

# **Energieffektivisering i skolmiljö**

## **- En studie av möjligheter för Jeppaskolan**



**LUNDS  
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Byggetenskaper / Byggnadskonstruktion**

Examensarbete:  
Richard Ekman  
Axel Nordin

© Copyright Richard Ekman, Axel Nordin

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

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2012

## Sammanfattning

Fram till år 2050 ska energianvändningen ha minskat med 50 %. Genom energieffektivisering ska detta uppnås, vilket till stor del omfattar drift- och underhåll av installationer och byggnader. Byggnaden måste ses ur ett helhetsperspektiv genom hela processen.

Arbetet omfattar energieffektivisering av Jeppaskolan i Höör avseende både optimerings-, ändrings- och ombyggnadsåtgärder. Med stöd av ritningsunderlag, drift- och underhållsinstruktioner, energideklaration och OVK-protokoll samt inventering och platsbesök har byggnaden studerats och åtgärdsförslag lagts fram.

Resultatet omfattar åtgärder som avser tidsstyrning av ventilation med närvaroschema, timerstyrning, injustering av luftflöden, byte till resurseffektiva blandare, byte av lampor, kompletterande uppgifter till ritningsunderlag samt drift- och underhållsinstruktioner samt uppmaning till injustering och inreglering av värmesystemet vid åtgärder som förändrar förutsättningarna.

Nyckelord: Energieffektivisering, Optimering, Ombyggnad

## **Abstract**

The main goal for year 2050 is to reduce energy usage by 50 %. This is meant to be achieved through the use of energy efficient solutions. Operation and maintenance of installations and buildings are main factors in achieving this goal. The building must be viewed from a holistic perspective throughout the process.

With regards of both optimization of installations and improvements of the construction, this work aim to find energy efficient solutions for Jeppaskolan in Höör. With the support of construction- and architectural drawings, operation and maintenance instructions, protocols regarding energy performance and ventilation, site visits and inventory the building has been studied and proposed actions has been presented.

The results include actions concerning management of the ventilation system, timer installation, adjustment of air flows, efficient water faucets and change of lamps. Further on proposals has been given to update drawings, operation and maintenance instructions and also to adjust the heating system as conditions change when actions are being implemented.

**Keywords:** Energy efficiency, optimization, reconstruction

## **Förord**

Detta examensarbete markerar den avslutande delen av högskoleingenjörsutbildningen Byggteknik med arkitektur vid LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg.

Vi önskar få rikta ett stort tack till våra handledare Dan Johansson, driftansvarig på Höörs fastighets AB i Höör samt professor Bertil Fredlund vid avdelningen för byggnadskonstruktion vid Institutionen för byggvetenskaper i Lund. Vi är mycket tacksamma för den vägledning vi fått och att Ni tagit Er tid för oss under våren. Vi vill också få lov att tacka vår examinator, professor Lars Sentler vid avdelningen för byggnadskonstruktion i Lund.

Vi önskar även få tacka Anette Saxell, biträdande rektor på Jeppaskolan i Höör, för ett fantastiskt välkomnande och intresse för vårt examensarbete. Vidare vill vi även få tacka Kristina Forslund, VD för Höörs fastighets AB, för engagemang och visat intresse för projektet. Vi vill också tacka Egon Lange för långa och inspirerande samtal.

Helsingborg, juni 2012

Richard Ekman och Axel Nordin

## Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Problemområde</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Syfte</b> .....	<b>3</b>
<b>1.4 Avgränsningar</b> .....	<b>3</b>
<b>1.5 Definitioner</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Metod</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1 Arbetsfördelning</b> .....	<b>5</b>
<b>2.2 Litteraturstudie</b> .....	<b>5</b>
<b>2.3 Insamling och granskning av underlag</b> .....	<b>5</b>
2.3.1 Ritningar.....	5
2.3.2 Platsbesök.....	6
2.3.3 Energiberäkningar .....	6
2.3.4 Ekonomisk analys .....	6
<b>3 Energieffektiviseringsprocessen</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 Byggnaden ur ett systemperspektiv</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2 STIL2</b> .....	<b>7</b>
<b>3.3 Miljömål</b> .....	<b>9</b>
3.3.1 Lokala miljömål.....	9
3.3.2 Sveriges miljömål .....	10
3.3.3 Sveriges miljökvalitetsmål .....	10
<b>3.4 Optimering</b> .....	<b>11</b>
3.4.1 Verksamhetsanpassning .....	11
3.4.2 Injustering.....	12
3.4.3 Inreglering .....	12
3.4.4 Driftoptimeringens grundstenar .....	12
3.4.5 Driftstrategier.....	13
3.4.6 Kompetensutveckling .....	13
<b>3.5 Ändring</b> .....	<b>14</b>
<b>3.6 Ombyggnad</b> .....	<b>14</b>
<b>4 Lagstiftning och föreskrifter</b> .....	<b>15</b>
<b>4.1 Plan- och bygglagen</b> .....	<b>15</b>
<b>4.2 Lagen om energideklaration</b> .....	<b>15</b>
4.2.1 Förordning om energideklaration för byggnader .....	16
4.2.2 Ackreditering .....	16
<b>4.3 Arbetsmiljölagen</b> .....	<b>17</b>
4.3.1 Arbetsplatsens utformning.....	17
4.3.2 Hygieniska gränsvärden .....	18
<b>4.4 Livsmedelverkets föreskrifter om dricksvatten</b> .....	<b>18</b>
4.4.1 BBR 19, 6:6 Vatten och avlopp.....	19

<b>4.5 OVK-1 Funktionskontroll av ventilationssystem</b> .....	<b>19</b>
<b>5 Teori</b> .....	<b>20</b>
<b>5.1 Ventilation</b> .....	<b>20</b>
5.1.1 Vistelsezon.....	20
5.1.2 Ventilationsbehov.....	20
5.1.3 PMV- och PPD-index .....	21
5.1.4 FTX-ventilation.....	21
<b>5.2 Belysning</b> .....	<b>22</b>
5.2.1 Planering av arbetsplatsens belysning .....	23
5.2.2 Ljuskällor och installerad effekt .....	23
5.2.3 Styrning och reglering .....	24
5.2.4 Belysningbehov.....	24
5.2.5 Beräkningsmetod för belysningsplanering.....	27
<b>5.3 Värme</b> .....	<b>29</b>
5.3.1 Byggnadens värmebalans.....	29
5.3.2 Fjärrvärme.....	30
5.3.3 Värmeeffekt- och energibehov .....	31
5.3.4 Värmeeffektbehov .....	31
5.3.5 DVUT .....	31
5.3.6 DIT .....	32
5.3.7 Byggnadens energibehov.....	32
5.3.8 Rumsvärmare .....	32
<b>5.4 Tappvattensystem</b> .....	<b>33</b>
5.4.1 Vattenanvändning .....	34
<b>5.5 Köldbryggor</b> .....	<b>35</b>
5.5.1 Lufttätning .....	35
<b>5.6 Swedish Standards Institute (SIS)</b> .....	<b>35</b>
5.6.1 Effektklassning av värmebehov.....	36
<b>6 Jeppaskolan</b> .....	<b>37</b>
<b>6.1 Konstruktion</b> .....	<b>37</b>
6.1.1 Grund.....	37
6.1.2 Tak.....	39
6.1.3 Ytterväggar .....	39
6.1.4 Fönster.....	41
6.1.5 Ytterdörrar och fönsterdörrar .....	42
<b>6.2 Ventilationssystem</b> .....	<b>43</b>
6.2.1 FTX-I.....	45
6.2.2 FTX-II.....	48
6.2.3 FTX-III.....	49
<b>6.3 Värmesystem</b> .....	<b>49</b>
<b>6.4 Tappvattensystem</b> .....	<b>50</b>
<b>6.5 Belysning</b> .....	<b>51</b>

6.5.1 Inventering .....	51
<b>6.6 Energideklaration.....</b>	<b>53</b>
6.6.1 Egenskaper .....	53
6.6.2 Energianvändning .....	53
6.6.3 Följebrev .....	54
6.6.4 Åtgärdsförslag ur energideklaration .....	54
<b>6.7 OVK-1.....</b>	<b>56</b>
6.7.1 Anmärkningar och åtgärdsförslag .....	56
6.7.2 Mätningresultat .....	57
<b>7 Reflektion.....</b>	<b>60</b>
7.1 Energideklaration.....	60
7.2 OVK-1.....	61
7.3 Ventilationssystem .....	63
7.4 Värmesystem .....	64
7.5 Tappvatteninstallationer.....	65
7.6 Belysning.....	66
7.7 Konstruktion .....	68
<b>8 Åtgärdsförslag.....</b>	<b>70</b>
8.1 Kompletteringsuppgifter .....	70
8.1.1 Analys .....	70
8.2 Tidsstyrning av ventilation.....	70
8.2.1 Analys .....	71
8.3 Reglering av luftflöden .....	74
8.3.1 Analys .....	74
8.4 Timerstyrning.....	76
8.4.1 Analys .....	76
8.5 Byte till resurseffektiva blandare.....	78
8.6 Byte av lampor .....	79
8.6.1 Analys .....	80
8.7 Byte av belysning i klassrum.....	82
8.7.1 Analys .....	82
8.8 Utvärdig tilläggsisolering av vägg .....	85
8.8.1 Analys .....	85
<b>9 Slutsats .....</b>	<b>87</b>
<b>10 Förslag till framtida examensarbete .....</b>	<b>88</b>
<b>11 Källförteckning .....</b>	<b>89</b>
<b>12 Bilagor.....</b>	<b>93</b>
12.1 Antagen belysning.....	93
12.2 Sammanställning lysrör .....	95





# 1 Inledning

Den byggda miljön står för en stor andel av den totala energianvändningen i Sverige. Då olja, kol och naturgas fortfarande dominerar energianvändningen i EU är det av stor vikt att minska denna. En minskning av energianvändningen görs genom att syna befintliga byggnaders klimatskal, installationer och att se över driften av dessa.

Energieffektivisering beaktar som ovan nämnt inte enbart byggnaders klimatskal. Begreppet omfattar installationer, drift – och underhållsstrategier men även kontinuerlig kontroll och uppföljning av byggnaders system. Energieffektivisering innebär inte nödvändigtvis åtgärder av större proportioner. Det går även att med mindre åtgärder, med eller utan materiell investeringskostnad, åstadkomma en lägre energianvändning.

## 1.1 Bakgrund

År 2016 ska energianvändningen ha minskat med 9 % enligt det energieffektiviserings- och energitjänstedirektiv som EU tog fram år 2006. Vidare togs ett klimat- och energipaket fram år 2008 vars mål berör energi- och klimatpolitiken inom EU, därav också gällande för Sverige. Sverige ska år 2020 ha minskat energianvändningen med 20 % genom energieffektivisering. (Energimyndigheten, 2012)

Sexton mål för miljö kvaliteten har antagits och arbetet med dessa bildar den grund för vilket den nationella miljöpolitiken vilar på (Naturvårdsverket 2012a). Ett av dessa mål är *God bebyggd miljö* vars huvudmål är att den totala energianvändningen per uppvärmd yta i både bostäder och lokaler ska minska. Fram till år 2050 ska minskningen ha uppgått till 50 procent i förhållande till användningen år 1995. (Naturvårdsverket 2012b)

## 1.2 Problemområde

En studie kallat STIL2 genomfördes år 2006 och är en form av nulägesrapport avseende energianvändningen i skolor och förskolor i Sverige. En märkbar skillnad har uppkommit avseende den totala energianvändningen som sedan år 1990 minskat från 246 till 216 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>. Den specifika energianvändningen är i genomsnitt 61 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> exklusive elvärme och 80 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> inklusive elvärme. Belysning och ventilation står i regel för den största förbrukningen av el i skolor och förskolor. Studien visar även att elförbrukningen ökat med närmare 15 % sedan år 1990. (Energimyndigheten 2007a, s.10)

För skolor finns det en stor potential för besparingar avseende energianvändningen. Vidare har skolor i Sverige kapacitet att sänka elanvändningen med uppemot 30 % och i nuläget motsvarar elförbrukningen, för landets alla grundskolor, en mellanstor stad i Sverige. (SKL, 2011)

### **1.3 Syfte**

Det finns möjligheter att minska energianvändningen och detta arbete syftar till att visa på sådana möjliga energieffektiviserande åtgärder för Jeppaskolan. Åtgärderna vilar främst på inventering men även på analys av konstruktionen samt dess tekniska system och installationer. Vidare är syftet att beakta framtagna åtgärdsförslag utifrån ett kostnadsperspektiv för respektive åtgärd. Därefter presenteras de åtgärdsförslag som är lämpliga att implementera.

### **1.4 Avgränsningar**

Metoder som avser att minska energianvändningen genom aktivt agerande från brukarna har inte beaktats inom ramen för detta arbete. Det innebär dock inte att framtagna åtgärder utesluter samverkan från brukarna för att möjliggöra en energieffektivisering.

En genomgång av relevant lagstiftning följer i examensarbetet men presenteras endast informativt. Detta görs för att markera dess betydelse för bygg- och energieffektiviseringsprocessen.

Delutrymme som utgörs av storkök, som utgör FTX-II:s betjäningsområde, beaktas inte i examensarbetet på grund av begränsad tillgänglighet. Vidare beaktas inte energiförbrukning för vitvaror eller annan elektronisk utrustning exempelvis datorer och kopiatorer

I vissa fall är åtgärden starkt beroende av hur arbetet med optimering planeras och genomförs. Detta gäller framför allt för åtgärder som kräver injustering och reglering av system för att ge en mätbar effekt. Vidare har tillgängligt underlag till viss del påverkat valet av framtagna förslag. Det beror på att ritningar, drift- och underhållsinstruktioner samt besiktningsprotokoll varit av varierande kvalitet. Ventilationen är det installationstekniska system som berörs mest i arbetet, därefter tappvatten och i viss mån värmesystemet. Åtgärder beaktas utifrån den information som finns tillgänglig i annat fall görs relevanta antaganden. Alla åtgärder som nämns i reflektionen avses inte leda vidare till en utredning i arbetet med avseende på kostnadsförslag.

## 1.5 Definitioner

Akreditering: formellt erkännande av att en organisation eller företag innehar kompetens att utföra vissa specificerade uppgifter

BBR: Boverkets byggregler

Energiprestanda: den mängd energi som behöver användas i en byggnad för att uppfylla de behov som är knutna till ett normalt bruk av byggnaden under ett år.

KK: Kallvatten

Kontrollorgan: en juridisk person, t.ex. ett företag.

Oberoende expert: en person som är oberoende i förhållande till sin uppdragsgivare och har särskild sakkunskap om energianvändning och inomhusmiljö i byggnader.

OVK: Obligatorisk ventilationskontroll

SFP: Specific Fan Power. Nyckeltal för specifik fläkteffekt - mått på ventilationssystemets effektivitet.

SIS: Swedish Standard Institute

VV: Varmvatten

## **2 Metod**

En litteraturstudie har löpt parallellt med arbetet vilket medfört att kunskap om diverse energieffektiviserande åtgärder kontinuerligt erhållits. Detta med hänseende till optimerings-, ändrings-, och ombyggnadsåtgärder. Därtill har ritningar, drift- och underhållsinstruktioner, utfärdad energideklaration, OVK-protokoll samt förbrukningsstatistik för de senaste två åren fungerat som underlag. Dessa har utgjort grunden för vidare arbete i kombination med platsbesök och genomförd inventering av skolan.

### **2.1 Arbetsfördelning**

Detta examensarbetet har skrivits tillsammans för att under arbetets gång ha möjlighet till reflektion och diskussion. Likaså har det kontinuerliga samarbetet underlättat vid analys av främst ritningsunderlag men även drift- och underhållsinstruktioner.

### **2.2 Litteraturstudie**

Arbetet inleddes med en litteraturstudie vars syfte har varit att fungera som stöd vid analys av framtagna åtgärdsförslag. Litteraturstudien har omfattat litteratur inom främst energibesiktning, energieffektivisering, installationsteknik, ekonomi samt svensk lagstiftning. Studien har löpt parallellt genom arbetsprocessen vid bland annat förberedelser för inventering, platsbesök samt analys av åtgärdsförslagen. Den lagstiftning som lyfts fram knyter an till bygg- och energieffektiviseringsprocessen.

