

Energimanual

Manual för energieffektivisering
för små och medelstora
industriföretag

Magnus Klingspor
B1867
Juli 2007

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitle
Telefonnr 08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet Energimyndigheten
Rapportförfattare Magnus Klingspor	
Rapporttitel och undertitel Energimanual. Manual för energieffektivisering för små och medelstora industriföretag	
Sammanfattning Energimanualen är uppbyggd i tre steg. Steg 1. Enkla åtgärder; energieffektiviseringarna på denna nivå medför inga eller mycket låga kostnader och genomförs i stort sett enbart genom ändrade rutiner. Steg 2. Genomgång av anläggning och utrustning; på denna nivå identifieras energibovarna. Vilka komponenter drar onödigt mycket energi? Hur kan man minska energianvändningen? Åtgärderna på denna nivå betalar sig oftast på mindre än två år. Steg 3. Analys av värmeflöden; på den här nivån undersöks möjligheterna till alternativa energibärare samt analyseras energiinnehållet i varma luft- eller vattenflöden för eventuell energiåtervinning. Dessa åtgärder medför normalt större investeringar som betalar sig på något längre tid.	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Energimanual, energieffektivisering, energibesparing, minskade energikostnader, SMF, verkstadsindustri, ytbehandlingsindustri. Manual for energy saving, energy efficiency, energy saving, reduced energy costs, SME, engineering industry, surface treatment industry.	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1867	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Förord

Denna energimanual har utvecklats av IVL Svenska Miljöinstitutet AB med stöd av Statens Energimyndighet. Den är avsedd som ett hjälpmedel för små och medelstora företag att på ett effektivt sätt arbeta med energifrågor. Utvecklingsarbetet har skett i samarbete med framför allt verkstads- och ytbehandlingsindustri, men manualen kan utan större problem tillämpas även av annan typ av industri.

Energibesparing inom industrin är viktigt ur ett globalt, nationellt och företagsekonomiskt perspektiv.

- Globalt medför lägre energianvändning mindre problem med växthuseffekten.
- Nationellt betyder lägre energianvändning att Sveriges möjligheter att uppfylla Kyoto-protokollet ökar samtidigt som beroendet av import av fossila bränslen minskar.
- Företagsekonomiskt medför lägre energianvändning besparingar för företagen.

Inom icke-energiintensiv industri (t.ex. verkstadsindustri) finns en stor potential för energibesparing, dels på grund av att det inte har vidtagits så många åtgärder inom denna typ av industri och dels på grund av det stora antalet företag. Inom energiintensiv industri (t.ex. järn- och stålindustri samt pappersindustri) har man redan länge arbetat med dessa frågor.

Anledningarna till att små och medelstora företag inte har lagt ner så mycket arbete på energifrågor kan vara många:

- Historiskt sett billig elenergi.
- Tidsbrist och oklar ansvarsfördelning.
- Prioritering av produktionsutrustning vid investeringar trots möjlighet till lönsamma åtgärder för energibesparing.
- Kunskapsbrist.

En undersökning utförd vid Linköpings Universitet visar att energibesparingar inom industrin på 20 – 40 % är realistiska och i några fall upp till 70 %.

Manualen innehåller inga nyheter. Tekniken för energieffektivisering finns redan, men det som har saknats är ett enkelt och lättanvänt verktyg för energiarbetet. Vår förhoppning är att denna manual skall vara ett sådant verktyg.

Magnus Klingspor
IVL Svenska Miljöinstitutet
08-598 563 53

Innehållsförteckning

Tre steg mot lägre energikostnader	3
Hur genomförs arbetet med energieffektivisering?.....	4
Steg 1. Enkla åtgärder	5
Nattvandring.....	6
Manuell effektstyrning.....	7
Checklista Steg 1.	9
Steg 2. Genomgång av anläggning och utrustning	11
Energikartläggning	11
Belysning	12
Motorer.....	12
Pumpar	13
Fläktar	14
Tryckluft	15
Installerad effekt.....	16
Beräkning av LCC (Life Cycle Cost).....	17
Hur mäter man energiförbrukningen?.....	18
Checklista Steg 2.	19
Steg 3. Analys av värmeflöden	21
Ventilation.....	21
Värme/isolering	21
Värme/alternativa källor.....	22
Värme/återvinning	22
Kyla	22
Checklista Steg 3.	23
Referenser	24
Slutord	25

Tre steg mot lägre energikostnader

Energimanualen är uppbyggd i tre steg.

Steg 1. Enkla åtgärder

Energibesparingarna på denna nivå medför inga eller mycket låga kostnader och genomförs i stort sett enbart genom ändrade rutiner.

Steg 2. Genomgång av anläggning och utrustning

På denna nivå identifieras energibovarna. Vilka komponenter drar onödigt mycket energi? Hur kan man minska energianvändningen? Åtgärderna på denna nivå betalar sig oftast på mindre än två år.

