

Nattfall – Nattvandringar för effektivare energianvändning

Oskar Räftegård, Roger Nordman

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



Nattfall – Nattvandringar för effektivare energianvändning

Oskar Räftegård, Roger Nordman

Abstract

Nightinspections of sawmills for efficient energy usage

A number "night owl walks", inspections after normal working hours when the sawmill is expected to stand still has been performed and evaluated. The walks together with a simplified methodology to estimate unnecessary energy consumption has been used to identify simple savings measures which normally does not require significant investment.

The idea with "Night Owl Walks" is to quickly save money by fixing simple things that do not entail large investments.

Night Owl Walk aims to stop unnecessary energy consumption by:

1. Night owl walk to find and identify simple measures
2. Make rough calculation of saving potential, as the basis for
3. Decision on actions, and then
4. Follow up how it has gone with a new night owl walk

In total, the result of nine walks has been followed up. Identified savings show a great variation between the sawmills, both in absolute terms and per cubic meter of sawn timber. In most cases, estimated to 1-2 kWh/m³ electricity and in two cases about 6 kWh/m³ electricity, to be compared with the total consumption between 70-100 kWh/m³. Heat savings has not been estimated in enough sawmills to draw any general conclusions on heat saving potential.

The Night Owl Walks was done with in the project EESI 2 (EnergyEfficiency with in the Sawmill Industry phase 2). The project is financed by the Swedish Energy Agency.

Key words: Energy conservation, energy management, sawmill, woodworking

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport : 2016:17
ISBN 978-91-88349-21-7
ISSN 0284-5172
Stockholm

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Förord	5
Sammanfattning	6
1 Deltagare Nattvandring	7
2 Teori/Metod	7
2.1 Vandring	7
2.2 Överslagsberäkning	8
2.3 Åtgärder	10
2.4 Uppföljning	10
3 Genomförande	10
4 Resultat	11
4.1 Elektricitet	11
4.2 Värme	13
4.2.1 Exempel på värmeåtgärder från kartlägningsprotokollen (i urval):	14
5 Diskussion	16
6 Slutsats	16
Bilaga 1 Nattvandringensprotokoll	18

Förord

Nattvandring är ett av delprojekten inom EnergiEffektivisering i SågverksIndustrin (EESI), som har syftat till att demonstrera att det går att minska energianvändningen i sågverksindustrin med minst 20 % per producerad kubikmeter till år 2020.

EESI har tagit fram en roadmap för att beskriva dagens teknologi samt peka på förbättringsbehov och möjligheter med nuvarande teknik, men även visa var forskningsinsatserna behöver sättas in.

Ytterligare delmål har varit att utveckla datormodeller, ”Framtidens Energi-effektiva Sågverk”, och rutiner för uppföljande mätning som skall vara ett framtida stöd för sågverksindustrin i ett kontinuerligt förbättringsarbete, för att minska denna industrisektors energianvändning och stärka den framtida konkurrenskraften.

Inom projektet har även ett antal demonstrationer genomförts av ny teknik och nya metoder.

Resultaten från projektet visar att det med en god strategi och lämplig mix av åtgärder går att spara stora mängder energi vid sågverken, klart över 20 % i det fall man gör en strategisk och samlad insats över flera år.

EESI delfinansierades av Energimyndigheten och utfördes av SP i samarbete med sexton sågverksbolag och involverade ett tjugotal teknikleverantörer.

Sammanfattning

Inom EESI har ett antal nattvandringar genomförts, det vill säga besiktningar efter ordinarie arbetstid då anläggningen förväntas stå stilla. Nattvandringarna med tillhörande förenklade metodik att uppskatta onödig energianvändning har använts för att identifiera enkla besparingsåtgärder som normalt inte kräver någon större initial investering.

Tanken är att snabbt spara pengar genom att åtgärda enkla saker som inte medför stora investeringar. Nattfall syftar till att stoppa onödan genom att:

1. Nattvandring för att hitta enkla åtgärder
2. Överslagsberäkna besparing som grund för att
3. Kunna besluta om åtgärd och sedan
4. Följa upp hur det gått med en ny nattvandring

Totalt har nattvandringar genomförts på nio sågverk. Identifierad besparing har visat stor variation mellan sågverken, både i absoluta tal och per kubikmeter sågad vara. I de flesta fall mellan 1-2 kWh/m³ el och i två fall kring 6 kWh/m³ el, att jämföra med en total el-användning som normalt ligger mellan 70-100 kWh/m³. Värmeåtgärder har bara beräknats för några enstaka sågverk, varför det är svårt dra generella slutsatser om möjliga besparingar.