### **2.3 Insamling och granskning av underlag**

Insamlat underlag ligger delvis som grund för arbetet. Granskning av underlag har möjliggjort att få förståelse för byggnadskonstruktionen samt dess tekniska installationer, vilket resulterat i en omfattande beskrivning av respektive.

#### **2.3.1 Ritningar**

Erhållna A- och K-handlingar har främjat arbetet med planering inför inventering samt för åtgärder som avser klimatskalet. Handlingarna har även varit till hjälp för arbetet med optimeringsåtgärder i kombination med innehållet i drift- och underhållsinstruktionerna.

### 2.3.2 Platsbesök

Platsbesök har genomförts för att skapa en tydlig och aktuell bild av verksamheten på skolan. Platsbesöken har varit en viktig aspekt för åtgärder som berör optimering. Förståelse för nuvarande verksamhet i skolan har beaktats genom arbetets gång och även fungerat som stöd för planering av inventeringen.

### 2.3.3 Energiberäkningar

Energiberäkningar som berör ventilationssystemen har utifrån drifttider, installerade effekter på inbördes komponenter för respektive system samt uppskattat SFP-tal.

Energiberäkningar som avser belysningssystemet har gjorts utifrån generella drifttider och reduktionsfaktorer för styrsystem i svenska skolor. Ljushöjningsnivåerna har kontrollerats i programmet DiaLux.

U-värden är beräknade med U -och  $\lambda$ -värdesmetoden. Tillsammans med analys av köldbryggor ligger de till grund för åtgärder som avser klimatskalet. Köldbryggorna har lokaliserats via granskning av K-ritningar och storleken har utvärderats i stödprogrammet  $U_{norm}$ .

### 2.3.4 Ekonomisk analys

Åtgärdernas ekonomiska konsekvens visas huvudsakligen genom nuvärdesberäkningar. För åtgärder med lång livslängd och förväntad lång återbetalningstid används en LCC-kalkyl.

### 3 Energieffektiviseringsprocessen

Energieffektivisering beaktar till stor del drift- och underhåll av installationer och byggnader, varvid underhåll och kontroll av funktioner är en viktig del. Genom att följa upp effektivitet och funktion på ingående installationer möjliggörs ett optimalt bruk av systemen. Grundläggande aspekter är att byggnadens klimatskal är intakt och har god isolering, fönster som är täta och att installationer är injusterade. (Forslund 2010, s.105)

#### 3.1 Byggnaden ur ett systemperspektiv

Alla byggnader måste ses som enskilda fall – två till synes identiska byggnader kan ha helt skilda besparingspotentialer med likadan åtgärd. Vidare kan vissa åtgärder lämpa sig mindre bra för en typ av byggnad men visa sig betydelsefull för andra. (Renovera Energismart 2012)

En energieffektiv åtgärd måste ses ur ett helhetsperspektiv och tas i beaktan vid bedömning av andra efterföljande åtgärder, då dessa kan påverka varandra. Principen att utföra flertalet åtgärder efter vartannat innebär nödvändigtvis inte en avsevärd förbättring för varje enskild åtgärdsimplementering. Det gäller att utföra åtgärderna i rätt ordning och värdera den faktiska betydelsen av nästkommande åtgärd utifrån den föregående åtgärdens effekt. (Renovera Energismart 2012)

#### 3.2 STIL2

STIL2-studien, som genomfördes år 2006, omfattar skolor och förskolor i Sverige. Ett samarbete gjordes mellan Energimyndigheten och Boverket med syftet att förbättra den nationella statistiken över energianvändningen och inneklimatet i lokaler. 129 skolor inventerades med avseende på energianvändningen och 131 skolor samt förskolor inventerades utifrån inneklimatet i totalt 21 kommuner i Sverige. (Energimyndigheten 2007a, ss.10-17)

De energiinventeringar som gjorts har till stor del byggts på främst ritningsunderlag, OVK-protokoll och genomförd inventering på skolorna. Den specifika energianvändningen i skolorna skiftar avsevärt och på nationell nivå anges denna till  $213 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$  eller uttryckt i energianvändning som 3142 kWh per barn. För den skola i Sverige med högst specifika energianvändning,  $535 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ , har det exempelvis visat sig att denna har stora luftflöden i lokalen, omkring 2,5 l/s, med relativt hög temperatur. Denna skola har även ett högt resulterande U-värde på nästan  $0,9 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . De lägsta U-värdena för

skolor som ligger bättre till hamnar i studien på omkring 0,2-0,3 W/m<sup>2</sup> K. Det nationella genomsnittliga U-värdet är i STIL2-studien angivet till 0,53W/m<sup>2</sup> K. (Energimyndigheten 2007a, ss.20-36)

De skolor med ett högt specifikt elbehov har elvärme medan skolor med lågt specifikt elbehov har en uppvärmning som inte är elberoende. För de skolor med ett lägre behov har det också visat sig att energibehovet för främst fläktar och belysning är lågt. Fastighetselen utgör i regel nästan hälften av den specifika elanvändningen för skolorna i studien, baserat på ett medelvärde. El till fläktarna utgör cirka 20 % av all elanvändning, inkluderat både fastighets- och verksamhetsel. Uppgifter kring verksamhetselen visar på att belysning utgör den större posten motsvarande en knapp fjärdedel av elanvändningen. Därefter följer storköket (10 %) följt av datorer och andra apparater. Belysningen utgörs oftast av T8-lysrör och konventionella drivdon. I studien lyfts drifttiden fram som en viktig aspekt för hur mycket el som förbrukas. Den genomsnittliga drifttiden i en skola är omkring 1650 timmar per år. (Energimyndigheten 2007, ss.27-31)

Fläktarnas drifttid har, liksom för belysningen, en avsevärd påverkan på energianvändningen. Fläktarnas drifttid har i studien beräknats utifrån den installerade effekten och den totala energianvändningen och har i regel en drifttid på 3500 timmar per år. Fläktarnas energieffektivitet har studerats genom att använda *SFP-indikation* – ju lägre desto effektivare fläkt. (Energimyndigheten 2007a, s.33)

I delrapporten som avser inneklimatet har förslag på åtgärder getts som allmänna rekommendationer utifrån resultatet av de undersökta objekten. Förslagen omfattar bland annat kontroll av tilluftsflöden så att dessa uppfyller normkravet för den personbelastning som gäller. Vidare nämns även att fokus bör läggas på att förhindra övertemperaturer i lokaler samt mer omfattande OVK-besiktningar. Optimering och behovsanpassning nämns för övrigt som viktiga aspekter att beakta. (Energimyndigheten 2007a, ss.42-43)

Studien visar i sin helhet att alla skolor uppfyller Boverkets krav på ventilationsflöden. Ökade ventilationsflöden ger i regel bättre omdömen bland brukarna men likväl finns det skolor i studien vars luftflöden är relativt låga men vars ventilation ändå bedöms som god. En slutsats som görs i studien är att ökade luftflöden nödvändigtvis inte, per automatik, innebär ett förbättrat inneklimat. (Energimyndigheten 2007a, s.50)

Energibesparingar kan enligt studien bland annat göras genom sänka drifttiden för lokalens ventilationssystem. Luftväxlingen (h<sup>-1</sup>) visar sig i studien ha betydelse för energiförbrukningen, liksom installation av värmeåtervinning,



reglering av drifttid för belysning och byte av glödlampor till lågenergilampor för att minska energianvändningen. Till detta inkluderas även byte av konventionella lysrör till T5-lysror med ny armatur, vilket dessutom minskar flimmar från belysningen. (Energimyndigheten 2007a, ss.62-64)

### 3.3 Miljömål

Invånarantalet i Höörs kommun uppgår till cirka 15500 personer varav hälften av dessa bor i centralorten Höör (Höörs kommun, 2012a). Miljö- och byggnadsnämnden arbetar för att uppfylla miljö kvalitetsmålen så att invånarna ska kunna uppleva miljön i kommunen som trygg och attraktiv (Höörs kommun 2012b). Höörs kommun har tillsammans med Hörby och Sjöbo kommuner ett samarbete kring energirådgivning sedan 1998. Denna riktar sig till allmänheten, företag och lokala organisationer. Satsningar på energiomställning, energieffektivisering och förnybara energikällor är viktiga delar i arbetet. (Höörs kommun 2012c)

#### 3.3.1 Lokala miljömål

Ett dokument med lokala miljömål är upprättat för Höörs kommun som även inkluderar en handlingsplan. Styrdokumentet ska brukas som vägledning för beslut inom kommunen och för åtgärder som bidrar till målet om ett hållbart samhälle. (Höörs kommun 2008)

Innehållet omfattar de miljö kvalitetsmål som Sveriges riksdag antagit, förutom två mål som anses inaktuella för Höörs kommun. Dessa två kvalitetsmål är *Hav i balans samt levande kust och skärgård* och *Storslagen fjällmiljö*. (Höörs kommun 2008)

En energiplan anses behöva upprättas för att få insyn om vilka möjligheter som finns för en effektivare energianvändning med målet att minska denna. Det finns lokala miljömål samt åtgärder i dokumentet *Lokala miljömål med handlingsplan*. De lokala miljömålen återkopplas till de 16 miljö kvalitetsmålen. (Höörs kommun 2008)

Mål som ur dokumentet kan kopplas till den bebyggda miljön är enligt följande (Höörs kommun 2008):

- Utsläpp av koldioxid per invånare i Höörs kommun ska till 2015, som medelvärde, ha minskat jämfört med basåret 1990
- Minska energiåtgången per kvadratmeter i de kommunala bolagens fastighetsbestånd.
- Värma samtliga fastigheter som ägs av kommunen och de kommunala fastighetsbolagen med förnyelsebar energi

- Den kulturhistoriskt värdefulla bebyggelsen och miljön samt estetiska värden ska tas till vara och utvecklas.

### 3.3.2 Sveriges miljömål

Enligt Naturvårdsverket är det överordnade målet för den svenska miljöpolitiken att för kommande generation lämna över ett samhälle där lösningen på de stora miljöproblemen har uppnåtts. En förutsättning som krävs för detta är en effektiv och framåtsträvande miljöpolitik i Sverige men även inom EU och på ett för övrigt internationellt plan. (Naturvårdsverket 2012a) Enligt Naturvårdsverket (2012a) ska miljöpolitiken bland annat inriktas mot att

- Människors hälsa utsätts för minimal negativ miljöpåverkan samtidigt som miljöns positiva inverkan på människors hälsa främjas
- Kretsloppen är resurseffektiva och så långt som möjligt fria från farliga ämnen
- En god hushållning med naturresurser
- Andelen förnybar energi ökar och att energianvändningen är effektiv med minimal påverkan av miljön
- Konsumtionsmönstren av varor och tjänster orsakar så små miljö- och hälsoproblem som möjligt.

### 3.3.3 Sveriges miljö kvalitetsmål

Sveriges riksdag har antagit sexton enskilda mål, kallat miljö kvalitetsmål, som utgör grunden för den svenska miljöpolitiken. Respektive mål har en myndighet som bär ansvar för att dessa ska uppnås. Naturvårdsverket står också som upphovsman till *Miljöportalen* där rapportering och information redogörs för varje enskilt miljö kvalitetsmål. (Naturvårdsverket 2012c)

3-1 Tabell Miljömål

1	Begränsad klimatpåverkan	9	Levande sjöar och vattendrag
2	Frisk luft	10	Hav i balans samt levande kust och skärgård
3	Bara naturlig försurning	11	God bebyggd miljö
4	Skyddande ozonskikt	12	Ett rikt odlingslandskap
5	Myllrande våtmarker	13	Giftfri miljö
6	Storslagen fjällmiljö	14	Levande skogar
7	Ett rikt växt- och djurliv	15	Säker strålmiljö
8	Ingen övergödning	16	Grundvatten av god kvalitet

Utsläpp som påverkar klimatet orsakas av förbränning av fossila bränslen för bland annat el- och värmeproduktion. För att uppnå målet måste energin

användas betydligt effektivare i framför allt industrier och bostäder.  
(Miljömålsportalen 2012a)

Det visar sig att den totala energianvändningen på nationell nivå har varit något ökande fram till 2000-talet då viss stabilisering gjorts på en nivå om 610-630 TWh. Energianvändningen i bostäder och lokaler utgjorde drygt 35 % av den totala slutliga användningen år 2008. Trenden i sektorn är att energianvändningen för uppvärmning minskar per yta samtidigt som den uppvärmda ytan ökar. Användningen av el för uppvärmning och varmvatten har minskat något medan driftel, t.ex. för ventilation har ökat. Åtgärder med syfte till att reducera energianvändningen är därmed av betydelse.  
(Miljömålsportalen 2012a)

Miljökvalitetsmålen omfattar många aspekter för den bebyggda miljön. Huvudsakligen ska bevarandet av bebyggelsemiljön göras med hänsyn till det kulturella, historiska och arkitektoniska. Likaså ska användningen av energi, vatten och andra av naturen givna resurser brukas på ett effektivt, resursbesparande och miljöanpassat vis. Vid användning, förvaltning och omvandling av redan befintlig bebyggelse ska denna utformas långsiktigt hållbar. (Miljömålsportalen 2012b)

### 3.4 Optimering

Driftoptimering är enligt samarbetsprojektet *Utveckling av fastighetsföretagande i offentlig sektor* (U.F.O.S) ett väsentligt begrepp vid energieffektivisering. Huvudmålet är att i så stor mån som möjligt effektivisera det befintliga och i den mån som krävs förbättra inomhusklimatet, främst utan materiella investeringar. (U.F.O.S. 1999, ss.22-23; U.F.O.S. 2005, ss.48-51)

Begreppet kan i sin vida betydelse omfatta huvudsakligen tre discipliner som är verksamhetsanpassning av drift, injustering och inreglering. Principen är att driva systemen utifrån att uppnå så goda resultat som möjligt, vilket möjliggörs genom kunskap om den aktuella byggnaden och dess system (U.F.O.S. 2005, ss.50-54)

#### 3.4.1 Verksamhetsanpassning

En viktig aspekt gällande verksamhetsanpassning är att uppmärksamhet bör riktas mot verksamhetens skiftande behov som följd av eventuell strukturell förändring (Sveby 2010). Vidare, inom denna disciplin, finns det möjlighet för anpassning av installationer och system utifrån att de enbart ska uppfylla det faktiska behovet och inte vara i drift mer än nödvändigt. Detta gäller för sådana system där begreppet behovsanpassning kan tillämpas. Den optimering

som eventuellt görs får dock inte inverka negativt på vare sig inomhusklimat eller byggnaden. (U.F.O.S. 2005, s.50)

### 3.4.2 Injustering

De vanligaste klagomålen på bristande inomhusklimat förklaras oftast med försummade injusteringar. Injustering avser exempelvis att undanröja hinder inom respektive system som därmed minskar den bristkompensation som hitintills behövs. Detta kan gälla flöden i värme-, ventilations- och kylsystem som eventuellt behöver bli injusterade. (U.F.O.S. 2005, s.53)

### 3.4.3 Inreglering

Metoden omfattar bland annat anpassning av börvärden i det tekniska system som tas i anspråk för optimering. Valet av korrekt börvärde innebär i regel att ha kontinuerlig uppföljning av ändringens verkan. Men likväl innefattar det att låta testa det tekniska systemet tills dess att ett passande börvärde fås fram. En aspekt inom inreglering är att implementera små ändringar av parametrar för respektive system och att allt eftersom följa upp och kontrollera resultatet. (U.F.O.S. 2005, s.53)

### 3.4.4 Driftoptimeringens grundstenar

Framgångsfaktorer är ett betydelsefullt begrepp inom driftoptimering och kan tyckas utgöra grundstenar för ett lyckat koncept. Dessa benämns enligt nedan. (U.F.O.S. 1999, ss.5-22)

#### *Engagemang*

Viktigaste framgångsfaktorn för en lyckad och effektiv optimering vilar på engagemang. Förutsättningar för engagemang vilar i sin tur på förväntan och motivation så som att driftpersonal blir varse om utfallet av insatserna och därmed kontinuerligt erhåller resultat från dessa.

#### *Kommunikation*

Kommunikation mellan driftpersonal och brukare är en viktig del i energieffektiviseringen. När denna kommunikation finns närvarande fås insikt om behov. Härmed kan problem utredas och lösas vilket kan gagna både hyresgäst och fastighetsbolag.