Steg 3. Analys av värmeflöden

På den här nivån undersöks möjligheterna till alternativa energibärare samt analyseras energiinnehållet i varma luft- eller vattenflöden för eventuell energiåtervinning. Dessa åtgärder medför normalt större investeringar som betalar sig på något längre tid.

*

Hur genomförs arbetet med energieffektivisering?

Denna manual riktar sig till den som är ansvarig för energifrågor på företaget. Finns ingen sådan är det viktigt att någon utses. Denna person skall ha ett tydligt ansvar och klara befogenheter för att kunna genomföra arbetet.

Den energiansvarige måste känna till företagets energianvändning och bör även ha god kännedom om företagets fastigheter och produktion. För vissa delar av Steg 2 och Steg 3 kan man behöva ta hjälp av en behörig elektriker, t.ex. den elinstallatör man brukar anlita, sin elleverantör och eventuellt en energikonsult. På Energimyndighetens hemsida finns råd och tips för företag, samt adresser till kommunala energirådgivare.¹

Energiarbetet bör ske systematiskt, på samma sätt som kvalitetsarbetet eller miljöarbetet på ett företag och kan med fördel införas i ett befintligt ledningssystem. Det bör ske stegvis där åtgärder och resultat dokumenteras och analyseras. Börja med att undersöka någon eller några enstaka enkla åtgärder och analysera resultatet. Är resultatet lyckat, införs ändrade rutiner eller beslutas åtgärderna inom organisationen, innan man går vidare.

Det är mycket viktigt att ändrade rutiner och införda åtgärder är väl förankrade inom företaget med klara ansvarsförhållanden. Detta kan ske med t.ex. information eller kortare utbildning. Alla, maskinoperatörer och städpersonal, arbetsledare och produktionschefer samt företagsledning måste förstå och acceptera förändringen. Fattas något led kommer satsningarna att misslyckas.

Är det svårt att motivera personalen till förändringar kan man göra dem delaktiga i arbetet, t.ex. genom förslagslådor för besparingstips där använda idéer premieras eller genom att man delar ut en del av gjorda besparingar som en bonus till de anställda.

Börja alltid med Steg 1. Har man gått igenom detta steg noggrant och förankrat dess åtgärder och rutiner hos personalen har företaget infört ett ”energitänkande”, som kommer att underlätta det fortsatta energiarbetet.

¹ Energimyndighetens hemsida: www.stem.se.

Steg 1. Enkla åtgärder

Det enklaste och billigaste sättet att spara energi är att stänga av den utrustning som inte används.

Detta kan tyckas vara en självklarhet, men på många företag kan man åstadkomma en betydande energibesparing enbart genom ändrade rutiner.

För många tillverkande företag kan hjälputrustning i form av belysning, ventilation, pumpar, fläktar, kompressorer och värmeutrustning av olika slag uppgå till 75 % av totala elförbrukningen medan direkt produktionsutrustning bara utgör 25 %.

Om delar av hjälputrustningen går eller står på ”stand-by” när den skulle kunna vara avstängd medför det stor och onödig energiförbrukning.

För att identifiera onödig energianvändning kan man göra en ”nattvandring”, d.v.s. gå runt på anläggningen under icke-produktionstid och se och lyssna.

”Stand-by-bovar” finns även i kontorslokaler. Under ”nattvandringen” kan man även undersöka hur många arbetsplatsbelysningar, datorer, bildskärmar, kopieringsapparater, etc. som inte är släckta eller helt avstängda under icke-kontorstid.

Den energiansvarige ansvarar för att nya rutiner införs och förankras samt att förändringarna följs upp och utvärderas.

Nattvandring

Gör en ”nattvandring” för att undersöka hur mycket energi som förbrukas i onödan. En sådan vandring kan göras dels under stillestånd i produktionen, t.ex. vid raster eller produktionsstopp av andra anledningar, dels när ingen produktion pågår och inga personer befinner sig i lokalerna.

Belysning

Generellt sett all belysning som inte är nödvändig för arbetet kan släckas, med undantag av sådan belysning som används för arbetsskydd och inbrottskydd eller för reklamskyltar, etc.

Under Steg 1 begränsas åtgärderna till ändrade rutiner och eventuellt inköp och installation av rörelsevakter eller tidsreläer för styrning av belysningen i utrymmen där arbete inte utförs kontinuerligt. Under Steg 2 beskrivs åtgärder som kan ge större besparingar, men med större investeringar, som t.ex. byte av armaturer.

Kontrollera följande:

Vid stillestånd i produktionen:

- Är specifik arbetsplatsbelysning släckt?
- Är belysningen släckt i lokaler där inga personer befinner sig?

Under icke produktionstid:

- Är all belysning som inte måste vara tänd av säkerhetskäl, eller andra anledningar, släckt?