Några slutsatser:

- Belysning som lämnats tänd är den absolut vanligaste identifierade onödiga förbrukaren.
- Läckage i tryckluft är en vanlig betydande förbrukare. Förbrukning nattetid motsvarar i princip läckaget, vilket innebär förluster dygnet och året runt oavsett produktion.
- På ett antal sågverk finns någon enstaka "fridstörare" som står för en stor andel av den totala identifierade onödiga förbrukningen. Inte sällan är det en fläkt som under den kallare delen av året nattetid även suger ut med panna värmd rumsluft.
- Små utrymmen så som el-rum, kemikalierum, etc, tenderar att ha mer påslagna utrustningar i onödan än större lokaler. Samtidig värmning och kylning, där elradiatorer och AC går omlott förekommer ganska ofta i dessa.
- I och nära de avdelningar där underhållsarbete pågått under nattvandringen har i regel färre åtgärder identifierats än i och omkring avdelningar helt utan verksamhet. Underhållsarbete verkar göra det svårare att hitta vad som är på i onödan och vad som beror av pågående underhållsarbete.
- Eftersom virkestorkarna är i drift dygnet runt (och i regel saknar elmätare) är det svårt att jämföra nattvandringens resultat med mätt förbrukning nattetid på elnätsägarens debiteringsmätare. Därmed är det svårt säga hur mycket som identifierats av totalen, om nattförbrukningen ökar över tiden eller om genomförda åtgärder efter nattvandring hjälpt.

1 Deltagare Nattvandring

Nattvandringar har genomförts på följande sågverk med egen personal och i några fall även med personal från SP.

Bergkvist Insjön
 Moelven Norsälven
 Moelven Vålberg
 Norra Kåge
 Norra Sävar
 NWP Östavall
 Setra Malå
 Siljan Timber
 Stora Enso Gruvön

2 Teori/Metod

Nattvandring, eller stilleståndsvandring som är en mer korrekt term är en metod för att identifiera onödiga drifter av typen ”släck och stäng”.

Inom EESI har en förenklad metod tagits för att snabbt och enkelt få fram beslutsunderlag och genomföra åtgärder.

Metod

- 1) **Inventera:**
 Nattvandra och sammanställ information
Exempelvis: Belysning tänd såghus, 100 armaturer á 2 x 58 W, blir ca 130 W inklusive drossel / armatur = 13 kW
- 2) **Överslagsberäkna:**
 Vad man kan spara
*Exempelvis: 13 kW belysning 4 h/dag, 5 dagar/vecka, 50 veckor/år, ger 1000 h/år
 13 kW x 1000 h/år = 13 000 kWh/år → 7 500 kr/år om el kostar 50 öre/kWh.*
- 3) **Fundera på åtgärd:**
 - a) Vad får det kosta?
Exempelvis: Max 3 års pay-back, 7 500 kr x 3 = ca 22 000 kr
 - b) Vad kan man göra?
Exempelvis: Införa belysningsknappar på samma checklista/rutin som används för vem som skall låsa vilka dörrar efter sista skiftet.
 - c) Genomför om enkelt eller ta fram bättre beslutsunderlag
- 4) **Följ upp:** Vad har hänt?
Exempelvis: Ny nattvandring

2.1 Vandring

Nattvandringen genomförs utan att annonseras i förväg för att hindra ändrat beteende hos sista skiftet just denna kväll. Förslag på nattvandningsprotokoll har tagits fram som återfinns som bilaga 1.

Öron, ögon och nyfikenhet är tre viktiga verktyg. Vad är lyser? Vad låter? Vad finns bakom dörren? Vad är varmt? Varför är det varmt, lyser, låter?

Förutom rena eldrifter är tryckluftläckage och luftrörelser från ventilation och kallras andra indikatorer som är relativt enkla att uppmärksamma.

2.2 Överslagsberäkning

Beräkningarna är baserad på ungefärligt effektuttag och hur lång tid det borde gå att stänga av per år.