#### *Färdriktning*

Ledningen bör i sin tur även visa engagemang samt tydligt visa färdriktningen och vara redo att understödja disponibla resurser såsom personal och investeringsresurser. Tillgång till energistatistik och behövlig kunskap i energieffektivisering, via intern eller extern utbildning, möjliggör

problemställningar för den aktuella fastigheten och är en viktig aspekt för en väl utformad driftstrategi.

### *Rapportering*

Det kan finnas ett värde i upprättandet av en energiplan som lyfter fram det gångna men även blickar framåt. Nulägesanalyser och rapporter kan vara till fördel för att delge information om hur uppsatta mål kan uppnås och i vilken mån de redan har uppnåtts. Målen ska vara tydliga och det ska inte finnas utrymme för missförstånd för de som utför driftoptimeringsarbetet. Med tydliga mål blir det enklare att urskilja vad vinsten är för varje insats, som därmed automatiskt definierar vilka förväntningar som kan antas. Uppföljning och förbättring kan anses vara ledord för denna del av optimeringsarbetet.

### *Målsättning*

Målsättningarna med energieffektiviseringen ska enligt tidigare utsago utformas tydligt och utelämnat utrymme för missförstånd. Det kan vara till fördel att bruka styrtal, även kallat nyckeltal, som avser reella värden och funktioner som driftpersonal måste ta ställning till och arbeta för. Detta kan till exempel vara att drifttider ska vara justerade mot verksamhetstiderna och att ange specifika temperaturer som ska hållas i utrymmen inom byggnaden.

### *Resultat*

För att lyckas uppnå mål och följa den driftstrategi som är utstakad krävs både tid och stöd. En viktig aspekt är att testa sig fram vilket successivt förbättrar förståelsen för byggnaden och dess system. Det är också av vikt att lyfta fram driftoptimering som en av flera arbetsuppgifter för driftpersonalen. Det finns inte en på förhand skriven handlingsplan, varvid tillåtelse måste ges till att testa olika förfaringssätt för att uppnå en mer optimal drift.

## **3.4.5 Driftstrategier**

Denna del är av stor vikt och får inte bli eftersatt. Här tillräknas underhåll som en betydande del i att kunna behålla ett väl fungerande system. Kontroller och underhållsåtgärder bör utföras och ses över kontinuerligt för att på så sätt motverka negativa effekter. (Forsslund 2010, ss.83-84)

## **3.4.6 Kompetensutveckling**

God grundkompetens samt fortlöpande och kompetenshöjande initiativ är ett grundfundament i aspekten om driftoptimering (U.F.O.S. 1999, ss.6-7). En drifttekniker måste i dagens läge ha kunskap om betydligt fler områden än förr, exempelvis om inomhusmiljöfrågor, ventilationsteknik, värme, byggnadsteknik, styr- och reglersystem och miljö. Detta förutsätter att

driftteknikern tillåts ta del av kompetensutveckling och därmed ges möjlighet att erhålla goda baskunskaper inom respektive område. (Adalberth & Wahlström 2009, s.156)

Betydelsen av att driftteknikern erhåller kontinuerlig möjlighet att utveckla sin kompetens kan innebära att inomhusmiljön förbättras. Driftkostnaderna kan därmed bli lägre och de ingående tekniska systemen tenderar att bli mer välskötta. (Adalberth & Wahlström 2009, s.156)

Både teoretiska och praktiska moment bidrar till att förbättra förmågan att utvärdera brukarnas upplevelse och synpunkter avseende inomhusmiljön. Likaså ges bättre skicklighet med mätteknik av exempelvis temperatur, luftflöden och kastlängder. Det finns vinster med kompetensutveckling utifrån att utbildning finns inom flera av de områden som berör driftteknikerns arbete. En viktig aspekt är även att möjlighet ges till att kunna analysera byggnadens energianvändning och ge stödande funktion vid åtgärdsanalyser av vad som kan förbättra energianvändningen. Därtill följer att underhållsplan samt drift- och underhållsinstruktioner blir mer detaljerade och tydliga. (Adalberth & Wahlström 2009, s.156)

Enligt Adalberth & Wahlström (2009, s.156) kan en drifttekniker efter förvärvade kunskaper sänka byggnadens energianvändning med 5-15 %. Givetvis utifrån vad för utgångsläge som är gällande för byggnaden dessförinnan.

### **3.5 Ändring**

Ämnar åtgärder som i viss mån ändrar en byggnads konstruktion, funktion, användningssätt eller utseende (SFS 2010:900). Begreppet kan även avse en vidare optimering men med skillnaden av att det tillkommer en merkostnad, så som införandet av mindre kompletteringar till det redan befintliga. Införandet av dessa leder i regel till ytterligare arbete avseende injustering och inreglering. (U.F.O.S. 1999, ss.55-56)

### **3.6 Ombyggnad**

Denna form av åtgärd innebär att hela byggnaden eller betydande och avgränsbar del förnyas (SFS 2010:900). Ombyggnationen frångår därmed optimeringen då förnyelse är centralt till skillnad från optimering som avser det redan befintliga. Injustering och inreglering kan dock följa av en ombyggnation. (U.F.O.S. 1999, ss.55-56)

## **4 Lagstiftning och föreskrifter**

Nämnda lagstiftningar och föreskrifter anses ha nära och betydelsefull anknytning till energieffektiviseringsprocessen. Nedan nämns de som definieras gälla för byggnaden och dess system som helhet, vidare därtill föreskrifter som gäller särskilt för vissa system. I övrigt nämns även gällande bestämmelser, exempelvis ackreditering för utförande av energideklaration.

### **4.1 Plan- och bygglagen**

SFS 2010:900

I lagen finns bestämmelser som avser planläggning av mark och vatten samt om byggande. Bestämmelserna syftar till att gynna en samhällsutveckling med likställda och goda sociala levnadsförhållanden med hänseende till den enskilda individens frihet. Likaså syftar lagen till att underlätta för möjligheterna till en god och långsiktigt hållbar livsmiljö i nutid men även för framtida generationer. Lagen lyfter fram bestämmelser som avser bland annat översiktsplan, detaljplan och områdesbestämmelser.

Utvecklingen av den fysiska miljön i kommunen anges i fråga om mark- och vattenområden samt den byggda miljön. I översiktsplanen ska det anges om hur den byggda miljön ska användas, utvecklas och hur denna tar hänsyn till nationella och regionala mål. Detaljplanen och områdesbestämmelserna reglerar mark, vatten och bebyggelse. Det framgår även i denna lag att detaljplanen syftar till att skydda exempelvis byggnader som anses värdefulla ur en historisk, kulturhistorisk, miljömässig, eller arkitektonisk synpunkt och som därmed skyddas av förbudet mot förvanskning. Byggprodukters lämplighet samt de tekniska krav som anses vara väsentliga för ett byggnadsverk beaktas även i plan- och bygglagen. Vidare tas även bestämmelser upp som avser bygg-, rivnings- och marklov. Detta är gällande för både nybyggnad, tillbyggnad och annan ändring av byggnad.

### **4.2 Lagen om energideklaration**

SFS 2006:985

Lagens syfte är att gynna en effektiv energianvändning och en god inomhusmiljö i byggnader. Denna ska appliceras för de byggnader för vilka energi används i avseende att påverka inomhusklimatet, enligt 1-2 §§. Ägaren av en byggnad ska enligt 5 § ansvara för att det finns en energideklaration tillgänglig som inte är äldre än tio år om total användbar golvarea överstiger

1000 m<sup>2</sup>. Det innehåll som skall anges i en energideklaration för en byggnad återges i 9 § och omfattar följande:

- Uppgift om byggnadens energiprestanda
- Om obligatorisk funktionskontroll av ventilationssystemet har utförts
- Om radonmätning har utförts
- Om energiprestanda kan förbättras med hänsyn till god inomhusmiljö och därefter rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder för att förbättra denna.
- Referensvärden för att kunna bedöma och jämföra energiprestanda mot andra byggnader.

Enligt 12 § skall en oberoende expert utföra besiktningen och därefter upprätta en energideklaration för byggnaden.

#### 4.2.1 Förordning om energideklaration för byggnader SFS 2006:1592

Enligt 2 § i denna förordning anges de byggnader som inte omfattas av skyldigheten att energideklareras. Detta gäller framför allt byggnader som förklarats byggnadsminnen eller som inte får förvanskas.

Om energideklarationen ska innehålla rekommendationer om åtgärder för att bättra byggnadens energiprestanda gäller att deklARATIONEN föregås av en besiktning. Detta möjliggör en bedömning av åtgärdens påverkan på inomhusmiljön samt dess kostnadseffektivitet enligt 6 §. Uppgifter om energiprestanda i energideklarationen skall redovisa uppvärmningsformer, eventuella kylsystem och annan energianvändning.

Det framgår enligt 10 § att den oberoende experten, som omnämns i lagen om energideklaration för byggnader (SFS 2006:985), skall ha särskild sakkunskap om energianvändning och inomhusmiljö i byggnader. Expertens oberoende och sakkunskap skall verifieras utifrån att denne är ackrediterad.

#### 4.2.2 Ackreditering

Ackrediteringen ska garantera oberoendet och certifieringen skall garantera kompetensen hos respektive företag (Adalberth & Wahlström 2009, s.9).

Energideklaration får endast upprättas av ett ackrediterat kontrollorgan som dessutom måste ha minst en certifierad energiexpert i arbetsledande ställning (Adalberth & Wahlström 2009, ss.10-11). Enligt Boverket (2012) får företag som är ackrediterade av Swedac utföra dessa energideklarationer. Detta är en



myndighet och nationellt ackrediteringsorgan som innefattar både certifierings- och kontrollorgan (Swedac 2012). Den certifierade energiexperten ska ha särskild sakkunskap om energianvändning och inomhusmiljö i byggnader. Vidare gäller även att de rekommendationer om energieffektiva åtgärder som tas fram inte får ha en negativ påverkan avseende inomhusmiljön. (Adalberth & Wahlström 2009, ss.9-11)

Enligt Adalberth & Wahlström (2009, s.9) kan annan person med kompetens inom området utföra delmoment av en energideklaration, exempelvis besiktning. Detta gäller under förutsättning att personen ingår eller är anlitad av det ackrediterade företaget.

### **4.3 Arbetsmiljölagen**

SFS 1977:1160

Lagens ändamål enligt 1 § är att förebygga ohälsa och olycksfall i arbetet men även verka för att uppnå en god arbetsmiljö. Den är enligt 2 § gällande för alla verksamheter där arbetstagare utför arbete för en arbetsgivares räkning. Enligt kommentarer till 1 kap. omfattas alla elever, vid alla typer av skolor, av arbetsmiljölagen från och med förskoleklasserna.

Enligt 2 kap. 4 § ska arbetshygieniska förhållanden avseende luft, ljud och ljus vara tillfredsställande. Enligt kommentarer till kapitlet används begrepp så som *tillfredsställande* då lagen enligt definition är en ramlag. Avsikten är inte att formuleringarna ska brukas i det praktiska arbetet utan syftet är att sätta upp ramar för regeringens och Arbetsmiljöverkets föreskrifter.

#### **4.3.1 Arbetsplatsens utformning**

AFS 2009:2

Föreskrifterna gäller utformning och underhåll av arbetsplatser, förbindelseleder och personalutrymmen enligt 1 §. Adekvat fysisk utformning utgör en viktig faktor för god arbetsmiljö. Föreskrifterna har som syfte att tillhandahålla förutsättningar för att på förhand bli varse om och undvika risker för ohälsa. Klimatet kan förbättras med planering avseende bland annat ljus och luft. Elever är för övrigt jämställda arbetstagarna och föreskrifterna blir därmed gällande även för skolans lokaler.

Lokaler som omfattas av arbetsplatser eller personalutrymmen ska via ventilationssystem tillgodogöras möjlighet för luftväxling och uppfångandet av luftföroreningar som uppkommer enligt 16 § och gäller för vistelsezonen. Enligt samma paragraf kan koldioxidhalten brukas som indikator på om

luftkvaliteten är tillfredsställande i lokaler där luftföroreningar till huvuddelen uppkommer av brukarbelastningen. I sådana lokaler ska en koldioxidhalt under 1000 ppm eftersträvas. Enligt tillägg till 16 § är placering av till- och frånluftsdon av stor vikt så att kortslutning inte uppkommer. Enligt samma tillägg bör luftutbyteseffektiviteten vara minst 40 %. En koldioxidhalt under 1000 ppm är ingen fullständig garanti på att luftkvaliteten uppfattas som tillfredsställande då även temperatur och städnivå påverkar denna.

Uteluft ska tillföras i tillräcklig mängd och dess halt av föroreningar ska vara betydligt lägre än de hygieniska gränsvärdena, enligt 17-19 §§. Vidare får överluft enbart föras över till lokaler där kraven på luftkvalitet är lägre än i den lokal varifrån luften tas, enligt 23 §.

#### 4.3.2 Hygieniska gränsvärden

AFS 2005:17

Enligt 1 § är syftet med föreskrifterna att förebygga ohälsa till följd av ämnesexponering. Dessa föreskrifter är enligt samma stycke gällande i alla verksamheter där luftföroreningar förekommer eller uppkommer. Enligt allmänna råd till 1 § gäller Arbetsmiljöverkets föreskrifter för hygieniska gränsvärden. Halten av koldioxid används ofta som indikatorsubstans i arbetslokaler där luftföroreningar i större omfattning uppkommer från brukarna. Bilaga till föreskriften AFS 2011:18 omfattar en gränsvärdeslista som anger gränsvärden för exempelvis koldioxid enligt nedan.

Nivågränsvärde: 5000 ppm (9000 mg/m<sup>3</sup>)

Korttidsvärde: 10000 ppm (18000 mg/m<sup>3</sup>)

#### 4.4 Livsmedelverkets föreskrifter om dricksvatten

SLVFS 2001:30

Enligt 1 § är dricksvatten det vatten som används till dryck, matlagning och beredning av livsmedel. Detta gäller oavsett om det tillhandahålls via distributionsanläggning, flaskor eller behållare. Med distributionsanläggning menas, enligt samma paragraf, sådan del av en anläggning för distribution av dricksvatten som avser rörledningar, pumpar, reservoarer eller liknande rörutrustning. Enligt 8 § ska kvalitetskrav uppfyllas för dricksvatten som tillhandahålls från en distributionsanläggning – där det tappas ur de kranar som normalt används för dricksvatten.

#### 4.4.1 BBR 19, 6:6 Vatten och avlopp BFS 2011:6

Temperaturen på tappvatten är av stor vikt för hygien och hälsa. Kallt vatten ska hållas kallt eftersom att risken för tillväxt av mikroorganismer då blir minimal. För varmt vatten gäller att temperaturen inte får vara för hög och därmed utgöra risk för skållning likaså inte vara för låg på grund av risken för tillväxt av mikroorganismer. Legionellabakterier kan exempelvis försöka sig i vatten vars temperatur ligger inom temperaturintervallet 20-45°C. Installationerna måste därmed skötas och kontrolleras vad gäller bland annat temperaturnivåer.

### **4.5 OVK-1 Funktionskontroll av ventilationssystem**

BFS 2011:16

Boverkets föreskrifter och allmänna råd om funktionskontroll av ventilationssystem och certifiering av sakkunniga funktionskontrollanter är gällande för OVK. Denna innehåller bland annat intervallet för besiktningar och berör certifieringen. Undantag för funktionskontroll tas även upp i detta dokument och understryks i 2 §.

Återkommande besiktning skall för skolor, oavsett ventilationssystem, genomföras med ett intervall om tre år enligt 3 §. Funktionskontrollanten ska lämnas en behörighet N eller K som tilldelas främst utifrån vilken typ av ventilationssystem denne får utföra en OVK för. Behörighet N gör funktionskontrollanten certifierad att utföra OVK för alla byggnader med antingen S- eller F-system samt FTX-system för en- eller tvåbostadshus. Behörighet K omfattar alla kategorier av ventilationssystem.

Krav på allmän teknisk kunskap ska uppfyllas för både behörighet N och K enligt 7 § eller med stöd av 8 § vilket då hänvisar till att minst 10 års erfarenhet kan styrkas. Vidare uppges ytterligare krav på kompetens som övergripligt berör funktionskontrollantens vetenskap om ventilation, inomhusmiljö och energi inom bland annat PBL och Arbetsmiljölagen. Vidare gäller även att en kontrollant ska ha kunskap om inomhusmiljöfaktorer och mätmetoder för värmeåtervinningssystem. Framför allt kunskap som ger möjlighet att ta fram energieffektiviserande åtgärder i ventilationssystem med hänsyn till främst inomhusmiljön.