Tomgång/stand by

Utrustning som går på tomgång eller står på ”stand by” vid olika typer av produktionsstopp och raster, eller under icke-produktionstid, kan stå för en betydande energiförbrukning. Det är viktigt att komma ihåg att även stand by-lägen drar energi.

Kontrollera följande:

Vid stillestånd i produktionen, vilken motordriven utrustning går eller står på stand by, när den skulle kunna vara helt avstängd, t.ex.:

- Produktionsutrustning som inte har lång eller komplicerad uppstartsprocess
- Pumpar
- Fläktar
- Kompressorer (t.ex. tryckluft eller kyla).

Under icke produktionstid:

- Undersök anledningen till att utrustning över huvud taget är påslagen.

Ventilation

Ventilationen är normalt en av de största energibovarna på ett företag.

Kontrollera följande:

Vid stillestånd i produktionen:

- Är specifik processventilation avstängd?

Under icke produktionstid:

- När lokalerna står tomma kan en fläktdriven allmänventilation vara kraftigt reducerad eller eventuellt avslagen, beroende på processer och lokalutformning.

En mer utförlig analys av ventilationen beskrivs under Steg 3.

Lokaluppvärmning

Sänk inomhustemperaturen under nätter och helger om lokalerna står tomma.

Dörrar, fönster, öppningar

Av säkerhetsskäl är det självklart att fönster och dörrar är stängda och låsta när lokalerna står tomma. Under kalla årstider är det lika viktigt ur energisynpunkt.

Tätningsslister är ett mycket effektivt, enkelt och billigt sätt att minska drag och värmeförluster vid fönster och dörrar, kontrollera dessa. Kontrollera även andra typer av öppningar. Är t.ex. genomföringar för rör eller kablar täta? Undersök anledningen om ventiler eller andra öppningar ej är tillslutna och åtgärda dessa.

Ugnar och varma bad

Uppvärmning drar mycket energi, både för lokaler och värmekrävande processer, t.ex. ugnar för torkning och härdning eller bad för rengöring och ytbehandling.

En enkel åtgärd för att spara energi för ugnar och varma bad, kan vara att sänka temperaturen under icke produktionstid. Det är dock inte självklart att det innebär en besparing om det medför stora effektoppar när de skall tas i drift (se Manuell effektstyrning, nedan).

Kontrollera att isoleringen av ugnar och behållare för varma bad är effektiv. Tillslut ugnar och behållare för varma bad med luckor eller liknande.

Kontorsutrustning

Under icke-kontorstid är det mycket vanligt att arbetsplatsbelysningar, datorer, bildskärmar, kopieringsapparater, etc. är påslagna eller står på stand-by när de skulle kunna vara helt avstängda.

Manuell effektstyrning

Kostnaden för elenergi baseras, förutom på förbrukat antal kWh, även på det maximala effekttuttaget, d.v.s. huvudsäkringarnas storlek.

Kan man ”kapa” effekttopparna och jämma ut effektförbrukningen över dygnet så kan man spara pengar genom att minska det maximala uttaget. Detta medför att man bör undvika att köra flera

energislukande processer samtidigt. Om man på måndagsmorgonen behöver värma upp lokaler, ugnar och bad samtidigt, medför det en dyrbar effekttopp.

Effekttoppar kan jämnas ut manuellt, genom att man inför rutiner för i vilken ordning man startar t.ex. uppvärmningsprocesserna.

Det finns även automatiska effektvakter eller datoriserade system för laststyrning som beskrivs under Steg 2.

Checklista Steg 1.

- ”Nattvandring”
 - Belysning (släck, inför rörelsevakter eller tidsrelä)
 - Tomgång / stand by (stäng av)
 - Produktionsutrustning
 - Pumpar
 - Fläktar
 - Kompressorer
 - Lokaluppvärmning (sänk temperaturen på nätter och helger)
 - Dörrar, fönster, öppningar (stäng och täta)
 - Ugnar och varma bad (kontrollera isolering, stäng luckor)
 - Kontorsutrustning (stäng av)
- Enkel effektstyrning (jämna ut topparna manuellt)

Steg 2. Genomgång av anläggning och utrustning

På denna nivå undersöks hur energin används på företaget, t.ex. identifieras de komponenter som drar onödigt mycket energi, samt föreslås åtgärder för att minska energianvändningen. Åtgärderna på denna nivå betalar sig oftast på mindre än två år.

Vid det energieffektiviseringsarbete som har utförts på företag i Sverige, har det framkommit att de områden där man normalt kan spara mest energi är *belysning, ventilation och tryckluft*. Av dessa behandlas belysning och tryckluft under Steg 2 och ventilation under Steg 3.

Vidare beskrivs hur livscykelkostnaden (LCC - Life Cycle Cost) beräknas vid byte eller nyanskaffning av komponenter (motorer, pumpar, fläktar, etc.) och hur man mäter energiförbrukningen.