Energi (kWh) = Effekt (kW) x tid (h/år)

För att spara tid och undvika mätutrustningar som kräver en elektriker så används befintlig dokumentation och märkskyltar för att initialt bedöma möjlig besparing. Visar sig åtgärden enkel att genomföra behövs förmodligen inte något bättre beslutsunderlag. Är lämplig åtgärd mer omfattande att genomföra bör underlaget först förbättras med en temporär mätning av verklig energianvändning under ett skift. I textrutorna nedan beskrivs metod för överslagsberäkningar för olika typer av utrustningar.

Överslagsberäkning av motordrifter

Där mätning och andra uppgifter saknas kan följande antaganden göras:

- Elmotor "fulldrift", 80 % av märkeffekt (t.ex. fläkt)
- Elmotor "avlastad", 20% av märkeffekt (t.ex. tomt transportband)
- Elmotor "helt olastad", 5-10 % av märkeffekt (t.ex. flihhugg som går tom)

Överslag tryckluftläckage:

Är kompressorerna avstängda rekommenderas att dess slås på för att kunna bestämma läckagenivån. Kompressorerna bör gå ca 15 minuter innan nivån kan bestämmas.

Kompressorer med on/off-reglering går att klocka med ett tidur:

Pålast (s) + Avlast (s) = Cykeltid (s). Minst tre cykler bör klockas.

Läckage (Nm³/min) = Pålast (s) / cykeltid (s) x kapacitet (Nm³/min)

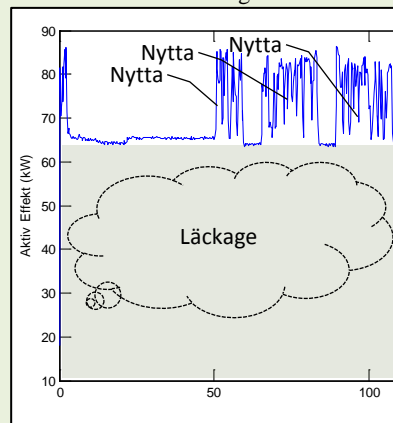
$$El(kWh) = \frac{[\text{Märkeffekt (kW)} \times \text{Pålast (s)} + \text{Märkeffekt (kW)} \times \text{Avlast (s)} \times 15\%]}{\text{cykeltid (s)}} \times \text{tid (h/år)}$$

Kompressorer med variabelt varvtal (VSD) har ofta en display från vilken luftproduktionen kan utläsas.

Dagtid är läckagenivån (Nm³/min) den samma som vid stillestånd, men tryckluftproduktionen ser annorlunda ut. Resultatet av formeln ovan blir därför inte helt rättvisande för dagtid, men för enkelhets skull kan den användas för att ge en indikation.

Alternativt beräknas luftproduktion (Nm³/min) och elåtgång dagtid. Läckagets (Nm³/min) andel av luftproduktionen dagtid används sedan vid beräkning av el till läckage.

Figuren till höger visar mätt elförbrukning för ett tryckluftsaggregat under drygt 100 timmar, varav de 50 första är helg (ca 65 kW) därefter syns hur effekten ökar till ca 85 kW som högst under produktion, för att återgå till ca 65 kW nattetid. Läckaget motsvaras av den färgade rektangeln. Nyttig förbrukning motsvarar den vita arean under den blå kurvan

Överslagsberäkningar luftutsug:

Elektricitet (kWh) = Märkdata elmotor (kW) x 80% x tid (h/år), vid helfart / normaldrift

Elektricitet (kWh) = Märkdata elmotor (kW) x 25% x tid (h/år), vid halvfart

Rumsluften som sugts ut antas vara värmd med panna eller el-värmare vid stillestånd under värmesäsongen, det vill säga 9 månader per år. Ett mycket förenklat överslag av värmeinnehållet i luften som sugts ut kan fås med följande formel:

Värme (kWh) = märkflöde ($\frac{m^3}{s}$) x 80% x [T_{rum} (°C) - T_{9mån} (°C)] x tid (h/värmesäsong) x 1,2
där T_{9mån} är medeltemperaturen ute under värmesäsongen, september till maj. Se t.ex. SMHI.se.

Observera att överslaget kan innehålla stora felaktigheter och att mätning av verkligt luftflöde är nödvändigt för att få ett tillförlitligt resultat, t.ex. kan spjäll vara stängda.

Exempel på frånluftsfläkt/processutsug:

Onödig drifttid är 800 h/år, märkeffekt 1,5 kW och märkflöde 3 m³/s

Medeltemp ute för de kallaste 9 månaderna är 2,5°C och frånluften håller 22°C.