## 5 Teori

Följande avsnitt beaktar relevant teori för konstruktion och tekniska system av betydelse för byggnadens energiförbrukning. Kapitlet är ämnat som en bakgrund till efterföljande beskrivning och reflektion.

### 5.1 Ventilation

Kvaliteten på luft påverkas av främst koldioxid, damm, emissioner och fuktöverskott. Ventilationens syfte är att skapa ett gott inomhusklimat genom att förse utrymmen med frisk luft och föra bort den förorenade. Genom att ventilationen verkar för att skapa ett lägre tryck inomhus gentemot utomhus förhindrar detta att fuktig rumsluft tränger igenom otätheter i klimatskalet. Ventilationen kan även brukas för att värma eller kyla utrymmen i byggnaden. (Warfvinge & Dahlblom 2010, s.2:2)

#### 5.1.1 Vistelsezon

Myndighetskrav som avser det termiska klimatet gäller för vistelsezonen. Detta utgörs av ett horisontellt plan på 0,1 meters höjd ovan golv och ett annat på 2,0 meters höjd. Det vertikala planet avgränsas till 0,6 meter från ytter- och mellanväggar. Framför fönster och dörrar gäller 1,0 meter. I praktiken innebär dessa uppgifter att utrymmet mellan vistelsezon och rummets ytor inte behöver uppnå kraven på inneklimat. Vistelsezonen omfattar inte krav på yttemperatur avseende golv. (Warfvinge & Dahlblom 2010, s.1:15)

#### 5.1.2 Ventilationsbehov

En byggnad ska ventileras när brukarna använder dess utrymmen. Lokalbyggnader så som kontor, skolor, restauranger och verkstäder, m.fl. omfattas av arbetsmiljöverkets regelverk för utrymmen som brukas stadigvarande. (Warfvinge & Dahlblom 2010, s.2:5)

Ventilationsflödet behöver i sin tur justeras utifrån personbelastning men även för aktuell verksamhet, fukttillskott, materialemissioner och föroreningar i luften. Verksamheten kan behöva högre grad av ventilation än just det lägsta som anges. Detta beror främst på hygieniska krav men det krävs även luft till att föra bort genererad värme från personer, belysning, solinstrålning och annan apparatur. Ventilationsflödet kan förutom att uttryckas i antalet liter per sekund även uttryckas i antalet omsättningar per timma ( $h^{-1}$ ), eller luftväxlingar. Principen är att flödet inte får understiga följande:

$$7 \frac{l}{s} \text{ och person} + 0,35 \frac{l}{s} m^2 \text{ golvyta}$$

Rekommendationer finns för olika typer av verksamheter avseende luftomsättning. Den rekommenderade luftomsättningen noteras även leva upp till temperaturkraven. För kontorsrum, skolor och restaurangkök rekommenderas exempelvis 3, 4 respektive 15 oms/h.

$$n = \frac{q}{V}$$

$n$  = antal luftomsättningar (oms/h)

$q$  = ventilationsflöde ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$V$  = rumsvolym ( $\text{m}^3$ )

Halten av koldioxid är i regel en god indikator på hur ventilationen tycks fungera. För en individ som befinner sig i ett dåligt ventilerat utrymme är koldioxidhalten en kritisk faktor. Utöver att koldioxid utsöndras av främst människor tillkommer även utsöndring av luktämnen från andningsorganen och hud som påverkas upplevelsen av inomhusklimatet. När halten stiger till en nivå om 1000 ppm anses luften oftast upplevas obehaglig att andas in och därmed är detta ett viktigt gränsvärde att förhålla sig till. (Warfvinge & Dahlblom 2010, ss.1:19–1:20)

### 5.1.3 PMV- och PPD-index

PMV står för *Predicted mean vote* och syftar till ett förväntat medelutlåtande om det termiska klimatet. Upplevelsen av klimatet graderas på en 7-gradig skala, från att utrymmet upplevs hett till att det upplevs kallt. PPD-index, *Predicted Percentage of Dissatisfied* är en metod för att ta reda på hur många individer som lär vara missnöjda med det termiska klimatet. Diagrammet visar att det inte finns något inneklimat som alla är nöjda med. Maximalt lär 95 % vara nöjda med det termiska klimatet. (Warfvinge & Dahlblom 2010, ss.1:10-1:11)

### 5.1.4 FTX-ventilation

Alla ventilationssystem utgörs av fyra delsystem som omfattar till- och frånluftsdon, distributionssystem, luftbehandlingsaggregat och styr- och reglersystem. För varje delsystem finns det diverse utformningar och lösning väljs utifrån byggnad och dess verksamhet. (Warfvinge & Dahlblom 2010, s.2:3)

Enligt *Adalberth & Wahlström* (2009, s.122) är investeringskostnaden för FTX-aggregat cirka 210 000 – 245 000 kronor. Ventilation av typen FTX syftar till ett till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. I aggregaten möjliggörs filtrering av luften men även att den kan värmas respektive kylas. Två kanalsystem behövs för till- och frånluft och systemet är den vanligaste

typen för lokalbyggnader så som kontor, skolor, m.fl.(Warfvinge & Dahlblom 2010, ss.2:16–2:17)

Tilluftsdon som avser stora luftflöden utgörs därtill av en anslutningslåda som jämnar ut hastigheten så att luftstrålen blir kontrollerbar. Till denna finns också spjäll som möjliggör injustering till korrekt ventilationsflöde. (Warfvinge & Dahlblom 2010, s.2:20)

5-1 Bild Ventilationsdon



## 5.2 Belysning

Ljus behövs för att människor ska må bra. På en arbetsplats är det viktigt att belysningen är korrekt utformad för att de som vistas i utrymmet ska kunna utföra sina arbetsuppgifter. Samtidigt som en bra planerad belysning ger en god arbetsmiljö kan en sämre leda till problem. Konsekvensen av att arbeta i dålig belysning kan vara uttröttade ögon och huvudvärk. Flimmer från belysning bestående av äldre lysrör kan leda till ökad stress vilket i sin tur sänker arbetsförmågan hos den som utsätts. När ljuset inte räcker till är det vanligt att den som arbetar böjer sig ner och kompenserar ljusförhållandet genom att komma närmare arbetet vilket resulterar i en onaturlig arbetsställning. Utfallet kan i förlängningen bli spänningar i nacke och rygg. (Arbetsmiljöverket 2012)

Storheten för att mäta ljusstyrka är SI-enheten candela (cd). Denna mäter hur mycket ljus, från en ljuskälla, som strålar i en viss riktning. För att ange hur många candela en ljuskälla strålar i alla riktningar används enheten lumen (lm). Den belysning ljuskällan ger upphov till beror på ljuskällans styrka och riktning samt avstånd till det som belyses. Denna belysningsgrad, illuminansen, mäts i enheten lux (lx) vilket motsvarar lumen per m<sup>2</sup>. (Ljuskultur 2012)

### 5.2.1 Planering av arbetsplatsens belysning

Belysningens utformning beror på hur arbetsområdet definieras. Den mest energieffektiva lösningen är att definiera endast avskilda delar av ett rum som arbetsområde. Denna definition för med sig att arbetsstationernas placering i rummet i viss grad blir låst av belysningen. En mer flexibel lösning, vilket dock kräver mer belysning, är att definiera särskilda områden i rummet där arbete kan tänkas förekomma. Denna kan användas då det på förhand inte är självklart var arbetsstationerna ska förläggas. Den minst energieffektiva men mest flexibla lösningen är att definiera hela rummet som arbetsyta. Det blir då fritt att utforma arbetsplatsen utan begränsningar. En nackdel med detta förfaringssätt är att det mest belysningskrävande arbetet blir dimensionerande för hela rummet. (Månsson & Svensson 2010, s.30)

Vid utformning av belysning bör en jämn sådan eftersträvas, vilket syftar till att skillnaden i ljusstyrka mellan arbetsområde och omgivning inte bör vara för stor eftersom felplacerad belysning kan resultera i bländning. (Månsson & Svensson 2010, s.30)

### 5.2.2 Ljuskällor och installerad effekt

Raka lysrör av typen T8 är den vanligaste ljuskällan i dagens skolor (Energimyndigheten, 2007a). Lysrör behöver ett driftdon för att begränsa strömmen genom ljuskällan. Driftdonet har en egen förbrukning och kommer i två typer. De äldre elektromagnetiska, konventionella, donen och nyare elektriska HF-don. För konventionella don kan lysrörens effekt schablonmässigt multipliceras med faktorn 1,25. Motsvarande faktor för HF-don är 1,1. Den effekt som då erhålles kallas den installerade effekten. (Energimyndigheten, 2007b)

Lågenergilampor kan betraktas som tunna lysrör och behöver även de ett driftdon. Detta är inbyggt i sockeln och medräknat i den angivna effekten varför något påslag inte behöver göras för dessa lampor. Glödlampor och halogenlampor kräver inga driftdon vilket resulterar i lägre inköpspris men med högre driftkostnad. (Månsson & Svensson 2010, ss.48-52)

Ljuskällor och driftdon har olika energiklassning. Ljuskällor klassas mellan A-G. Lysrör, lågenergilampor, kompaktlysror samt LED har energiklass A. Halogenlampor ligger mellan energiklass B-D beroende på effektivitet. Glödlampor ligger mellan E-F där flertalet effekter är förbjudna att säljas inom EU, enligt Ekodesigndirektivet. (Månsson & Svensson 2010, s.41)

Driftdon klassas mellan A1-3 och B1-2. HF-don har energiklass A. Inom denna kategori har dimningsbara don klass 1, don med låga förluster har klass 2 och övriga HF-don har klass 3. Elektromagnetiska don har energiklass B.

Inom denna kategori har don med mycket låga förluster klass 1 och don med låga förluster klass 2. (Månsson & Svensson 2010, s.52)

Donens klassning kan föjas av beteckningen BAT. BAT står för *Best Available Technology*. Ett A1 BAT-don är energieffektivare än vanliga A1-don. (Miljöstyrningsrådet 2009, s.19)

### 5.2.3 Styrning och reglering

Vid närvarostyrning tänds och släcks belysning vid närvarodetektering av en sensor. Sensorn kan sitta antingen i rummet eller i armaturen.

Frånvarostyrning kräver manuell tändning men släcker sedan då närvaro inte noterats efter en viss tid. Istället för att belysningen släcks direkt vid frånvaro kan ljuset istället dimmas till en given nivå, vilket förutsätter dimbara don och ljuskällor. Med dagsljusreglering hålls belysningsstyrkan konstant via en sensor som känner nivån av dagsljusinsläpp. Sensorn kan även denna vara placerad i rummet eller i belysningsarmaturen. (Månsson & Svensson 2010, ss.54-55)

### 5.2.4 Belysningbehov

Kraven på ljusflöde per m<sup>2</sup> ( $E_m$  lx), bländning ( $UGR_L$ ) och färgåtergivning ( $R_a$ ) varierar beroende på utrymmets användningsområde. Kraven samt anmärkningar finns i standarden SS-EN12464-1. De finns även återgivna i *Ljus & Rum - Planeringsguide för belysning inomhus* av Månsson & Svensson (2010, ss.152-153).



5-1Tabell Belysningskrav (Månsson & Svensson 2010, ss.152-153)

Belysningskrav	Skolor		
	$E_m$ lx	UGR <sub>L</sub>	Ra
Allmänna utrymmen	200	22	80
Arbetsrum	500	22	80
Bibliotek, bokhyllor	200	19	80
Bibliotek, läsytor	500	19	80
Datorsal	300	19	80
Entrehallar	200	22	80
Förråd	100	25	80
Grupprum	500	19	80
Hantverksrum	500	19	80
Kapprum, toaletter	200	25	80
Klassrum	500	19	80
Kök	500	22	80
Korridorer	100	25	80
Lärarrum	300	19	80
Skolmatsal	200	22	80
Skrivtavla	500	19	80

Utöver krav på belysning finns av Energimyndigheten givna riktlinjer för energieffektiv belysning. Denna är kompletterad med schablonvärden för olika typer av reglering med vilka man kan uppskatta dess inverkan på drifttiden. Därmed kan energianvändningen för utrymmen i olika typer av lokaler beräknas enligt följande formel:

$$\text{Förbrukning} = \frac{\text{Installerad effekt} \times \text{Drifttid} \times \text{Reduktionsfaktor}}{1000} \text{ [kWh]}$$

5-2Tabell Riktlinjer för installerad effekt (Månsson &amp; Svensson 2010, s.162)

<b>Energieffektiv belysning</b>					
<b>Skolor</b>		<b>Riktlinje</b>	<b>Reduktionsfaktorer</b>		
			W/m <sup>2</sup>	Manuell	Frånvaro/närvaro
Klassrum	Skall	12	0,95	0,79	0,82
	Bör	10	0,95	0,79	0,82
Grupprum	Skall	12	0,9	0,89	0,82
	Bör	10	0,9	0,89	0,82
Korridor	Skall	8	1	0,55	0,57
	Bör	6	1	0,55	0,57
Aula	Skall	16	0,8	0,75	0,64
	Bör	12	0,8	0,75	0,64
Uppehållsrum	Skall	10	1	0,6	0,82
	Bör	8	1	0,6	0,82
<b>Kontor</b>					
Förråd	Skall	9	0,3	0,33	1
	Bör	6	0,3	0,33	1
Cellkontor >10 m <sup>2</sup>	Skall	10	0,8	0,75	0,56
	Bör	8	0,8	0,75	0,56

För lokaler rekommenderas att fasta armaturer förses med antingen närvarostyrning eller dagsljusreglering där detta är lämpligt. En eleffektiv belysning minskar inte enbart belysningens elförbrukning utan kan också motverka ett eventuellt kylbehov. (BBR, 2012)

Som anmärkning i belysningskraven gällande skollokaler rekommenderas det att belysningen i föreläsningssalar kan regleras. (Månsson & Svensson 2010, s. 152). Reduktionsfaktorn för dagsljus är beroende av byggnadens orientering, breddgrad, storlek på fönster, utformning av solavskärmning samt den belysningsstyrka som ska råda i lokalen. Även molningheten har betydelse för reduktionsfaktorn. Dagsljusstillskottet blir större längre söderut i landet och

fasadernas väderstrecksriktning avgör graden av direkt och indirekt infallande solljus. (Warfvinge & Dahlblom 2010, s.4:16)

5-3Tabell med exempel för infallande dagsljusstillskott (Månsson & Svensson 2010, s.78)

Ort	Belysningskrav, styrka på infallande dagsljus, samt faktor för infallande dagsljusstillskott								
	300 lux			500 lux			750 lux		
	Svag	Medel	Stark	Svag	Medel	Stark	Svag	Medel	Stark
Malmö	0,59	0,72	0,80	0,42	0,59	0,71	0,30	0,46	0,61
Stockholm	0,55	0,68	0,77	0,39	0,55	0,67	0,27	0,43	0,56
Kiruna	0,45	0,59	0,70	0,31	0,45	0,58	0,22	0,33	0,46

### 5.2.5 Beräkningsmetod för belysningsplanering

Antalet lysrör, eller annan typ av belysning, för ett rum med avseende på lux kan uppskattas med NB-metoden, vilket står för *Nordisk Belysningsberäkningsmetod*.

$$N = \frac{E \times A}{n \times \Phi \times \eta \times \beta}$$

N = Antalet armaturer som behövs

E = Rummets belysningskrav

A = Rummets area

n = Antal lysrör per armatur

$\Phi$  = Lumen per lysrör

$\eta$  = Belysningsverkningsgrad

$\beta$  = Bibehållningsfaktor

Belysningsverkningsgraden beror på rummets geometri och ingående ytors förmåga att reflektera ljus. I ljusplaneringsprogram såsom DIALux ges denna efter inmatade data. I annat fall kan den utläsas ur tabell efter att rummets rumsindex och reflektionsfaktorer på väggar, tak och golv bestämts. Tabell erhålles från respektive tillverkare.

Rumsindex bestäms enligt formel nedan.

$$k = \frac{L \times B}{hm(L + B)}$$

k = rumsindex

L = Rummets längd

B = Rummets bredd

hm = Armaturens monteringshöjd över beräkningsplanet

Beräkningsplanets höjd över golv sätts för allmänbelysning till 0,85.