Energikartläggning

Utgångspunkten för arbetet under Steg 2 är en enkel energikartläggning av anläggningen. De viktigaste uppgifterna att ta fram för en kartläggning är:

- Total energiförbrukning
- Fördelning på olika energislag (t.ex. el, olja, gasol, biobränsle)
- Fördelning på förbrukande enheter (t.ex. belysning, ventilation, processer, uppvärmning)
- Identifiering av utrustning med betydande energiförbrukning (t.ex. enskilda pumpar, fläktar, kompressorer, värmeutrustningar)

Genomför en enkel energikartläggning, se avsnittet Hur mäter man energiförbrukningen, sid 22.

När man har denna information om sitt företag är det lättare att identifiera förbättringsmöjligheterna. Vill man utföra en grundligare kartläggning, ger Energimyndighetens Handbok för kartläggning och analys av energianvändning, konkreta råd om hur en den kan genomföras. Handboken kan laddas ner från Energimyndighetens hemsida (www.stem.se).²

Flera länsstyrelser har även börjat förelägga företag att upprätta energiplaner innehållande en enkel energikartläggning samt förslag till förbättringar.³

² Handbok för kartläggning och analys av energianvändning (www.stem.se)

³ Projekt energiplaner, Rapport 2005:9, Länsstyrelsen Gävleborg

Belysning

Belysning skall vara funktionell, d.v.s. rätt mängd ljus på rätt plats för att underlätta utförandet av aktuell arbetsuppgift.

Bra belysning betyder inte automatiskt mycket ljus. För mycket ljus kan ge reflexer, orsaka bländning och försämra kontrasten på synobjekten, samt innebär onödig energiförbrukning.

Dålig belysning kan medföra huvudvärk, ögonproblem och snedbelastning, samt risk för felhandlingar, avläsningsfel och olycksfall.

God belysningskvalitet och belysningseffektivitet uppnås genom följande åtgärder:

- Gör en belysningsplanering
- Välj ett effektivt belysningssystem
- Utnyttja belysningen effektivt (drifttiden)
- Underhåll regelbundet

Belysning är ett av de områden där ett företag oftast kan spara energi på ett lätt sätt, genom t.ex. byte av armaturer och ljuskällor, planering av ljusanvändningen samt rutiner eller utrustning som släcker lampor som inte behöver vara tända.

Underhållet är viktigt sedan belysningsanläggningen har varit i drift en tid, för att undvika ljusförluster. Det innebär bl.a. regelbunden rengöring av ljuskällor och reflektorer samt byte av trasiga ljuskällor.

Exempel på bättre energiutnyttjande ges av nedanstående tabell över olika ljuskällors egenskaper. Läs mer om belysning på Energimyndighetens hemsida.⁴

Typ	Effekt, W	Ljusflöde, lumen	Ljusutbyte, lumen/W	Livslängd, h
Glödlampa	60	730	12,1	1000
Glödlampa	100	1380	13,8	1000
Lågvoltalogen	20	350	17,5	2000
Lågenergilampa	11	600	54,5	8000
Lysrör	36	3450	95,8	12000
Kvicksilverlampa	80	4000	50,0	15000

Motorer

Elmotorer står för mellan 60 och 70 % av industrins elanvändning.

Kostnad för inköp och underhåll av en motor uppgår till 10-15 % av totala kostnaden. Energikostnaden för motordriften uppgår till 85-90 % av totala kostnaden under motorns livslängd.

⁴ Programkrav, Belysning i verkstadsindustrin, Nutek, 1994 (www.stem.se)

Högeffektiva elmotorer enligt EU klassificerings- och märkningssystem har upp till 10 % lägre energiförbrukning än en lågeffektiv elmotor. Även om inköpspriset är 10-30 % högre än för en lågeffektiv motor lönar det sig att köpa en högeffektiv elmotor genom lägre energikostnad. Ofta betalar sig merkostnaden för en högeffektiv motor på mindre än ett år. (se Beräkning av LCC sid. 20)

Bättre material och större materialmängd leder även till lägre temperatur i lindningar och lager, vilket normalt ger en högeffektiv motor längre livslängd och minskat servicebehov.

Energimyndigheten ger regelbundet ut förteckningar över tillverkare, leverantörer och typer av godkända högeffektiva motorer.⁵

Pumpar

Svensk industri använder totalt ca. 10 TWh (2006) el varje år för pumpdrift. Detta motsvarar 7 % av hela Sveriges energibehov.

Det är vid inköpstillfället för ny utrustning man har möjlighet att påverka den framtida elanvändningen. Vill man uppnå effektivt energiutnyttjande och låga kostnader är det viktigt att man kritiskt granskar sina behov innan man beslutar. (Se även kapitlet Beräkning av LCC sid. 20).

För rätt val och dimensionering av pumpen bör man utgå från en systemsyn och ställa sig följande frågor.

Skall man ersätta en uttjänt pump:

- Behövs pumpen?
- Hur stort är det verkliga behovet?
- Driftserfarenheter från förra pumpen?
- Förändringar i rörsystemet sedan tidigare beräkningar?
- Hur skall pumpflödet regleras?