Elenergi (kWh) = 1,5 x 80% x 800 h/år = 960 kWh/år el.

Värme(kWh) = 3 x (22-2,5) x 80% x 9/12 x 800 h/år x 1,2 = 33 696 kWh/år värme
(notera att värme endast antas åtgå 9 av 12 månader)

Värmeförlusten är i detta fall avsevärt större än el-energin.

2.3 Åtgärder

Åtgärderna är vanligen av mjuk karaktär, så som förändrat beteende, rätt inställda termostater eller så kräver de endast en mindre investering, t.ex. att sektionera belysningen och installera tidur. Mätning av verklig energianvändning är att rekommendera i de fall investeringen inte är enkel och billig.

2.4 Uppföljning

Uppföljning kan ske genom att jämföra mätt elförbrukning nattetid före och efter åtgärder. Från elnätsägarens mätare går det till exempel att få timvärden. Dessa kan även användas för att kontrollera om förbrukningen ligger kvar på samma nivå eller förändras över tiden. Alternativt kan ytterligare nattvandring genomföras för att kontrollera resultatet. På sågverk är det vanligen det senare som gäller eftersom virkestorkar är i drift dygnet runt och det sällan finns elmätare som gör att dessa kan räknas bort.

3 Genomförande

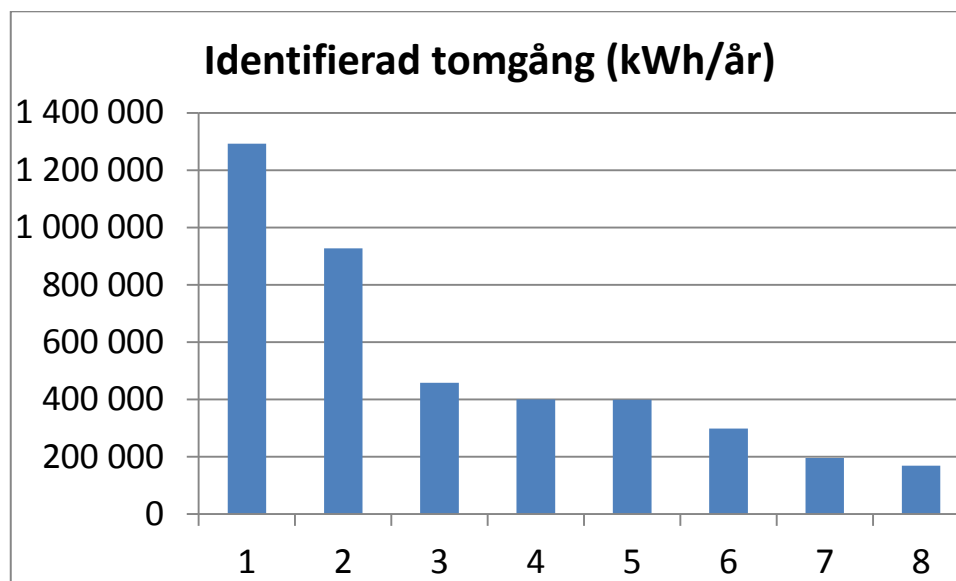
Nattvandringar har genomförts på nio stycken sågverk. I några fall har SP medverkat men de flesta har genomförts enbart med sågverkspersonal. Flertalet kartläggningar genomfördes hösten 2012, de två sista våren 2013.

Protokoll skickades in till SP för sammanställning till ett statistiskt underlag vilket redovisas nedan under rubriken Resultat.