Reflektionsfaktorer kan antingen sättas schablonmässigt efter verksamhetstyp eller utifrån kulörer och material:

5-4Tabell Reflektionsindex (Ljuskultur 2012)

Efter kulör		Schablon Skolor	
Vit målning	0,75-0,85	Tak	0,8
Vitt papper	0,7-0,8	Vägg	0,6
Ljusgrå målning	0,4-0,6	Golv	0,3
Mellangrå	0,25-0,35		
Mörkgrå	0,1-0,2		
Rött tegel	0,15		
Svart	0,05		

Bibehållningsfaktorn är vanligen mellan 0,5 och 0,8. Faktorn är en produkt av två delar. Den första är ljuskällans ljusnedgång. Den andra är en kombination av armaturtyp, omgivningens renhet och underhållsintervall.

5-5Tabell ljusnedgångsfaktor (Ljuskultur 2007)

Nedgång hos ljuskälla efter 10 000 timmar	Ljuskälla	Ljusnedgångsfaktor
≤10%	Raka lysrör med spärrskikt för låg ljusnedgång och högtrycksnatriumlampor	0,90
10-25%	Övriga lysrör, kompaktlysör och kvicksilverlampor	0,85
≥25%	Metallhalogenlampor	0,75

5-6Tabell underhållsfaktor (Ljuskultur 2007)

År mellan rengöringar	2		3		4		5	
Armatyrtyp	Omgivning		Omgivning		Omgivning		Omgivning	
	ren	smutsig	ren	smutsig	ren	smutsig	ren	smutsig
Öppen armatur	0,96	0,85	0,94	0,77	0,92	0,72	0,90	0,66
Sluten armatur	0,98	0,87	0,96	0,84	0,94	0,78	0,92	0,71
Indirekt uppljusarmatur	0,91	0,68	0,84	0,54	0,77	0,40	0,71	0,28

### Exempel

Ett ljusrör med normal ljusnedgång och öppen armatur i ren miljö med 3 års rengöringsintervall har en bibehållningsfaktor på  $0,85 \times 0,94 \approx 0,8$

## 5.3 Värme

Värmesystemet ska under vinterhalvåret ge ett gott inomhusklimat. Värmen ska i rätt mängd fördelas och distribueras i byggnaden varav placering av värmarna ska göras utifrån kraven om komfort. Värmesystemet utgörs av fyra huvuddelar – värmare, distributionssystem, värmekälla och system för styrning och reglering av värmeförseln. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:1)

### 5.3.1 Byggnadens värmebalans

Värme från byggnaden bortförs på grund av transmission  $P_t$ , ventilation  $P_v$  samt oavsiktlig ventilation eller luftläckage  $P_{ov}$ . Samtidigt tillförs värme genom solinstrålning  $P_s$ , internvärme  $P_i$  och via värmesystemet  $P_w$ .

Värmeeffektbalansen blir enligt Dahlblom & Warfvinge (2010, s.4:8) därmed:

$$P_t + P_v + P_{ov} = P_w + P_s + P_i$$

Det dimensionerande effektbehovet omfattar inte värmeförlust från solinstrålning eller den internvärme given av människor, apparater och belysning. Dessa blir dock av betydelse när energibehovet beräknas fram. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:13)

Värmesystemets effektbehov utgörs av de totala specifika effektförlusterna  $Q_{tot}$  som beaktar transmission, ventilationsförluster samt luftläckage (infiltrationsförluster). Enligt SIS (Swedish standard institute) kan effektbehov för uppvärmning vid dimensionerande vinterutetemperatur anges och klassificeras enligt nedan:

$$P_{DVUT} = (\phi_{tr} + \phi_{V1} + \phi_{V2}) / A_{temp}$$

- Transmissionsförluster (W)

$$\phi_{tr} = (\sum U_i \cdot A_i + \sum I_k \cdot \Psi_k + \sum \chi_j) \cdot (\theta_i - \theta_{DVUT})$$

- Ventilationsförluster (W)

$$\phi_{V1} = \rho \cdot C \cdot q_v \cdot d \cdot (1 - \eta) \cdot (\theta_i - \theta_{DVUT})$$

- Infiltrationsförluster (W)

$$\phi_{V2} = \rho \cdot C \cdot q_{drift} \cdot A_{om} \cdot (\theta_i - \theta_{DVUT})$$

5-7 Tabell Ingående värden för bestämning av  $P_{DVUT}$

<b>A<sub>temp</sub></b>	<b>3892 m<sup>2</sup></b>
<b>ρ</b>	1,2 kg/m <sup>3</sup>
<b>c<sub>p</sub></b>	1000 J/kg·K
<b>q<sub>v</sub></b>	Frånluftsflöde
<b>d</b>	Andel av tiden då aggregatet är igång under en medelvecka vid DVUT
<b>η</b>	Verkningsgrad
<b>θ<sub>i</sub></b>	Inomhustemperatur
<b>θ<sub>DVUT</sub></b>	Dimensionerande vinterutetemperatur
<b>A<sub>om</sub></b>	Sammanlagd area för omslutande byggdela- r ytor mot uppvärmda innetluft (m <sup>2</sup> )
<b>q<sub>drift</sub></b>	q <sub>50</sub> /k <sub>I</sub> - q <sub>50</sub> max 0,6l/sm <sup>2</sup> - k <sub>I</sub> = 20

### 5.3.2 Fjärrvärme

Via ett gemensamt värmeverk försörjer fjärrvärme hela eller delar av en tätort med värme via välisolerade rör där fjärrvärmevatten, primärvatten, cirkulerar. I byggnaden övergår värmen via värmexlaren till sekundärvatten i byggnadens egna värmesystem. Värmexlarna finns i byggnadens undercentral. Primär- och sekundärvatten är skilda åt för att inte ge ett läckage till byggnadens värmesystem. Då primärvattnet har ett betydligt högre tryck och högre vattentemperatur skulle detta fördyra värmesystemet. Det finns två värmexlaren i en undercentral, en för uppvärmning och en för tappvarmvattenberedning. (Dahlblom & Warfvinge 2010, ss.4:67-4:68)

I undercentralen finns en värmemängdsmätare som ger underlag för värmedebiteringen. Den mäter, registrerar fjärrvärmefflöde och temperatur på inkommande och utgående primärvatten. Shuntgrupperna reglerar temperaturen till värmesystemet och till luftvärmebatteriet. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:70)

Avsvalnat returledningsvatten blandas i regel med framledningstvattnet för att få ner temperaturen via en shuntanordning. Framledningstemperaturen kan regleras efter utetemperaturen vilket innebär att ju kallare det är desto högre framledningstemperatur väljs. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:64)

Avgiven effekt från en värmare kan regleras på två sätt. Dels kan framledningstemperaturen ändras via shuntning eller så kan vattenflödet ändras via en termostatventil på radiatoren. För en byggnad som värms med fjärrvärme kan effekttreglering ske genom att strypa primärvattenflödet till värmeväxlaren. Detta resulterar i att framledningstemperaturen till radiatorerna och primärflödets temperatur sjunker. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:64)

### 5.3.3 Värmeeffekt- och energibehov

Investeringskostnader är direkt bundet till effektbehovet som anges i watt medan värmeenergibehovet är bundet till driftkostnader. Energibehovet är i sin tur mer komplicerat att beräkna än effektbehovet. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:3)

### 5.3.4 Värmeeffektbehov

Det dimensionerande värmeeffektbehovet bestämmer storleken på det värmesystem som finns i byggnaden och anges i  $W/m^2 A_{temp}$ , vilket för skolor i regel är 45-55  $W/m^2 A_{temp}$ . Dimensionerande värmeeffekt beror på flertalet faktorer som bland annat storleken på klimatskalets omslutande area, isolering, värmetröghet, ventilationsflöde, innetemperatur och utomhustemperatur. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:3)

### 5.3.5 DVUT

Vid dimensionering av radiatorer, rör och värmekälla används begreppet DVUT – dimensionerande vinterutetemperatur. Om den antas för låg blir systemet överdimensionerat och tvärtemot ger ett för kallt inomhusklimat när temperaturen ute sjunker. DVUT bestäms av var byggnaden finns och dess tidskonstant. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:4)

### 5.3.6 DIT

Valet av DIT, dimensionerande inneluftstemperatur, är beroende av vad för verksamhet som skall bedrivas i byggnaden. Lufttemperaturen behöver inte begränsas till den nivå som väljs men ska däremot kunna hålla den dimensionerande inneluftstemperaturen vid DVUT. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:8)

### 5.3.7 Byggnadens energibehov

Energianvändningen för byggnader varierar stort. Passivhus har i regel ett årsbehov av köpt energi på cirka  $70 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ . Generellt kan det för en kontorsbyggnad enligt *Dahlblom & Warfvinge* (2010, ss.4:14-4:15) antas att fördelningen ser ut enligt följande:

5-8 Tabell Energibehov kontorsbyggnad (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4.14)

Avseende	[kWh/m <sup>2</sup> A <sub>temp</sub> ]	[%]
Uppvärmning	65	38
Varmvatten	15	9
Verksamhetsel	50	29
Fastighetsel	30	18
Komfortkyla	10	6
	<b>Σ 170</b>	<b>Σ 100</b>

Uppvärmning avser energi till värmesystemet och för värmning av ventilationsluften i ett luftbehandlingsaggregat. Behovet av köpt energi minskar dels på grund av solinstrålning, genererad värme från apparatur och personer och om återvinning finns i ventilationssystemet. För skolor kan det interna värmetilskottet motsvara cirka  $28 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$ . (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:14-4:16)

Energi för varmvattenberedning beror på varmvattenanvändningen och temperaturen på inkommande kallvatten liksom för värmeförluster i distributionssystemet. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:14)

Verksamhetselen kan principiellt fördelas på belysning, kontorsapparater så som datorer, kopiatorer och på eventuella vitvaror. Fastighetselen omfattar el för drift av exempelvis fläktar, pumpar, belysning av utrymmen som är gemensamma och utomhusbelysning. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:14)

### 5.3.8 Rumsvärmare

Värmeytorna ska placeras på sådant sätt i rummen att komfortkrav uppfylls och att en känsla av jämn temperatur uppnås. Vid ytterväggar och fönster kyls rumsluften och strömmar ner mot golvet, vilket kan leda till golvdrag. Vid



radiatorerna värms luft som därmed stiger upp mot taket. Utifrån detta skapas en vertikal temperaturdifferens då luften skiktas. (Dahlblom & Warfvinge 2010, s.4:22)

Radiatorer är en vanlig typ av rumsvärmare som omfattar värmeväxling mellan värmevatten och rum. Panelradiatorn består av ett eller flera element som är parallella med väggen. Var och ett består av plåt som pressats samman och horisontella vattenkanaler finns med vertikala mellanrum. Bredden bör minst vara fönstrets bredd minskat med 200 mm. Höjden måste givetvis anpassas efter bröstningen och ska helst ha 100 mm fritt utrymme över och under i förhållande till golv respektive fönster. För en panelradiator avges cirka 35 % av värmen genom strålning och 65% via konvektion. Strålning sker från framsida mot rumsytorna och dess värmeavgivning beror på möblering och gardiners placering samt rumsytornas temperatur och radiatorns ytbehandling. Omålade och plana radiatorer är effektivast. Luften vid radiatorn stiger i sin tur genom egenkonvektion då den värms och ersätts av svalare luft från rummet. Därför är det av stor vikt att radiatorn placeras med tillräckligt avstånd från både vägg, golv och fönsterbänk för att denna cirkulation inte ska förhindras. (Dahlblom & Warfvinge 2010, ss.4:23-4:24)

#### **5.4 Tappvattensystem**

Begreppet syftar till de rörledningar, armaturer och övriga tekniska anordningar som finns i en byggnad. Enligt Warfvinge & Dahlblom (2010, ss.5:4–5:5) ska tappvarmvattnet hålla minst 50°C vid tappstället och för personlig hygien får det inte vara varmare än 60°C. Varmvattnet får inte understiga 50 °C i någon del av tappvarmvattenssystemet.

Temperatur på varmvattnet vid tappstället är av intresse då denna eventuellt kan sänkas, dock med hänsyn till minimikravet om 50°C vid tappstället. Typ av armatur vid tappstället bör ses över vid en inventering så som tvågreppsblandare, engreppsblandare eller resurseffektiva engreppsblandare. Kontrollen bör även notera om något tappställe inte används. (Adalberth & Wahlström 2009, ss.136-137)

Resurseffektiva armaturer kan reducera flödet så att detta blir mindre än cirka 7 och 5 liter per minut för köksvask respektive tvättställ. Detta gäller när armaturens handtag hålls i ett så kallat ”normalläge”. När handtaget förs till ett maximalläge erhåller tappstället då ett flöde på 12 liter per minut. För dusch gäller ett flöde om 9 liter per minut, vid normalläge. (Adalberth & Wahlström 2009, s.138).

Ungefärlig kostnad för resurseffektiva armaturer i tvättställ, kök och dusch är 1800, 2100 respektive 2400 kr styck. Detta är för arbete och material, exklusive moms. (Adalberth & Wahlström 2009, ss.139-140)

I en rapport av Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP, har vatten- och energibesparing vid byte av tappvattenarmatur analyserats. Mätobjekten är byggda år 1920 men totalrenoverades år 1978. Flödet vid tvättställen har visat sig ha ett flöde om 13 liter per minut och köksblandaren 14 liter per minut. (SP 2000, ss. 5-12)

Energianvändningen i lokalbyggnader varierar avsevärt men energianvändningen kan dock uppskattas till mellan 70-170 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> för uppvärmning och varmvatten. För skolor kan värdet uppskattas att ligga mellan 103-160 kWh/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> för värme och varmvatten. (Energilotsen, 2012)

Enligt Energimyndigheten (2010) fördelas hushållens vattenanvändning enligt följande:

- Diskho i kök 41% (23% vv, 18% kv)
- Tvättställ 19 % (11% vv, 8% kv)
- Bad/dusch 40 % (27% vv, 13% kv)

#### 5.4.1 Vattenanvändning

Enligt Adalberth & Wahlström (2009, s.35) anges vattenanvändningen i skolor vara i genomsnitt 0,35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> BRA, vilket enligt samma författare (2009, s.28) kan jämföras med 0,35 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>. Ingen omräkningsfaktor krävs. Generellt framgår det att varmvattenanvändningen utgör cirka 40 % av vattenanvändningen i flerbostadshus. För skolor bör denna andel i regel vara mindre (Adalberth & Wahlström, 2009, s.35).

$$\Sigma_{KV} = 0,35 \times A_{temp} \text{ [m}^3\text{]}$$

Energi till varmvattenanvändningen kan enligt Adalberth & Wahlström (2009, ss.34-35) uppskattas enligt följande:

$$E_{VV} = \frac{\text{Andel}_{VV} \times V_{KV} \times \rho \times C_p \times (T_{VV} - T_{KV})}{3600} \text{ [kWh]}$$

V<sub>KV</sub> = Kallvattenvolym (m<sup>3</sup>)

ρ = vattnets densitet ≈ 1000 kg/m<sup>3</sup>

C<sub>p</sub> = vattnets specifika värmekapacitet, 4,2 kWs/(kg·K)

T<sub>VV</sub> = Varmvattentemperatur, vanligen 55°C.

T<sub>KV</sub> = temperatur på inkommande vatten, ≈ 10°C, i Götaland.

## 5.5 Köldbryggor

En köldbrygga innebär att ett material med dålig värmeisolering bryter igenom ett annat med bättre isoleringsförmåga. Det gäller för olika former av anslutningar där exempelvis isolertjockleken blir mindre än för väggar, bjälklag, m.m. (Abel & Elmroth 2008, ss.70)

Köldbryggor inverkar bland annat genom att ge ökade värmeförluster och lokala sänkningar av yttemperaturen. Köldbryggorna existerar framför allt vid konstruktionsdetaljer vid anslutning mellan yttervägg och grund, yttervägg och tak, bjälklag och yttervägg men även vid fönster och ytterdörrar mellan karmar och ytterväggen. Det finns även punktformiga köldbryggor som utgörs av exempelvis kramlor som håller uppe en tegelfasad samt träreglar i en yttervägg. Det går att begränsa köldbryggeffekten vid utformning av respektive konstruktion (Abel & Elmroth 2008, ss.71-72)

Värmetransporten kan i vissa fall skilja sig med uppemot 50 % i jämförelse med värmetransporten genom ytterväggen. Vid val av värmesystem är det främst av komfortskäl viktigt att studera de byggnadstekniska detaljlösningarna. (Abel & Elmroth 2008, ss.71-72)

### 5.5.1 Lufttätning

Luftläckage innebär infiltration av uteluft vilket medför ökade värmeförluster och minskad värmeåtervinning ur frånluften som följd. Problemet med läckage kan även resultera i komfortproblem vilket då innebär att en högre inomhustemperatur erfordras.(Abel & Elmroth 2008, ss.72-75)

## 5.6 Swedish Standards Institute (SIS)

SIS är en medlemsbaserad och ideell förening vars specialisering gäller nationella och internationella standarder. Föreningen verkar för att processer och produkter blir säkrare och effektiviserar verksamheten. Bland annat finns SS 24300-1:2011 som berör byggnaders energiprestanda och avser effektklassning av värmebehov.