Gäller det nyprojektering:

- Vilka data gäller för pumpmediet?
- Hur stort är det verkliga behovet?
- Hur varierar behovet?
- Vilka komponenter ingår i systemet?
- Rördimensioner och rörmaterial?
- Hur stor blir strömningshastigheten?
- Kan strömning förlusterna reduceras?
- Hur skall pumpflödet regleras?

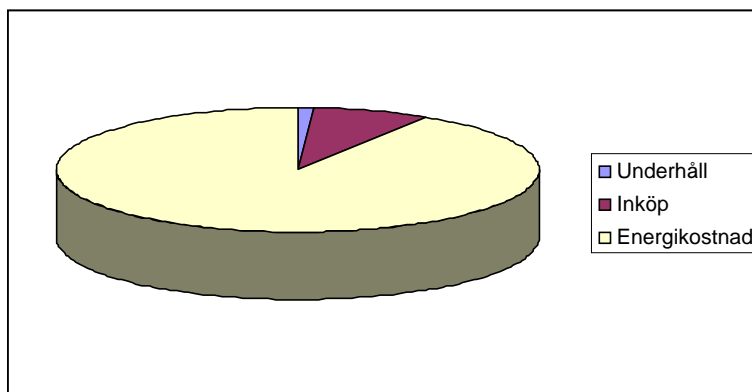
Framför allt valet av hur pumpflödet skall regleras är viktig för driftsekonomin. Pumpflödet kan bl.a. regleras med start- och stoppknapp eller genom kontinuerlig reglering genom strypreglering eller varvtalsreglering.

Strypreglering medför en billigare installationskostnad än varvtalsreglering, men medför stora energiförluster. Strypreglering av pumpflöde kan liknas vid att köra en bil med full gas och sedan reglera hastigheten med bromsen.

⁵ Högeffektiva elmotorer, Mars 2006 (www.stem.se).

I Energimyndighetens skrift Krav på pumpar finns bl.a. exempel på LCC-beräkningar för strypreglering resp. varvtalsreglering av pumpflöde, som visar att en begränsad merinvestering i utrustning för varvtalsreglering kan reducera driftskostnaderna avsevärt.⁶

Nedanstående diagram över driftskostnader under en tioårsperiod jämfört med inköpskostnaden för en pump, är ett typiskt exempel på fördelningen av kostnader för motordrivna system, som pumpar, fläktar och kompressorer. Energikostnaden är viktigast och den klart dominerande andelen av de totala kostnaderna.



Pump 130 kW

Underhåll	1 %
Inköp	8 %
Energi	91 %

Fläktar

Svensk industri använder totalt ca. 7 TWh (2006) el varje år för att driva fläktmotorer. Det är framför allt inom järn- och stålindustri samt massa- och pappersindustri, men även verkstadsindustri använder ca. 1 TWh per år för fläktdrift.

Liksom för pumpar är energikostnaderna viktigast vid val av fläktar och liksom för pumpar är det vid köptillfället man har möjlighet att påverka den framtida elanvändningen (Se även Beräkning av LCC sid. 20).

För rätt val och dimensionering av fläkten bör man utgå från en systemsyn och ställa sig följande frågor.

Skall man ersätta en uttjänt fläkt:

- Behövs fläkten fortfarande?
- Kan ventilationsbehovet minskas?
- Reparera eller köpa nytt?
- Har förändringar skett i systemet?
- Hur stort är det verkliga behovet?
- Hur stort är det maximala fläktbehovet?
- Kan den befintliga drivmotorn användas?

⁶ Krav på pumpar, Energimyndigheten, 2006, (www.stem.se).

- Direktdrift eller remdrift? Förluster?
- Vilken metod har använts för flödesreglering?
 - Varvtalsreglering
 - Spjällreglering
 - Ledskenerreglering
 - Axialfläktar med skovelvinkelreglering

Gäller det nyprojektering:

- Hur stort är det verkliga behovet?
- Hur varierar behovet?
- Vilka komponenter ingår i systemet?
- Hur skall eventuellt kanalsystem dimensioneras och utföras för att minimera strömningsförluster?
- Hur stor blir strömningshastigheten?

Liksom vid flödesreglering för pumpar, ger varvtalsreglering för flödesreglering av fläktar en begränsad merinvestering som reducerar driftskostnaderna betydligt.

Mer information om fläktar finns på Energimyndighetens hemsida.⁷

Tryckluft

Tryckluftdrivna verktyg är ofta lätta och smidiga att använda, men tryckluftssystem har ofta stora energiförluster p.g.a. läckage. Det är inte ovanligt att verkningsgraden för tryckluftssystem bara ligger på 5 %.

Tryckluftproduktion är ett av de områden där ett företag vanligen lättast kan spara energi genom att helt enkelt införa andra system. Man måste ställa sig frågan om tryckluft är den bästa lösningen för avsett ändamål.