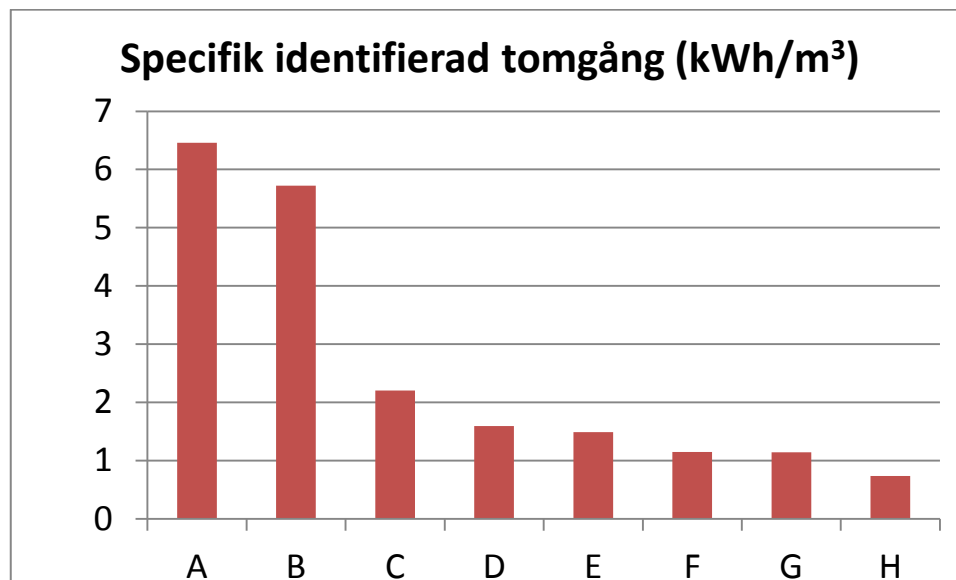
4 Resultat

Åtta av sågverken har genomfört nattvandring på någorlunda jämförbart sätt och ingår i redovisningen nedan. Notera att det trots relativt likartad metod inte går att dra alltför stora statistiska växlar på sammanställningen nedan. Nattvandringen är gjord av olika personer, med olika bevekelsegrund och på några sågverk har underhåll pågått samtidigt som nattvandringen skett vilket verkar minska antal identifierade åtgärder.

4.1 Elektricitet



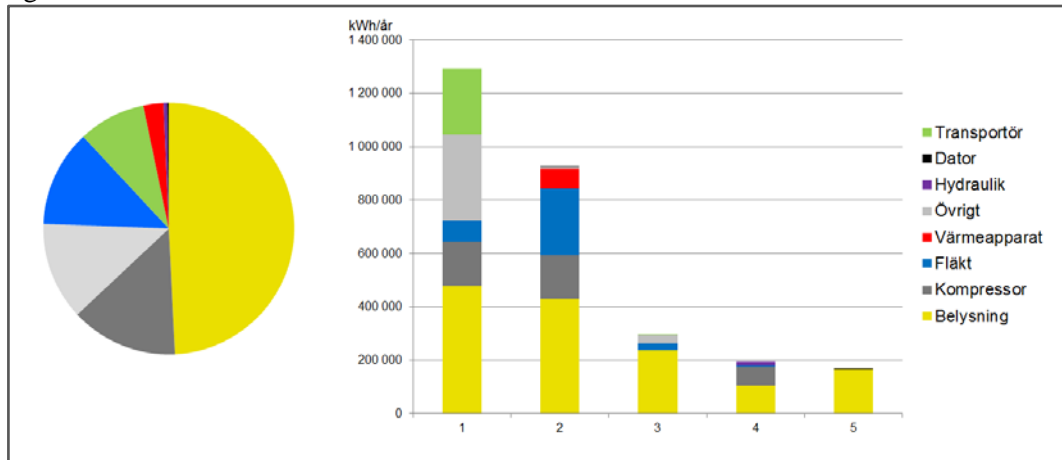
Figur 1: Identifierad tomgång (kWh/år) elektricitet för åtta sågverk.



Figur 2: Specifik identifierad tomgång (kWh/m³) elektricitet per sågad vara. Sågverk A och B är ett litet sågverk respektive ett mellanstort sågverk sett till antal kubikmeter sågad vara.

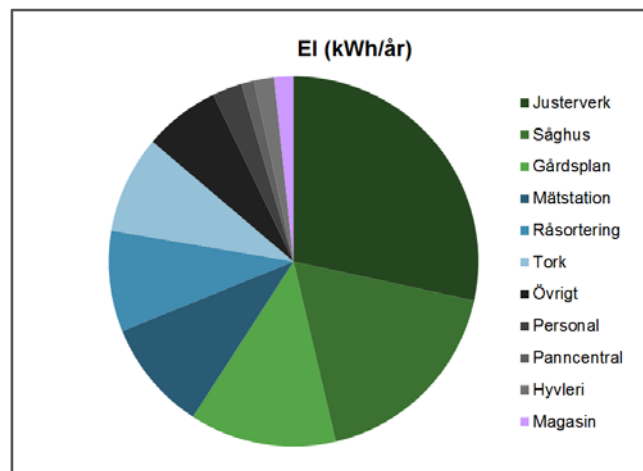
Notera att sågverken är anonymiserade och kommer i olika ordningsföljd i de två figurerna ovan.