Denna kompletterar SS-EN 15217:2007 – *Byggnaders energiprestanda*. Syftet lyfts fram i respektive standard med att energiklassning av byggnader syftar till att ge uppmuntran för byggherrar, fastighetsägare, driftpersonal och användare att bättra byggnadens energiprestanda i alla delar av byggnaden. Standarden ger en klassning på en 7-gradig skala från A till G.

### 5.6.1 Effektklassning av värmebehov

Svensk Standard (SS) 24300-1:2011

Denna del specificerar indikatorer för att uttrycka byggnadens effektbehov för uppvärmning. Klassningen enligt den 7-gradiga skalan ger en indikation om effektbehovet är lågt eller högt och ges för gällande nationella klimatzoner.

## 6 Jeppaskolan

Jeppaskolan byggdes år 1980 och ligger centralt i Höör. Skolan har 250 elever och 35 verksamma lärare och det finns även tre fritidshem i skolans lokaler.<sup>1</sup>

Höørs fastighets AB är ett koncernbolag som till fullo ägs av Höørs kommun. Bolaget äger fastigheter med kommunala verksamheter så som Jeppaskolan samt andra förskolor, idrottshallar, äldreboenden och kulturbyggnader. Höørs fastighets AB består utav flertalet anställda så som tjänstemän, fastighetstekniker, fastighetsskötare, verksamhetsmästare och lokalvårdare. (Hoorfast, 2011)

Rindi Höör AB är fjärrvärmeleverantör vars energipris för fjärrvärme är 542 kr/MWh (Rindi, 2012). Vidare finns VA-avgifter som för levererad vattenmängd är 12,51 kr/ m<sup>3</sup> och därtill 11,63 kr/ m<sup>3</sup> för spillvatten. (Höørs kommun, 2012d)

Följande avsnitt ämnar beskriva skolan utifrån tillgängligt ritningsunderlag samt drift- och underhållsinstruktioner i viss kombination med information om verksamheterna. Även energideklarationen och besiktningsprotokollet lyfts fram i detta avsnitt.

### 6.1 Konstruktion

I detta avsnitt beskrivs skolans konstruktion som baseras på tillgängligt ritningsunderlag. Vidare tillkommer ytterligare information så som byggdelars U-värden.

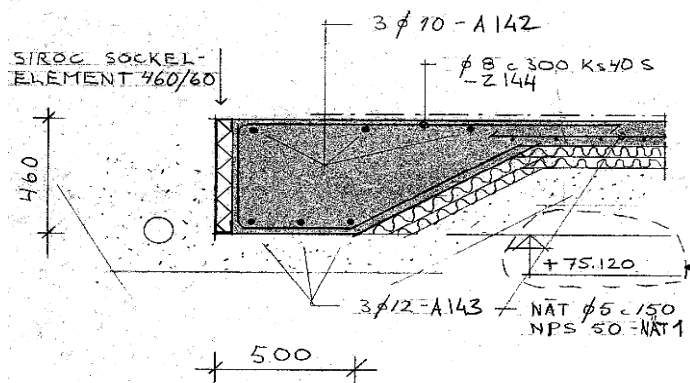
#### 6.1.1 Grund

Grundfundamentet utgörs av dels platta på mark men även källare och kulvertar. Skolans västra och södra del har till störst del platta på mark som grundfundament. Denna består av 200 mm betongplatta och en underliggande isolering i form av 50 mm markskiva. Plattans kantbalk är utvändigt isolerad med ett 60 mm Siroc sockelelement och på insidan 40+40 mm isolering. Markskivorna från kantbalken fortsätter en bit under plattan där de övergår till 50 mm tjocklek. Kantbalken saknar underliggande isolering.

---

<sup>1</sup> Anette Saxell biträdande rektor Jeppaskolan – intervju 2012-03-14

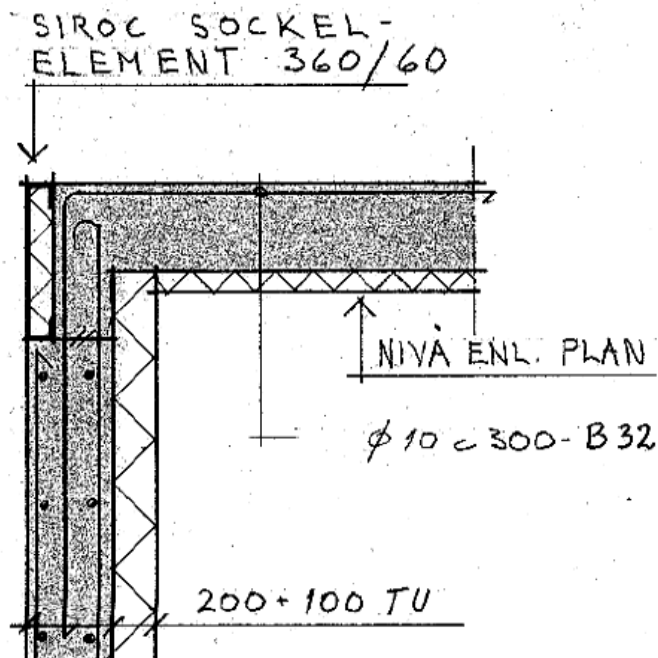
### 6-1 Bild Kantbalk



B-B KANTBALK PLATTA PÅ MARK  
1:20

Under skolans norra och östra del finns källarutrymmet. Källarväggarna består utav 250 mm armerad betong och är isolerade invändigt med 100 mm träull. Ett sockelelement sträcker sig 360 mm ner mot källarväggens yttersida. Källartaket är likt plattan på mark isolerad med 50 mm träull. Källargolvet utgörs av betongplatta och saknar isolering.

### 6-2 Bild Källarvägg & Källarbjälklag



Under den västra och södra delen av skolan finns ett kulvertsystem som angränsar till källaren. Ovan kulvertarna består plattan av 200 mm betong isolerad med 120 mm underliggande träull. Kulvertarna saknar annars

isolering. Källarväggar som angränsar till kulvertsystemet är däremot isolerade med 50 mm träull.

### 6.1.2 Tak

Taket består av prefabricerade fackverkstakstolar av trä samt limträbalkar med infästning på stålbalkar. Limträbalkarna finns i takkonstruktionen som täcker elevmatsalen och köksavdelningen i byggnadens norra del. I övrigt gäller fackverkstakstolar. Taket är isolerat med 170+50 mm mineralull.

### 6.1.3 Ytterväggar

Ytterväggkonstruktionen utgörs av en träregelstomme med tegelfasad och tjockleken på väggkonstruktionen är cirka 330 mm. 2365 mm upp från grundplattans överkant övergår fasadbeklädnaden från fasadtegel till korrugerad fasadplåt. I ytterväggarna som löper parallellt med takstolarna finns även bärande stålpelare, något inskjutna i väggarna och isolerade med 30 mm mineralull mot utsidan. Dessa bär upp stålbalkarna i takkonstruktionen.

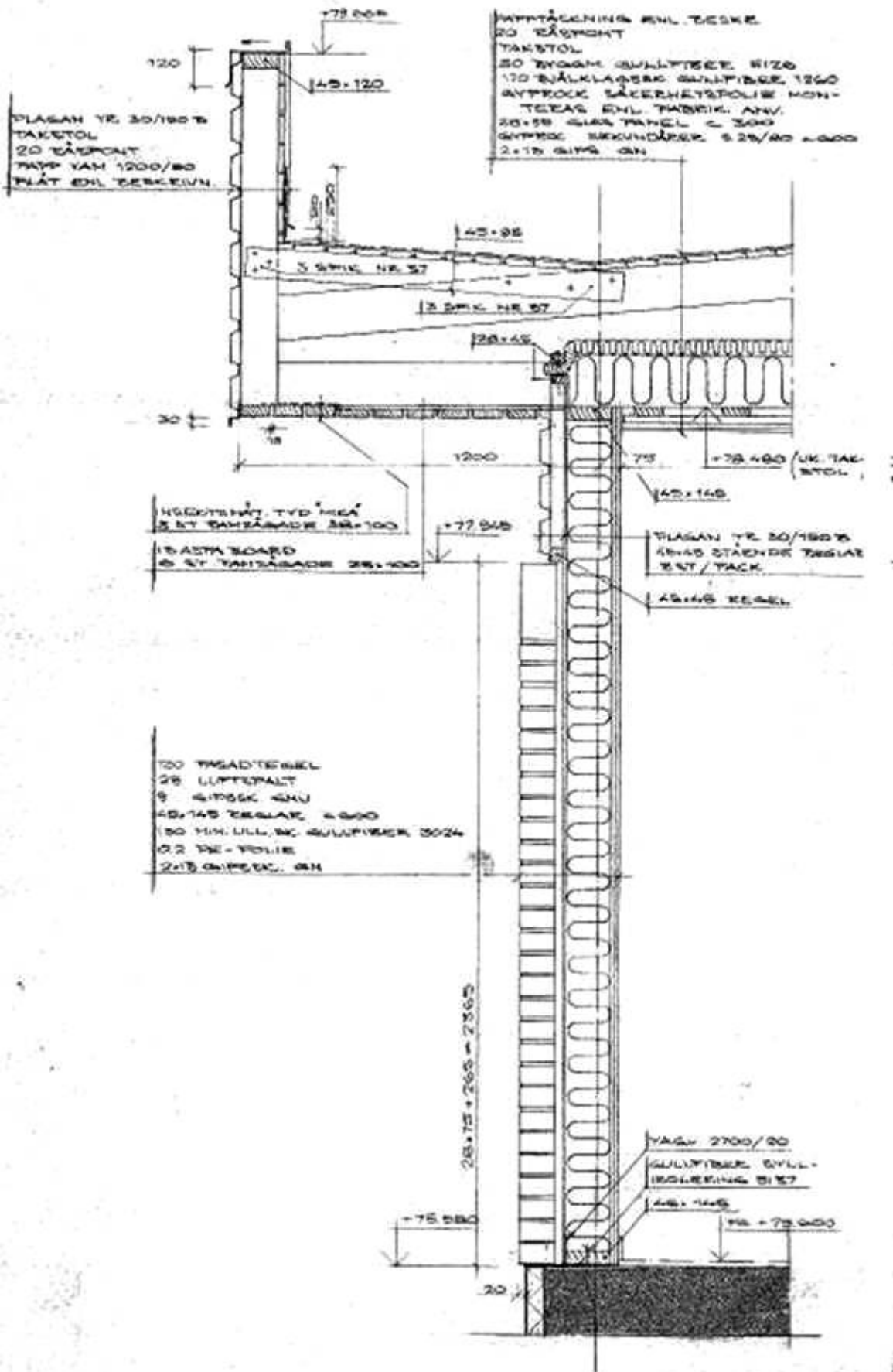
#### Upp till 2365 mm höjd:

120 mm Fasadtegel  
25 mm Luftspalt  
9 mm Gipskiva  
45x145 mm Reglar, c/c 600.  
150 mm Mineralullskiva  
0,2 mm PE-folie  
2x13 mm Gipsskiva

#### Från 2365 mm höjd:

TR 30/150B  
45x45 mm stående reglar  
9 mm Gipsskiva  
45x145 mm Reglar, c/c 600.  
150 mm Mineralull  
0, 2 mm PE-folie  
2x13 mm Gipsskiva

6-3 Bild Väggbonstruktion





#### 6.1.4 Fönster

Samtliga ingående delar så som profiler, plåtar och beslag till fönster tillverkas av brunanodiserat aluminium. Profilerna är tillverkade av strängpressat aluminium. Glaset utgörs av typen 3-glas isolerruta av fabrikatet Emmaboda, maskinglas A. Av det totala antalet fönster är 41 stycken öppningsbara i någon form. Takfönstren finns inte med i fönsterförteckningen men existerar i befintlig konstruktion och ges beteckningen TF. Dessa finns över elevmatsalen, köksområdet och väntrum på expeditionsområdet.

U-värdet för hela fönstret kan uppskattas till  $2,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  enligt *Adalberth & Wahlström* (2009, s.63).

6-1 Tabell Fönsterförteckning

Beteckning	Karmyttermått [mm]		Antal [n]	Area [m <sup>2</sup> ]
	b	h		
F2	1110	1820	12	24,2
F3	1110	1820	5	10,1
F4	870	1470	110	140,7
F5	870	1470	32	40,9
F6	870	1170	4	4,1
F7	870	1170	3	3,1
F8	1078	1820	1	1,9
F9	1026	1820	2	3,7
F10	1026	1820	1	1,9
TF	1000	1000	16	16,0
			<b><math>\Sigma = 186</math></b>	<b><math>\Sigma = 246,6</math></b>

6-2 Tabell Fönster

Fasad	Antal [n] och typ	Yta [m <sup>2</sup> ]
Nordväst	<b>28</b> 9 F2, 3 F3, 12 F4, 4 F5	44,7
Sydväst	<b>20</b> 16 F4, 4 F5	25,6
Sydost	<b>30</b> 18 F4, 12 F5	38,3
Nordost	<b>14</b> 3 F2, 2 F3, 3 F4, 2 F5, 1 F8, 2 F9, 1 F10	24,0
Atriumgård västra	<b>34</b> 33 F4, 1 F5	43,5
Atriumgård södra	<b>44</b> 28 F4, 9 F5, 4 F6, 3 F7	54,5
Tak	<b>16</b> 16 TF	16,0
		<b>Σ = 246,6</b>

### 6.1.5 Ytterdörrar och fönsterdörrar

Principiellt har skolan två typer av dörrar. Dessa är dörrar med ytskikt av aluminiumpanel och dörrar vars ytskikt till merparten utgörs av glas och därtill aluminiumkarmar. Samtliga ingående delar så som profiler, plåtar och beslag till fönsterdörrar tillverkas av brunanodiserat aluminium. I vissa fall utgörs ytterrutan av säkerhetsglas. Mellan aluminiumskivorna finns fyllning av 55 mm mineralull. U-värdet kan uppskattas till  $4,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})^2$ .

6-3 Tabell Dörrar

Fasad	Aluminium- panel [n]	Yta [m <sup>2</sup> ]	Glasdörrar samt fönsterdörrar [n]	Yta [m <sup>2</sup> ]
Nordväst	0	0	3	12,2
Sydväst	0	0	2	7,0
Sydost	0	0	3	10,4
Nordost	4	9,4	1	2,0
				<b>Σ = 31,6</b>
Atrium 1	0	0	4	8,1
Atrium 2	0	0	5	10,1
		<b>Σ = 9,4</b>	<b>Σ = 49,8</b>	

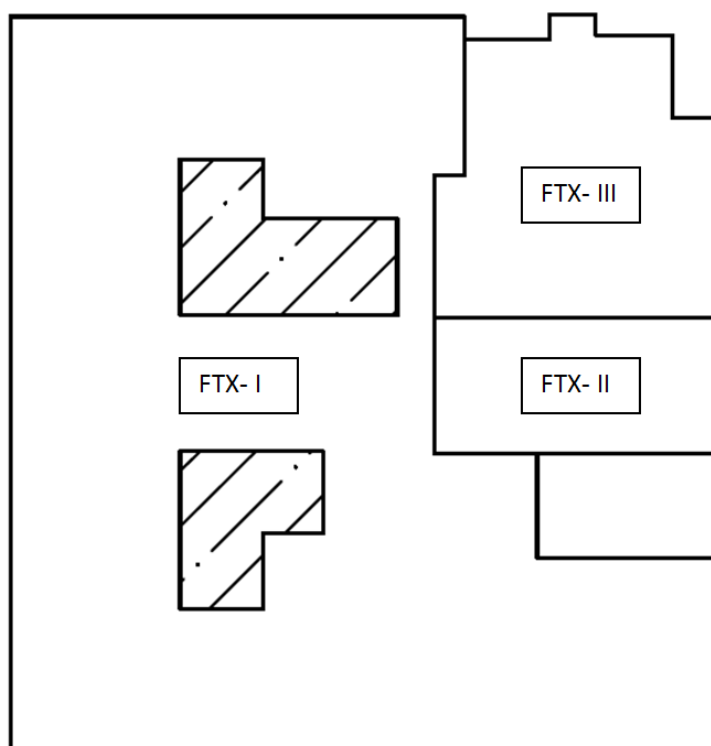
<sup>2</sup> Peder Edman Ingenjör Sapa Building System AB – e-post den 21 mars 2012

## 6.2 Ventilationssystem

Ventilationssystemen på skolan är cirka 33 år gamla och detta omfattar i regel åldern på varje ingående komponent i systemen. Projektering av ett nytt ventilationssystem ska påbörjas och avser ersätta de befintliga år 2013-2014. Detta innebär en kvarvarande livslängd på maximalt två år för de nuvarande ventilationssystemen på skolan.<sup>3</sup>

Ventilationen utgörs huvudsakligen av tre separata FTX-system som var för sig betjänar olika zoner på skolan. För varje betjäningszon inom respektive system förvärms luften med en luftvärmare. De tre systemen är i drift- och underhållsinstruktionerna namngivna med beteckningarna TA1-FF1, TA2-FF2 samt TA3-FF3. Fortsättningsvis kommer de tre separata ventilationssystemen att namnges som FTX-I, FTX-II respektive FTX-III.