- Enstaka handhållna tryckluftverktyg kan ofta ersättas med elektriska verktyg.
- För kylning kan fläktar användas.

Om tryckluft är nödvändig för produktionen bör man bl.a. beakta följande:

- Är systemet rätt dimensionerat?
- Är läckaget acceptabelt?
- Används tryckluft kontinuerligt eller kan man stänga av kompressorn ibland?
- Kan man sänka trycket?
- Finns rutiner för underhåll och läckagekontroll?
- Kan man återvinna värme från kylvatten eller kylluft?

Läs mer om tryckluft på Energimyndighetens hemsida.⁸

⁷ Krav på fläktar, Energimyndigheten, 2006 (www.stem.se).

⁸ Krav på tryckluftssystem, Energimyndigheten, 2006 (www.stem.se).

Installerad effekt

Laststyrning

Normalt betalar företaget en avgift till elleverantören för det maximala effektuttaget (huvudsäkringarnas storlek). Detta betyder att effekttoppar kan vara extra dyra, speciellt på vintern när förbrukningen generellt är hög.

Genom att fördela effektuttaget över dygnet och ”kapa topparna” kan man ev. sänka det maximala effektuttaget och därigenom även elräkningen.

Styrning av effektuttag kan ske manuellt (se Steg 1) eller genom olika typer av reglerutrustning.

Stora energiförbrukare kan vara t.ex. uppvärmning av lokaler, varma bad och ugnar eller speciellt energislukande maskiner. Om man kan undvika att alla dessa startas samtidigt på morgonen, kan man spara pengar.

Reglerutrustning för styrning av effektuttag kan utgöras av automatisk bortkoppling av på förhand vald utrustning vid överlast, eller av datoriserad laststyrning som kopplar in olika komponenter efter ett visst schema. Denna typ av utrustning bör installeras i samråd med en konsult.

Om man har möjlighet kan viss energikrävande verksamhet, t.ex. värmebehandling, utföras på natten till en lägre taxa.

Undersök möjligheten att sänka din installerade effekt genom styrning av effektuttaget över dygnet

Informationen är hämtad från El till varje pris?⁹

Faskompensering

Reaktiv effekt skapar de magnetfält som t.ex. får en elektrisk motor att fungera. Den reaktiva effekten belastar normalt elnätet och om företaget har många motorer eller annan utrustning som förbrukar reaktiv effekt (t.ex. transformatorer, induktionsugnar och lysrör) så märks det på elräkningen.

Man kan kompensera den reaktiva effekten med hjälp av kondensatorer (faskompensering). Det medför att den ström som en motor belastar elnätet med kan reduceras. Kondensatorn producerar den reaktiva effekt som behövs för att magnetisera en motor eller en transformator och som annars måste tas från elnätet.

Genom faskompensering av reaktiv effekt kan företaget dels sänka elräkningen och dels frigöra kapacitet i ledningsnätet. Faskompensering med kondensatorer bör installeras i samråd med en konsult.

Kontrollera på din elräkning eller med din elleverantör om du betalar extra för reaktiv effekt

Källor, El till varje pris?⁸ och ABB:s hemsida.¹⁰

⁹ El till varje pris? Utvecklingsfonden, Jönköping, 1992

Beräkning av LCC (Life Cycle Cost)

Genom att göra den ekonomiska värderingen för en ny komponent med en beräknad livscykelkostnad (LCC) kan de totala kostnaderna för komponentens bedömda livslängd användas för val av komponent och leverantör.

De tre viktigaste faktorerna att ta hänsyn till är:

- Investeringskostnader
- Energikostnader under komponentens livslängd
- Underhållskostnader under komponentens livslängd.

Energi- och underhållskostnader kommer att variera under årens lopp, men för enkelhets skull antas att de är lika stora varje år. För att kunna jämföra löpande kostnader under komponentens livslängd med investeringskostnaderna som uppstår första året används en s.k. *nusummefaktor* (I).

Formeln för att beräkna LCC är:

$$LCC = \text{Investering} + (\text{årlig energikostnad} + \text{årlig underhållskostnad}) \times I$$

Nusummefaktorn I bestäms av komponentens ekonomiska livslängd n (år) och av räntenivån r (%), enligt följande:

$$I = [1 - (1 + 0,01 \times r)^{-n}] / (0,01 \times r)$$

Nusummefaktorn (I) kan även hämtas ur nedanstående tabell

År\ränta	4%	6%	8%	10%	12%	15%	20%
2	1,89	1,83	1,78	1,74	1,69	1,63	1,53
3	2,78	2,67	2,58	2,49	2,40	2,28	2,11
4	3,63	3,47	3,31	3,17	3,04	2,85	2,59
5	4,45	4,21	3,99	3,79	3,60	3,35	2,99
6	5,24	4,92	4,62	4,36	4,11	3,78	3,33
7	6,00	5,58	5,21	4,87	4,56	4,16	3,60
8	6,73	6,21	5,75	5,33	4,97	4,49	3,84
9	7,44	6,80	6,25	5,76	5,33	4,77	4,03
10	8,11	7,36	6,71	6,14	5,65	5,02	4,19
12	9,39	8,38	7,54	6,81	6,19	5,42	4,44
15	11,12	9,71	8,56	7,61	6,81	5,85	4,68
20	13,59	11,47	9,82	8,51	7,47	6,26	4,87

¹⁰ ABB:s hemsida (www.abb.se).