För fem av sågverken har åtgärderna brutits ned ytterligare, dels på var, dels på vad. Se figurerna nedan.



Figur 3 (ovan): Åtgärderna nedbrutna på olika tekniska system. Redovisningen är inte helt konsistent mellan olika kategorier, men pajdiagrammet ger en tydlig indikation om att belysning är den största posten. Staplarna representerar fördelningen inom respektive sågverk (1-5).

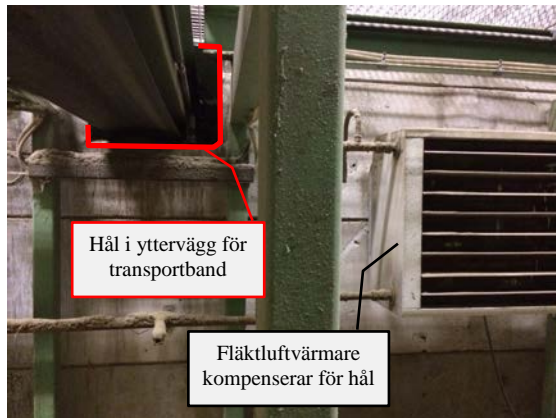
Figur 6 (th): Åtgärderna kategoriserade efter avdelning inom sågverket. Även i detta fall är inte redovisningen helt konsistent mellan olika kategorier. Justerverks stora andel beror till stor del på belysning.



4.2 Värme

Det finns färre värme-apparater än el-apparater, samtidigt är onödig användning av komfortvärme svårare att bedöma och överslagsmässigt beräkna än eldrifter. Detta har resulterat i att det finns inte tillräckligt många sådana åtgärder för att det skall bli ett fungerande statistiskt underlag. För de sågverk som alls har identifierat onödig värme ligger denna på storleksordning 10-25% av identifierad och överslagsberäknad onödig el användning och utgörs av ett fåtal identifierade apparater. Det förekommer dock på två verk att enstaka värme-apparat motsvarar hela identifierade el-användningen.

- Fläktluftvärmare som styrs av termostat: Svårt bedöma drifttid och verkligt behov. Åtgärder är ofta diffusa, som att täta lokalens klimatskal, eller att stänga av ett punktutsug i andra änden av lokalen då detta är orsaken till att kall ute luft rusar in genom ett hål i väggen i den ände där fläktluftvärmaren är uppsatt. Se figur 7 till höger.



Figur 7: Exempel på värmebehov.

- Ventilationsaggregat som samtidigt används för uppvärmning. Dessa har hög inblåsningstemperatur (långt över 18-19°C). Hög temperatur för ventilation är i regel olämpligt. Det kan dessutom i vissa fall vara så att lokalen vädrar ur sig själv nattetid genom otätheter och skortensverkan.
- Punktutsug från maskiner, som suger ut uppvärmd luft och bidrar till att kall uteluft rusar in genom otätheter i markplan. Jämfört med vanlig ventilation använder denna typ av utsug dessutom mycket elektricitet i förhållande till luftmängden som transporteras. Bättre med en enkel takfläkt som går när ventilationsbehov finns.

Exempel: Utsug kapmaskin

<p>Märkskyltar:</p> <p>55kW a´35 000 m³/h</p> <p>55kW a´35 000 m³/h</p> <p><u>37kW a´22 000 m³/h</u></p> <p>147 kW 92 000 m³/h</p>	<p>Värme: (Fläktarna suger ut luft ur såghuset).</p> <p><u>Antag:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • 85% av märkflödet. • Små internlastar vid stillestånd => • All luft som fläktarna suger ut har värmts med panna till 20°C. • Att detta gäller vinter/vår/höst (9 mån): 3200 h/år fläkt => 9/12 mån => 2400 h/år • Månadsmedeltemp 9 mån: +0,5°C • Att det är 2°C kallare än månadsmedel när fläkt går i onödan ty natt => "9 mån nattmedel": -1,5°C <p>92 000 x 85% x 2400 x (20-(-1,5)) x (1,2/3600) =</p> <p>1 345 040 kWh/år (osäkerhet +/-50%)</p>
<p>Elektricitet:</p> <p>Antag 85% av märkskylt</p> <p>3 200 h/år</p> <p>147 x 85% x 3200 = 400 000 kWh/år</p>	

Överslagsberäkningen i exemplet ovan har stora osäkerheter, i synnerhet för värme och är i detta fall direkt olämplig att använda som investeringsunderlag. Åtgärden i fråga, att stänga av fläktarna är däremot mycket enkel, så någon fortsatt utredning med förbättrat underlag har därför inte behövts i detta fall.