6-4 Bild Betjäningsområden för FTX-I, II och III



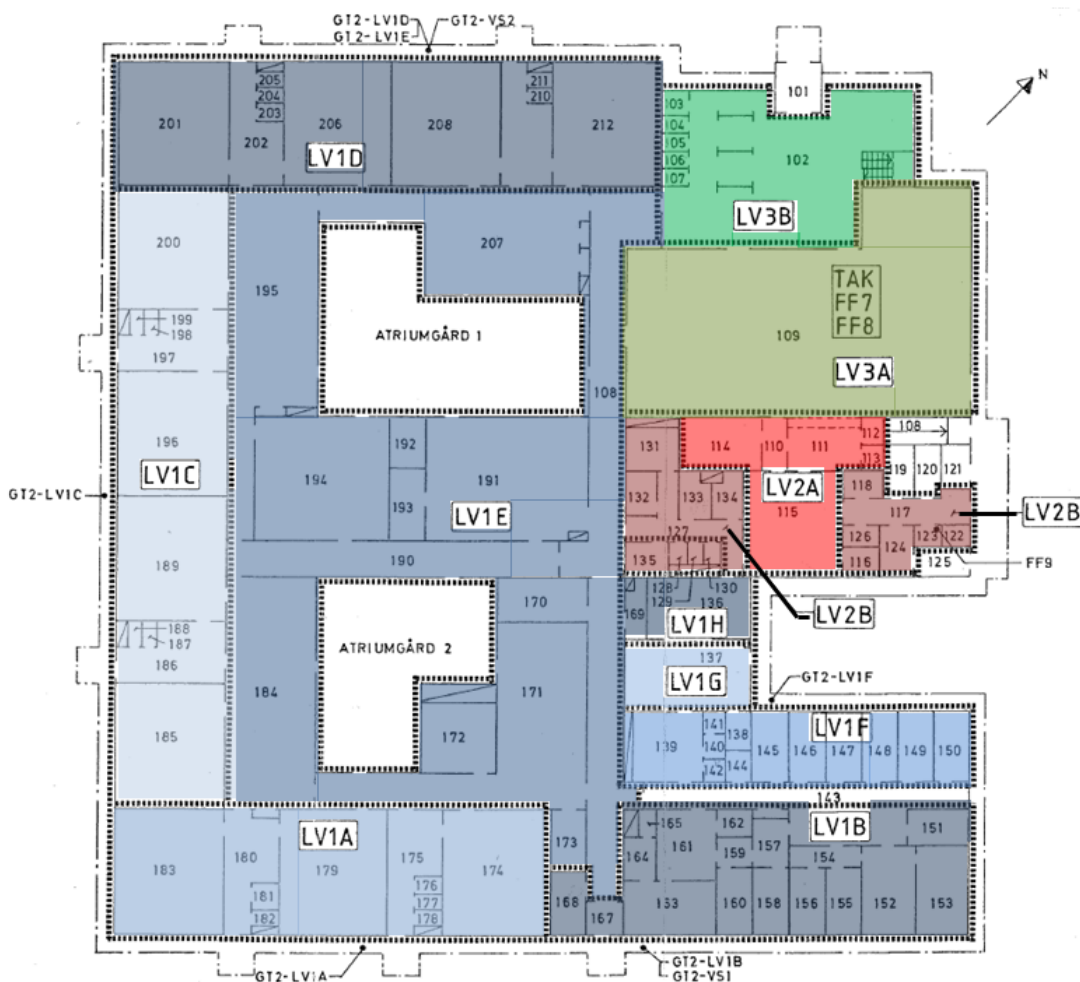
Övriga system utgörs av TF(FF)4 som vid behov ventilerar skolans värmecentral med luft från angränsande källarutrymme. Denna styrs via en temperaturgivare där börvärdet är inställt till att inte underskrida 22 grader. Vidare finns det ytterligare fem frånluftsfläktar, FF5-FF9, som avser betjäna kulvertarna under skolan samt takkonstruktionen ovan elevmatsal och kylrum. Bild 6-4 samt bild 6-5 visar en överskådlig bild av ventilationssystemen.

<sup>3</sup> Dan Johansson drifttekniker Höörs fastighets AB, intervju den 13 april 2012.

6-4 Tabell Ventilationssystem

Beteckning	Fläkt	VVX	Luftvärmare	Drifttid
FTX-I	1 tilluft 1 frånluft	Roterande vvx.	LV1A-H & LV1J-K	06:00-19:00
FTX-II	1 tilluft 2 frånluft	Tvärströms platt-vvx	LV2A-B	06:00-17:00
FTX-III	1 tilluft 1 frånluft	Roterande vvx.	LV3A-B	06:00-19:00
TF(FF)4	1 tilluft			Behov
FF5-6				Kontinuerlig
FF7-8				Kontinuerlig
FF9				Behov

6-5 Bild Betjäningszoner för FTX-I, II och III



6-5 Tabell Aggregat

FTX-I		FTX-II		FTX-III	
<i>Beteckning</i>	<i>kW</i>	<i>Beteckning</i>	<i>kW</i>	<i>Beteckning</i>	<i>kW</i>
TA1	11,00	TA2	4,00	TA3	4,00
FF1	11,00	FF2	3,00	FF3	3,00
VVX	0,18			VVX	0,18
	<b>Σ 22,18</b>		<b>Σ 7,0</b>		<b>Σ 7,18</b>
SFP: 3,5kW/m <sup>3</sup> /s		SFP: 3,5kW/m <sup>3</sup> /s		SFP: 3,5kW/m <sup>3</sup> /s	
P <sub>tillförd</sub> : 18,2 kW		P <sub>tillförd</sub> : 5,2 kW		P <sub>tillförd</sub> : 6,44 kW	

### 6.2.1 FTX-I

Till- och frånluftsaggregat med värmeåtervinning som betjänar klassrum, komplementutrymmen, trä- och textilslöjdssalar, förbindelseleder, kontor, samvaro- och personalrum samt skyddsrum i källarutrymmet. Aggregatet, som är placerat i fläktrummet i källaren, är försedd med roterande värmeväxlare. Möjlighet för varvtalsreglering finns och det finns även ett tidsrelä för aggregatet. De utrymmen som betjänas av FTX-I indelas i zoner och betecknas utifrån vilken luftvärmare som betjänar respektive zon. Varje betjäningszon är försedd med ett styrur. Nuvarande drifttidsinställning är gällande för samtliga betjäningszoner. Beskrivning av betjäningszonerna följer av tabell 6-6 och 6-7.

## 6-6 Tabell Betjäningszoner FTX –I

### **Betjäningszoner**

#### **LV1A, LV1C, LV1D och LV1E**

Drifftidsinställning som väljs för ventilationssystemet gäller per automatik för dessa betjäningszoner då tidsrelä saknas för vardera. Detta innebär därmed att spjäll för till- och frånluft öppnar respektive stängs ned i samband med driftstart och driftstopp av FTX-I.

LV1E omfattas av två spjäll för tilluft och tre spjäll för frånluft. Utav dessa finns tidsrelä som möjliggör tidreglering för viss del av betjäningszonen. Denna del omfattar trä- och metallslöjdssal samt syslöjdssal.

#### **LV1B, LV1F, LV1G och LV1H**

Tidsrelä finns för var och en av dessa betjäningszoner. Detta medför möjlighet att öppna eller stänga spjäll vid andra tider än gällande drifftidsinställning för FTX-I. För betjäningszonerna LV1G och LV1H gäller gemensamt spjäll för till- och frånluft. Dock regleras vardera zonen av egen temperaturgivare, liksom för övriga zoner

#### **LV1J och LV1K**

Tidsrelä finns för en var av dessa betjäningszoner. Detta medför möjlighet att öppna eller stänga spjäll vid andra tider än gällande drifftidsinställning för FTX-I. Betjäningszonerna delar samma spjäll för frånluft. Spjäll för tilluft är placerad före luftvärmarna.. Detta ska enligt funktionskortet ge möjlighet att öppna styrdon för värme enbart vid behov.

6-7 Tabell Verksamhetsbeskrivning och verksamhetstider FTX –I

Zon	Verksamhetsbeskrivning	Verksamhetstid
LV1A	Undervisning samt förskola/fritidshem <i>Solen</i>	06:00 – 17:00
LV1B	Lärarexpedition	06:30 – 17:00
LV1C	Undervisning	08:15 – 15:00
LV1D	Undervisning, fritidshem <i>Månen</i>	07:00 – 17:00
LV1E	Undervisning, fritidshem <i>Månen</i> och <i>Solen</i> .	08:15 – 17:00
LV1F	Lärarexpedition	06:30 – 17:00
LV1G	Personal- och samvarorum	06:30 – 17:00
LV1H	Personal- och samvarorum	06:30 – 17:00
LV1J	Skyddsrum källarutrymme	X
LV1K	Skyddsrum källarutrymme	X
<b>Kommentarer till verksamhetsbeskrivning</b>		
<p>Undervisning förekommer från kl.08:40 – 15:00 och lärarna är på plats i klassrummen kl.08:15. Övertidsarbete förekommer, dock sällan, efter kl. 17:00 och sker i antingen klassrum eller på expeditionen. Från kl.18:00 står alla betjäningsszoner tomma, vidare annat inte bestämts på förhand.<sup>4</sup> Fritidshemmet <i>Solen</i> har öppet kl. 06:00 – 17:00 och <i>Månen</i> 07:00 – 17:00. När fritidshemmen stänger förflyttas kvarvarande barn till fritidshemmet <i>Galaxen</i> som betjänas av FTX-III. Fritidshemmet <i>Månen</i> utgörs för övrigt av utrymmen som är befintliga i två betjäningsszoner, LV1D och LV1E.</p> <p>Klassrum för LV1E omfattar trä- och metalslöjd, syslöjd samt mindre klassrum för specialklasser. Vidare finns även datorsal, bibliotek och förbindelseleder.</p>		

<sup>4</sup> Anette Saxell biträdande rektor Jeppaskolan – telefonsamtal den 13 april 2012

## 6.2.2 FTX-II

Till- och frånluftsaggregat med värmeåtervinning som betjänar skolans kök, diskrum, serveringsrum samt förråd och omklädningsrum. Systemet är försedd med en platt tvärströmsvärmväxlare för återvinning av värme ur frånluften. Nuvarande drifttidsinställning är gällande för samtliga två betjäningszoner.

6-8 Tabell Betjäningszoner, verksamhetsbeskrivning och verksamhetstider FTX –II

<b>Betjäningszoner</b>		
LV2A och LV2B		
Betjäningszonerna delar spjäll för både till- och frånluft. Dessa öppnas och stängs i samband med driftstart och driftstopp av FTX-II. Möjlighet att reglera zonernas drifttider separat saknas därför. Betjäningszonerna konstanthåller lokaltemperaturen genom reglering via temperaturgivare.		
<b>Zon</b>	<b>Verksamhetsbeskrivning</b>	<b>Verksamhetstid</b>
LV2A	Storkök, servering, diskrum, förråd	06:00 – 17:00
LV2B	Omklädningsrum, förråd	06:00 – 17:00



### 6.2.3 FTX-III

Till- och frånluftsaggregat med värmeåtervinning som betjänar fritidshemmet *Galaxen* och skolans elevmatsal. Systemet är försedd med roterande värmeväxlare med återvinning av värme ur frånluften. Nuvarande drifttidsinställning är gällande för samtliga två betjäningszoner. Dessa betjäningszoner är främst beroende av ventilationssystemets luftvärmare för uppvärmning. Från kl.19:00 – 06:00 värms betjäningszonerna efter behov via rotation av återluft.

6-9 Tabell Betjäningszoner, verksamhetsbeskrivning och verksamhetstider FTX –III

<b>Betjäningszoner</b>		
LV3A och LV3B		
Betjäningszonerna delar spjäll som öppnas i samband med driftstart och driftstopp av FTX-III. Temperatur hålls konstant via temperaturgivare i respektive betjäningszon.		
<b>Zon</b>	<b>Verksamhetsbeskrivning</b>	<b>Verksamhetstid</b>
LV3A	Fritidshemmet <i>Galaxen</i>	07:00 – 18:30
LV3B	Elevmatsal	10:40 – 14:00
<b>Kommentarer till verksamhetsbeskrivning</b>		
Fritidshemmet <i>Galaxen</i> står tomt ca kl.08:40 – 12:00.		
Angiven verksamhetstid för elevmatsalen omfattar det tidsintervall för vilket elever och lärare äter lunch. Därefter pågår städning av elevmatsalen efter att lunchen är avslutad och denna uppskattas vara avslutad kl.14:00.		

### 6.3 Värmesystem

Byggnaden värms med fjärrvärme och förses med värmevatten, värme primär VP, från en gemensam panncentral i högstadieskolan. Distribution av värmevattnet görs via värmekulvert till respektive byggnad, däribland Jeppaskolan. Uppvärmning sker huvudsakligen med radiatorer, försedda med termostatventiler, med undantag för elevmatsal och fritidshemmet *Galaxen* som uppvärms med varmluft.

Styrning av framledningstemperaturen, i förhållande till utetemperaturen, sker via shuntaggregat och temperaturgivare utomhus. Dessa kompenseras inställt värde på framledningstemperaturen efter gällande utomhustemperatur. Inställd kurva för framledningstemperaturen kan ökas eller minskas med 0-20 °C. Temperaturgivaren styr via reglercentralen att inställd framledningstemperatur följer kurvan. Driftfall kan väljas för exempelvis dag- eller nattdrift och framledningstemperaturen kan under nattetid sänkas med 0-40 °C. Helgsänkning görs för närvarande med -5 på radiatorkurvan <sup>5</sup>. Radiatorkretsarna är uppdelade i väderstreckzoner, syd- och norrfasad.

6-10 Tabell Värmesystem

<b>Eldata</b>	<b>380/220 V, 50 Hz</b>
Värmevatten VP	90-60 °C
Värmevatten VS	80-60 °C
Driftstryck	250 kPa
Max. arbetstryck	400 kPa

## 6.4 Tappvattensystem

Tappvattenledningen till Jeppaskolan och närliggande gymnastiksal är ansluten till kommunens ledningsnät vid Jeppa Gränd. Vattenmätaren är placerad i skolans undercentral och gäller för både skolan och gymnastiksalen. Tappvarmvatten bereds dock för respektive byggnad, det vill säga separat för Jeppaskolan. Vattenmätaren för tappvarmvattnet finns i undercentralen. För varmvattenberedaren finns det en temperaturgivare som ger den temperatur på varmvattnet som önskas, som för närvarande är 55 °C.

Den totala vattenanvändningen för Jeppaskolan samt närliggande gymnastiksal är 1500 m<sup>3</sup> per år. Av den kallvattenmängd som används på Jeppaskolan varje år går cirka 250 m<sup>3</sup> åt som varmvatten, vilket värms i varmvattenberedaren. Varmvattenmängden gäller enbart för Jeppaskolan.