Hur mäter man energiförbrukningen?

För att kunna utföra en energikartläggning av en anläggning måste man kunna mäta energiförbrukningen. Detta kan göras på olika sätt:

För belysning kan man t.ex. ta den angivna effekten för varje ljuskälla och multiplicera med antalet ljuskällor av samma typ. Effekten i kW multiplicerad med drifttiden i timmar (h) ger energiförbrukningen i kWh.

För enskilda komponenter kan man använda en strömtång eller ett instrument som mäter effekten, dvs. både ström, spänning och reaktiv effekt (t.ex. Fluke 41). Denna mätning kan göras momentant, eller om man har variationer i systemet, kontinuerligt. Vid kontinuerlig mätning kopplar man mätinstrumentet till en datalogger. Denna utrustning kan man låna av en energikonsult eller eventuellt av elleverantören eller den kommunala energirådgivaren.

Elleverantören kan även tillhandahålla diagram över debiterade effekten per timme för önskad tidsperiod, som underlag för kartläggningen.

Dessutom kan man använda sin elmätare för kartläggning av hur elenergin används för olika förbrukande enheter t.ex. belysning, ventilation, processer, uppvärmning, etc.

Elmätaren används på följande sätt:

Varje mätare har en mätarkonstant, t.ex. 960 r/kWh. Detta betyder att 960 varv av skivan motsvarar 1 kWh. För stora energiförbrukare mäter elmätaren bara en delström, varför mätare i industrin normalt även har en avläsningskonstant, t.ex. 80. Detta betyder att energiförbrukningen är 80 gånger större än vad som avläses på elmätaren.

För detta fall med mätarkonstanten 960 r/kWh och avläsningskonstanten 80 motsvarar ett varv av skivan: $1/960 \times 80 = 0,0833$ kWh. Effekten (P) blir vid en avläsning i detta fall (antal kWh):

$$P = n \times 3600 / t \times 80 / 960, \text{ där } n = \text{antal varv och } t = \text{mätperiodens längd i sek}$$

Avläsningar kan sedan utföras vid olika förhållanden:

- Normal produktion
- Enbart hjälputrustning (belysning, pumpar, fläktar, kompressorer, värme, ventilation)
- När grupp efter grupp stängs av för att beräkna den specifika energiförbrukningen för en grupp eller komponent.
- Under icke produktionstid (tomma lokaler).

Checklista Steg 2.

- Energikartläggning (genomför)
- Belysning (planera, byt ut, släck när det går, underhåll)
- Motorer (välj högeffektiva)
- Pumpar (dimensionera rätt, varvtalsreglera)
- Fläktar (dimensionera rätt, varvtalsreglera)
- Tryckluft (byt ut, underhåll)
- Installerad effekt
 - Effektstyrning (jämna ut effektuttaget över dygnet)
 - Faskompensering (vid behov kompensera för reaktiv effekt)
- LCC (beräkna livscykelkostnaden)
- Energiförbrukning (mät olika processers och komponenters energiförbrukning)

Steg 3. Analys av värmeflöden

På den här nivån analyseras företagets ventilation och uppvärmning, möjligheterna till alternativa energikällor samt energiinnehållet i varma luft- eller vattenflöden för eventuell energiåtervinning. Nedanstående frågeställningar är avsedda att visa olika möjligheter för fortsatt energiarbete.

Dessa åtgärder medför normalt större investeringar som betalar sig på mer än två år. Många av dessa mätningar, analyser och åtgärder kräver att man anlitar en energikonsult.

Ventilation

Allmänventilation

- Är ventilationen rätt dimensionerad eller kan den effektiviseras?
- Är ventilationen avstängd på kvällar, nätter och helger om ingen vistas i lokalen? (Tidsstyrning)
- Är det lönsamt att återvinna värmen i utgående ventilationsluft med en värmeväxlare eller värmepump?

Processventilation

- Stängs ventilationen av när inte processen används?
- Är ventilationen rätt dimensionerad?
- Kan processen kapslas in?
- Kan ventilationen kompletteras med värmeåtervinning? Samordning med eventuell rening av t.ex. stoft, lösningsmedel, oljedimma eller syraångor.

