72 = 15\,552$  kr.  
Elöverföringskostnaden/år:  $18 \cdot 8760 \cdot 0,47 = 74\,110$  kr.  
Totala årskostnaden för ventilationen:  $15552 + 74110 = 89\,661$  kr, exklusive moms.  
Totala årsförbrukningen:  $18 \cdot 8760 = 157\,680$  kWh.

## Förslag varvtalsreglering

Årsbesparing:  $89662/2 = 44\,831$  kr.  
Förbrukningsbesparing/år:  $157680/2 = 78\,840$  kWh.  
Investeringskostnad:?.  
Återbetalningstid:?.  
Besparing femårsperiod:  $44831 \cdot 5 = 224\,155$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $78840 \cdot 5 = 394\,200$  kWh.

### **Komprimatorer**

Effektkostnaden/år:  $22 \cdot 12 \cdot 72 = 19\,008$  kr.

Elöverföringskostnaden/år:  $22 \cdot 8760 \cdot 0,47 = 90\,578$  kr.

Totala årskostnaden för fläkt:  $19008 + 90578 = 109\,586$  kr, exklusive moms.

Totala årsförbrukningen/fläkt:  $22 \cdot 8760 = 192\,720$  kWh.

### **Förslag varvtalsreglering**

Årsbesparing:  $109\,586/2 = 54\,793$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $96360/2 = 48\,189$  kWh.

Investeringskostnad: ?

Återbetalningstid: ?

Besparing femårsperiod:  $54793 \cdot 5 = 273966$  kr.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $48189 \cdot 5 = 481\,800$  kWh.

### **Kompressor**

Effektkostnaden/år:  $28 \cdot 12 \cdot 72 = 24\,192$  kr.

Elöverföringskostnaden/år:  $28 \cdot 8760 \cdot 0,47 = 115\,282$  kr, exklusive moms.

Totala årskostnaden för kompressorn:  $24192 + 115\,282 = 139\,474$  kr, exklusive moms.

Totala årsförbrukningen:  $28 \cdot 8760 = 245\,280$  kWh.

### **Förslag läckagesökning**

Årsbesparing:  $139474 \cdot 0,2 = 27\,895$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $245280 \cdot 0,2 = 49\,056$  kWh.

Investeringskostnad: -

Återbetalningstid: -

Besparing femårsperiod:  $27895 \cdot 5 = 139\,475$  kr, exklusive moms.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $49056 \cdot 5 = 245\,280$  kWh.

### **Förslag varvtalsreglering**

Årsbesparing:  $139474/2 = 69\,738$  kr.

Förbrukningsbesparing/år:  $245280/2 = 122\,640$  kWh.

Investeringskostnad:

Återbetalningstid:

Besparing femårsperiod:  $69738 \cdot 5 = 348\,690$  kr exklusive moms.

Förbrukningsminskning femårsperiod:  $122640 \cdot 5 = 613\,200$  kWh.