4.2.1 Exempel på värmeåtgärder från kartlägningsprotokollen (i urval):

- Behövs verkligen fläktluftvärmarna hela helgen, eller kan lokalen tillåtas svalna under stillestånd och sedan värmas upp före skiftstart?
- Samtliga fönster sågus ställda på glänt. Ska inte de vara stängda på vintern?
- Fläkt vid hydraulikaggregat suger ut varmluft, mycket varmt här! Samtidigt strömmar kall uteluft in genom ett hål i väggen tvärs över korridoren (bl.a. p.g.a. av att luft sugts ut vid hydrauliken). Vid hålet i väggen sitter en fläktluftvärmare som går för fullt för att kompensera den kraftiga inströmningen av kall uteluft. Om fläkten vid hydrauliken istället blåste bort den varma luften till fläktluftvärmaren skulle den stanna samtidigt som kall uteluft inte längre skulle strömma in och kyla ner lokalen. Dubbel verkan!
- Igensatta filter på fläktluftvärmare, kommer knappt ut någon värmd luft (se figur 8 t h)
- Torkmaskinrummet har tre utsugsfläktar men ingen öppning för att släppa in uteluft. Fläktarna är lika starka så de tar ut varandra. Luftutbyte = Noll !! Stäng av två fläktar, regla upp spjällen så luft kan strömma in bakvägen genom dessa och låt den tredje göra jobbet. Minskar fläkt el med 66% och löser ventilering.
- Utrymmet har fler hål än kvarvarande väggyta efter alla ombyggnationer, aerotemper blåser varmluft mot arbetsplats (inte bemannad nattetid). Täta hål? Värmestrips ovan och vindskydd runt arbetsplatsen för att få dräglig miljö?
- Dörr lämnad öppen (se figur 9 t h), fläktvärmaren går för fullt. (Hur ren är luften vid luftintaget som är belamrat med byggrester?)
- Takluckor öppna vintertid mitt i natten, varför? Fläktluftvärmare går för fullt i källaren, värmen stiger upp genom takluckorna, ny kall luft strömmar in i källarvåningen.
- Mycket hög inblåsningstemperatur på ventilationen, långt över 20°C. Bättre stänga av nattetid och enbart värma med aerotemperar. Otätheter i klimatskal löser i detta fall urvädring med skorstensverkan.

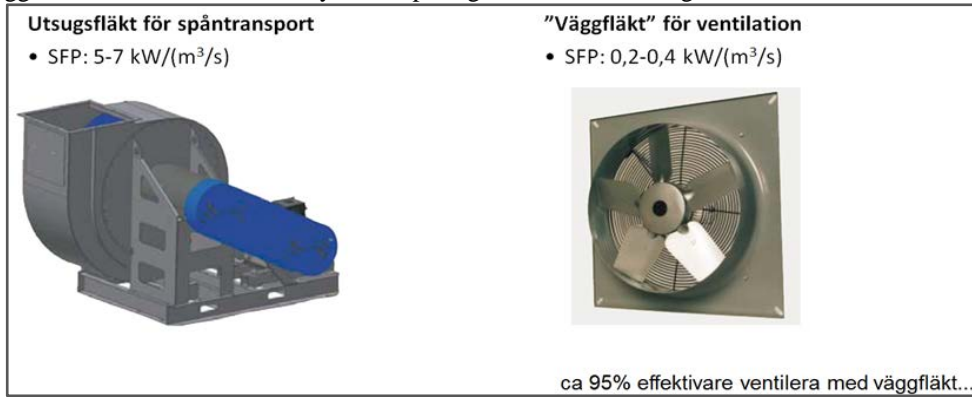


Figur 8: Igensatt fläktluftvärmare



Figur 9: Vädra för kråkorna

- Ventilerar nattetid med spåntransportfläktar. Jämfört fläkt monterad i yttervägg åtgår ca 20 ggr mer el för att nå samma nytta. Besparing ca 25 kW el! Se figur nedan.



Figur 10: Jämförelse mellan två fläktars "bränsleekonomi", spåntransport-fläkten drar 5-7 kW medan en väggfläkt drar ca 0,2-0,4 kW för att göra samma jobb (suga ut en kubikmeter luft per sekund).