Värme/isolering

Fastighet

- Sätts värmen ner på nätter och helger om ingen vistas i lokalen?
- Är byggnaden tillräckligt isolerad? Lönar sig en tilläggsisolering?
- Är fönster, dörrar och genomföringar m.m. effektivt tätade?
- Är det lönsamt att byta till isolerglas i fönster?
- Är portar för truckar etc. utrustade med automatisk stängning?

Processer

- Är isoleringen av ugnar och behållare för varma bad effektiv?
- Är ugnar och behållare för varma bad försedda med luckor eller liknande?

Är man osäker på var man har ”värmespill” i byggnader, processer, ugnar, etc. kan man använda en värmekamera.

Värme/alternativa källor

Om man värmer lokaler eller processer med elektricitet eller olja kan det vara ekonomiskt intressant att undersöka alternativa energikällor, t.ex:

- Fjärrvärme
- Biobränsle
- Bergvärme, ytjordvärme, sjövärme kopplat till värmepump
- Undersök om närliggande industrier har någon form av värmeöverskott.

Värme/återvinning

Har man varma processer kan det vara lönsamt att återvinna värmen för uppvärmning av t.ex. lokaler och varmvatten. Har man stora mängder överskottsvärme kan det vara intressant att sälja värme till kommunen eller industrigrannar. Undersök värmeinnehållet i:

Utgående luftströmmar

- Ugnar
- Processventilation (svetsrök, varma bad, etc.)

Utgående vattenflöden

- Avloppsvatten
- Kylvatten

Kyla

Vid behov av kyla bör man om möjligt undvika kompressordriven kyla. Alternativ kan vara frikyla (luft eller vatten) eller fjärrvärmedriven absorptionskyla.

Har man samtidig värmning och kylning finns ofta lönsamma synergieffekter för olika åtgärder.

Checklista Steg 3.

- Ventilation
 - Allmänventilation (dimensionera rätt, inför tidsstyrning och värmeåtervinning)
 - Processventilation (dimensionera rätt, stäng av när det går, inför värmeåtervinning)
- Värme / isolering
 - Fastighet (sätt ner värmen på nätter och helger, se över isolering, fönster och portar)
 - Processer (se över isolering och luckor)
- Värme / alternativa källor (välj billigare energikällor än el)
- Värme / återvinning
 - Utgående luftströmmar (inför värmeåtervinning)
 - Utgående vattenflöden (inför värmeåtervinning)
- Kyla (byt ut kompressordriven kyla, se över samtidig värmning och kylning)

Referenser

- Systemförändringar av industriell energianvändning i Oskarshamn,
Louise Trygg, Linköpings Universitet, 2002
- Handbok för kartläggning och analys av energianvändning, Statens Energimyndighet, 2004,
(www.stem.se)
- Projekt energiplaner, Rapport 2005:9, Länsstyrelsen Gävleborg
- Programkrav, Belysning i verkstadsindustrin, Nutek, 1994 (www.stem.se)
- Samtal med Peter Karlsson, Linköpings Universitet, 2006
- Högeffektiva elmotorer, Energimyndigheten, 2006 (www.stem.se)
- Krav på pumpar, Energimyndigheten, 2006 (www.stem.se)
- Krav på fläktar, Energimyndigheten, 2006 (www.stem.se)
- Krav på tryckluftsystem, Energimyndigheten, 2006 (www.stem.se)
- El till varje pris? Per-Åke Strandsäter, Utvecklingsfonden, Jönköping, 1992
- ABB:s hemsida (www.abb.se)
- ENSAM (Energi System Analys Metod), Thomas Franzén, Linköpings Universitet, 2004
- Energieffektivisering i industrin, EMIL 1, Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2000
- Energianvändningen inom industrin, EMIL 2, Energimyndigheten & Naturvårdsverket, 2000.

Slutord

Allt förändringsarbete stöter på motstånd.

Människan är ett vanedjur och väljer gärna bort nyordningar.

Att spara energi genom ändrade rutiner låter enkelt men är inte alltid lätt att genomföra, speciellt om det påtvingas ”uppifrån”.

Vid genomförande av energieffektivisering enligt denna manual är det viktigt att man i varje skede har acceptans på alla nivåer inom företaget. Alla måste bli informerade och involverade i arbetet. Det är lika viktigt att de anställda förstår, accepterar och medverkar till förändrade rutiner som att företagsledningen ger ansvar och befogenheter till den energiansvarige.

Är den interna arbetsgången klarlagd är halva jobbet gjort. Sedan är det viktigt att man inte tar för stora bitar åt gången, då är det risk att man snubblar och tappar förtroendet för de möjligheter som finns.

Börja med Steg 1 och konstatera vilken besparingspotential energieffektiviseringen medför. Slutför påbörjade åtgärder innan nya inleds. Dokumentera åtgärderna, mät resultatet och beräkna minskad energiförbrukning. Ett lugnt och systematiskt arbete kommer att ge klara besparingar som gör fortsatt energieffektivisering till en självklarhet.