- Stäng av tryckluft nattetid så kostar inte läckaget något då utan bara dagtid
- Blås inte ut värmen från tryckluften på transformatorn! (står jämte tryckluftkompressorn i källaren). Blås istället värmen dit den gör nytta, d.v.s. åt vänster istället för höger.
- Tryckluftaggregat står i het och dammig miljö med hög fuktlast, vilket ökar elåtgång till följd av tryckfall både i form av tryckfall över filter, att varm luft har lägre densitet än sval och genom kyltorkningen. Placera tryckluftaggregat / bygg friskluftintag, så att kompressorn får så torr, dammfri och kall luft som möjligt (dock inte fryskall).
- Figuren nedan visar en typisk tryckluftinstallation där värmen blåses ut via ventilationstrumman. På vintern kan den istället blåsas ut i lokalen genom det korta sticket åt sida. I detta fall tveksamt om luften värmer där den behövs, eller om den lägger sig upp under tak. Önskvärt vore att förse kompressorn med ren och sval (men inte fryst) luft. Detta skulle enkelt gå att ordna med ett termostatreglerat spjäll och återföring av den värmda kyl Luft.



Figur 10: Enkel värmeåtervinning tryckluft, men avsaknad av sval och ren till-luft gör att kompressorn går sämre.

5 Diskussion

Nyttan med nattvandringarna har varierat från såg till såg. I några fall belyste de att sågen lämnades med allt inklusive radioapprater och svetsutsug tillslagna, i andra fall har de varit ett kvitto på att det är släckt, stängt, rent och snyggt. I några fall har en eller ett fåtal identifierade maskiner visat sig ha en avsevärd onödig förbrukning som motiverar regelbunden uppföljning.

Eftersom det vanligen är tyst och stilla när nattvandringen sker är det enklare att överblicka graden av ”ordning och reda” liksom det är enklare att notera luftrörelser från komfortsystem, portar och andra öppningar som påverkar arbetsmiljö såväl som energianvändning.

På en såg har man valt att nattvandrat regelbundet och låta nyanställda som kommer med nyfikna färska öron och ögon göra detta. På så sätt säkerställs att inget glömts vid ombyggnationer, underhåll och reparationer, samtidigt som den nyanställda får möjlighet att lära känna anläggningen när allt är lugnt och stilla.

6 Slutsats

Nattvandring som metod är enkel, snabb och användbar för att identifiera enkla elbesparande åtgärder av typen ”släck och stäng”.

De sågverks som nattvandrat har identifierat en möjlig elbesparing på mellan 1-2 kWh/m³ sågad vara, två verk ligger dock avsevärt högre kring 6 kWh/m³ el och ett sågverk under 1 kWh/m³, att jämföra med ett totalt elbehov som normalt ligger mellan 70-100 kWh/m³

Värme, främst värmeförluster genom fläktutsug, har endast identifierats och överslagsmässigt beräknats för ett fåtal åtgärder som dock varit relativt stora. Något statistisk slutsats går däremot inte att dra av dessa.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

SP-koncernens vision är att vara en internationellt ledande innovationspartner. Våra 1 400 medarbetare, varav över hälften akademiker och cirka 380 med forskarutbildning, utgör en betydande kunskapsresurs. Vi utför årligen uppdrag åt fler än 10 000 kunder för att öka deras konkurrenskraft och bidra till hållbar utveckling. Uppdragen omfattar såväl tvärtekniska forsknings- och innovationsprojekt som marknadsnära insatser inom provning och certifiering. Våra sex affärsområden (IKT, Risk och Säkerhet, Energi, Transport, Samhällsbyggnad och Life Science) svarar mot samhällets och näringslivets behov och knyter samman koncernens tekniska enheter och dotterbolag. SP-koncernen omsätter ca 1,5 miljarder kronor och ägs av svenska staten via RISE Research Institutes of Sweden AB.

SP Technical Research Institute of Sweden

Our work is concentrated on innovation and the development of value-adding technology. Using Sweden's most extensive and advanced resources for technical evaluation, measurement technology, research and development, we make an important contribution to the competitiveness and sustainable development of industry. Research is carried out in close conjunction with universities and institutes of technology, to the benefit of a customer base of about 10000 organisations, ranging from start-up companies developing new technologies or new ideas to international groups.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

Energiteknik och Bioekonomi

SP Rapport: 2016:17

ISBN 978-91-88349-21-7

ISSN 0284-5172