Den inventering som genomförts visar att det finns 40 blandare på skolan exklusive skolköket. Sensorstyrda blandare finns på sex WC-utrymmen, resterande är av sedvanlig typ.

---

<sup>5</sup> Dan Johansson drifttekniker Höörs fastighets AB – e-post den 16 mars 2012

**6-11 Tabell Blandare**

<b>Utrymme</b>	<b>Antal</b>	<b>Typ</b>	<b>Användning</b>
WC	21	Sedvanlig, engreppsblandare. 6 stycken är sensorstyrda.	Normal
Klassrum	16	Sedvanlig, engreppsblandare	Sällan
Expedition	3	Sedvanlig, engreppsblandare.	Normal

## **6.5 Belysning**

Belysningen på skolan består till merparten av lysrör där T8 med konventionella don är den vanligaste typen. Ett byte har genomförts i delar av byggnaden där det nu sitter nya armaturer med T5 och HF-don. Övervägande styrs belysningen manuellt. Annan styrning och reglering av belysning saknas med undantag från utebelysning och i WC-utrymmen med ny belysning som styrs med skymningsrelä respektive närvarosensor. Belysningen i klassrum är sektionerad och de två rader av tre, som ligger längst från fönstren, kan tändas separat.

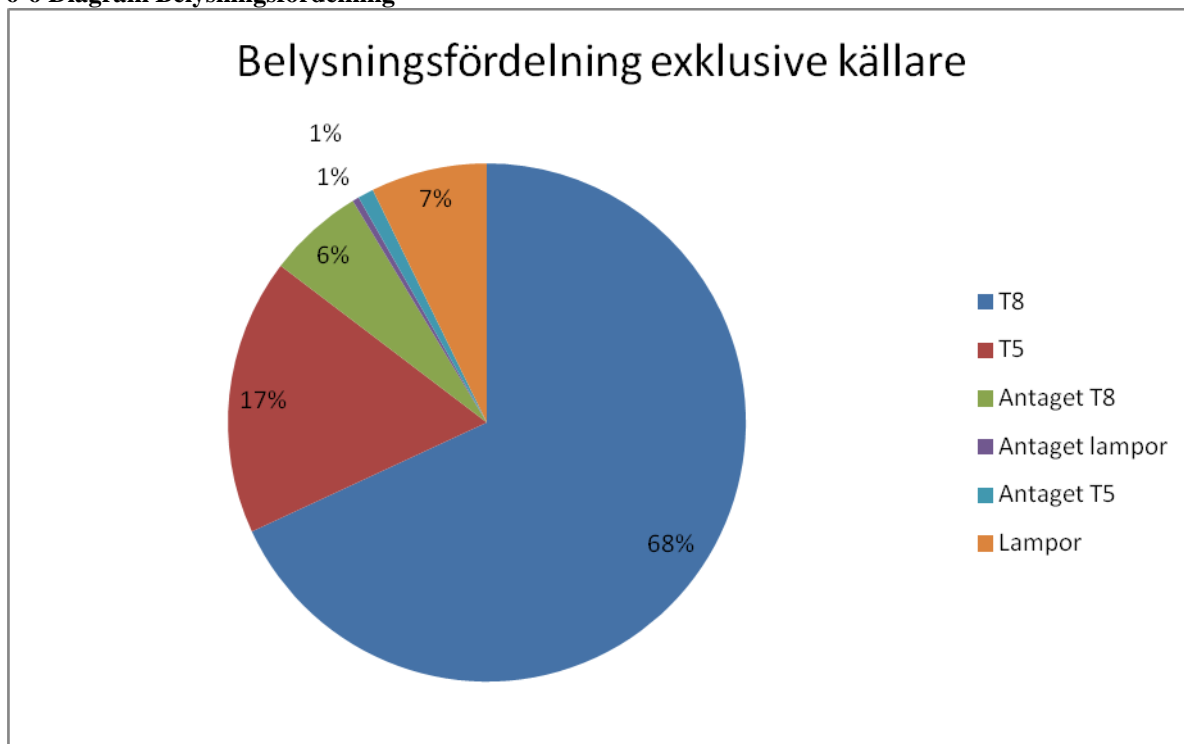
### **6.5.1 Inventering**

Skolan har inventerats för att bestämma varje enskilt utrymmes belysning. Vissa antaganden har gjorts som följd av begränsad tillgång till alla rum. Antaganden baseras på entreprenadritningar för belysning och på liknande utrymmen. För tabell över antagen belysning och tabell över belysning avseende lysrör, se bilagor.

Lysrör har kontrollerats för typ och effekt samt att antalet armaturer och antalet lysör för vardera har noterats. Detta i kombination med hur rummen används möjliggör analys. Vidare har lamporna kategoriserats utifrån effekt. För att analysera lamporna har det generella användningsområdet noterats för varje effektklass.

Efter genomförd inventering kan skolans belysning, exklusive kulvertar, med avseende på installerad effekt beskrivas.

### 6-6 Diagram Belysningsfördelning



### 6-12 Tabell Installerade effekter för belysning

Belysningseffekter					
Enhet	Källare	T8	T5	Lampor	Σ
W	9760	32 242,5	7 935,5	3342	53280

### 6-13 Tabell Antal lampor och effekter

Fördelning lampor, inklusive antagna (W)		
Effekt	Antal	Total effekt
5	3	15
7	5	35
11	11	121
15	7	105
25	29	725
40	11	440
55	6	330
60	18	1080
75	1	75
110	1	110
300 (metallhalogen)	1	300

En uppskattning av belysningen utifrån medelvärdet på drifttider för skolor i Sverige kan nu göras enligt följande:

$$\frac{1650 \times 0,90 \times (9760 + 32242,5 + 7935,5 + 3342)}{1000} = 79120 \text{ kWh}$$

Som reduktionsfaktor för styrning av belysning används 0,9.

Sett till den av fastighetsbolaget angivna elförbrukningsprognosen på 317 MWh står Jeppaskolans belysning alltså för cirka 25% av den totala elförbrukningen. Motsvarande beräkning utan källare ger en förbrukning på cirka 64,6 MWh eller 20% av elförbrukningen.

## 6.6 Energideklaration

Energideklarationen är utfärdad av ett via Swedac ackrediterat företag – H. Olofssons Plåt i Höör AB. Datum för godkännande av deklarationen är 2012-03-26 och energiuppgifterna avser en 12-månadersperiod med start januari år 2010 till och med december år 2010. Följande uppgifter nedan härrör från denna energideklaration .

### 6.6.1 Egenskaper

Byggnaden anges tillhöra byggnadskategorin lokal- och specialbyggnader. Uppmätt  $A_{temp}$  är 3892 m<sup>2</sup> och hela arean avser omfatta skolverksamhet. Antal källarplan som är uppvärmda till över 10 °C är ett till antalet och projekterat genomsnittligt ventilationsflöde är angivet som 1 l/s, m<sup>2</sup>.

### 6.6.2 Energianvändning

Energiprestanda för Jeppaskolan är angiven i deklarationen och jämförelse görs med referensvärden enligt nybyggnadskrav samt utifrån ett statistiskt intervall. Vidare anges uppvärmningsform, energi för uppvärmning samt kyla och fastighetsel. Underlag för energiprestanda på 97 kWh/m<sup>2</sup> grundas på det normalårskorrigerade värdet (Energi-index) på 378755 kWh.

6-14 Tabell Energiprestanda enligt energideklaration

Ort: Höör	[kWh/m <sup>2</sup> , år]	Kommentar
Energiprestanda	97	Varav el: 28 kWh/m <sup>2</sup> , år
Referensvärde 1	146	Enligt nybyggnadskrav
Referensvärde 2	111-166	Statistiskt intervall. Anpassat efter byggnadstyp, uppvärmningsform, geografiskt läge, m.m.

6-15 Tabell Förbrukning av värme och fastighetsel

	kWh	Kommentar
Fjärrvärme - varav varmvatten	291278 34000	Fördelat värde avseende varmvattenberedningen.
Fastighetsel	110000	Fördelat värde. Den el som ingår i fastighetsenergin.
	<b>Σ 401278</b>	Fjärrvärme och fastighetsel.
Normalårskorrigerat värde (graddagar)	369804	
Normalårskorrigerat värde (Energi-index)	378755	Underlag för energiprestanda.

### 6.6.3 Följebrev

Ett följebrev till energideklarationen nämner att resultatet av energideklarationen är registrerat hos Boverket. Byggnadens uträknade energiprestanda nämns vara över nybyggnadskrav och referensvärde. Övriga noteringar och åtgärdsförslag, som inte ingår i fastighetsenergin, har gjorts i detta brev vilket framkommer i tabell 6-18.

### 6.6.4 Åtgärdsförslag ur energideklaration

I deklARATIONEN framkommer det att besparingsförslag inte lagts på befintliga ventilationsaggregat då de bedöms vara så pass ineffektiva att enskilda åtgärder så som byte av styrur, fläktmotorer och värmeväxlare inte bedöms som kostnadseffektiva. Framtida byte finns det skäl för om drift- och underhållskostnader samt luftkvalitet vägs in. Vid ett byte kan driftenergibesparingar antas om hänsyn tas till personbelastning i betjäningsområdena och om luftväxlingen kan styras därefter.

6-16 Tabell Åtgärdsförslag 1 ur energideklaration

**Åtgärdsförslag 1**

Åtgärd avser byte av TA2-FF2 (FTX-II) och TA3-FF3 (FTX-III). Detta är i sig själv inte en kostnadseffektiv åtgärd men befintliga aggregats återvinningseffektivitet och driftsekonomi är dålig. I samband med byte skulle aggregatets/aggregatens betjäningsområden och lokalernas luftväxling utredas/optimeras.

Minskad energianvändning	58600 kWh/år.
Kostnad per sparad kWh	1,80 kr/kWh
Minskat utsläpp av koldioxid	5,2 ton/år

6-17 Tabell Åtgärdsförslag 2 ur energideklaration

**Åtgärdsförslag 2**

Injustering av värmesystem, byte av en del äldre termostater och anpassning av innetemperatur i olika lokaldelar. Anpassning av möbler och gardiners placering framför radiatorer för att erhålla maximalt utnyttjande av radiatorvärme och därmed troligen kunna sänka tillskottsvärmen på ventilationens eftervärmningsbatterier. Detta innebär att återvinningen i ventilationsaggregaten skulle kunna utnyttjas maximalt.

Minskad energianvändning	70000 kWh/år
Kostnad per sparad kWh	0,3 kr/kWh
Minskat utsläpp av koldioxid	5,7 ton/år

6-18 Tabell Åtgärder i foljebrev

<b>Åtgärder enligt foljebrev:</b>	<b>Gällande för:</b>
Rengöring av växlare	FTX-II.
Tätning	Kylrum (dörrar)
Kontrollera/Justera rumstemperatur	Framför allt källare, eventuellt byte av termostater
Närvaroreglering av belysning	För sällan använda utrymmen
Lågenergi- och ledarmatur	Vid framtida byte av belysningsarmatur.

## 6.7 OVK-1

Besiktningsprotokollet avser funktionskontroll av ventilationssystem enligt BFS 2011:16 OVK1. Det är utfärdat av ett via Swedcert ackrediterat företag Cleanvent & Control, CVC. Swedcert är i sin tur ackrediterat av Swedac (Kiwawedcert, 2012). Besiktningsdatum är 2012-01-28 och protokollet har utfärdats av besiktningsman med behörighet K och omfattar FTX- I, -II och III.

### 6.7.1 Anmärkningar och åtgärdsförslag

Ventilationsaggregaten är från 1979 och är slitna samt oekonomiska i drift. Lokaler av typen klassrum, matsal, m.m. går med fulla flöden under dagtid oavsett belastning. Generellt ojämna luftflöden med övervikt till för låga flöden i alla tre ventilationssystem. Dock är de projekterade flödena väl tilltagna. Det framgår även att det finns frånluftsfläktar som inte är flödesmätta.



#### 6-19 Tabell Åtgärdsförslag och anmärkningar i OVK-protokoll

<b>FTX- I</b>
DU-pärm bör kompletteras med bland annat funktionstext
Ändringar finns inte införda på ritning
Återluft (Läckage)
Låga flöden; kontor, konferensrum, m.fl.
Brandspjäll till krypgrund fungerar inte
<b>Möjliga energibesparande åtgärder i systemet avser:</b>
- Byte av ventilationsaggregat till direktdrivna fläktar, m.m.
- Installation av närvarogivare och VAV-spjäll för behovsstyrning
<b>FTX-II</b>
Kåpa ovan disk täcker inte utmatning
Imkåpa ovan konvektionsugn – kapacitet något låg
Personal upplever drag från tilluftsdon i kök
Värmeventil fullt öppen, ändå låg inblåsning (-10 grader ute)
Låga tilluftsflöden
<b>Möjliga energibesparande åtgärder i systemet avser:</b>
- Korsströmsväxlare (låg verkningsgrad)
- Återvinning från spiskåpa (för närvarande obefintlig)
- Nya aggregat (energieffektivare).
<b>FTX-III</b>
Ritningar stämmer inte
DU-instruktioner är inte kompletta
Frånluftsdon något smutsiga
Läckage i växlare – frånluft går över i tilluft
Luftflöde erhålls inte
<b>Möjliga energibesparande åtgärder i systemet avser:</b>
Inga åtgärder

#### 6.7.2 Mättningsresultat

Resultat från mätning av luftflöden vid don framkommer i besiktningssprotokollet för vissa utrymmen i skolan. Dessa är angivna i liter per sekund och för respektive rum, angivet med rumsnummer, som undersökts utifrån tillgänglig planritning över skolan. Nedan angivna värden är direkt hämtade från OVK-protokollet men har tilldelats ytterligare information i form av rumsdefinition baserad på nuvarande verksamhet.

6-20 Tabell Mätresultat för FTX -I enligt OVK

<b>FTX-I</b>						
<i>Rumsnr</i>	<i>Uppmätt tilluftsflöde</i>		<i>Uppmätt frånluftsflöde</i>		<i>Anmärkning</i>	<i>Användning</i>
	<i>l/s</i>	<i>m<sup>3</sup>/h</i>	<i>l/s</i>	<i>m<sup>3</sup>/h</i>		
143	72	259,2	53	190,8	Låga flöden	Korridor
148	15	54,0	-	-	Låga flöden	Kontorsrum
149/150	33	118,8	68	244,8	14 sittplatser	Konferensrum
155	26	93,6	14	50,4	Låga flöden	Kontorsrum
171	181	651,6	225	810		Förskola/FH
174	211	759,6	-	-	Inte mätt	Förskola/FH
176	-	-	16	57,6		Städ
177	-	-	32	115,2		WC
178	-	-	35	126		WC
179	190	684	-	-	Ljud i frånluft	Klassrum
181	-	-	46	165,6		WC
183	190	684	130	468		Klassrum
184	190	684	-	-	Undertryck	Komplement
185	190	684	-	-		Klassrum
187	-	-	40	144		WC
188	-	-	41	147,6		WC
189	190	684	209	752,4	Ljud i frånluft	Klassrum
191	390	1404	225	810		Träslöjd
192/193	-	-	225	810		Ytbehandling
194	-	-	-	-	Undertryck	Syslöjd

## 6-21 Mätresultat för FTX- II och FTX- III enligt OVK

**FTX-II och III.**

FTX	Rumsnr	Uppmätt tilluftsflöde		Uppmätt frånluftsflöde		Anmärkn.	Användning
		l/s	m <sup>3</sup> /h	l/s	m <sup>3</sup> /h		
(III)	102	430	1548	122	439,2		Fritidshem
(III)	103/104	-	-	30	108		Tvätttrum
(III)	105	-	-	14	50,4		WC
(III)	106	-	-	15	54		WC
(III)	107	-	-	15	54		WC
(III)	109	1410	5076	1170	4212		Elevmatsal
(II)	111	80	288	54	194,4		Servering
(II)	114	136	489,6	-	-	Lågt flöde	Diskrum
(II)	115	1152	4 147,2	630	2268		Storkök
(II)	-	139	500,4	-	-		-
(II)	124	70	252	54	194,4		Förråd

## 7 Reflektion

Detta avsnitt omfattar egen reflektion som beaktar den information som givits för Jeppaskolan utifrån verksamhetsbeskrivning, ritningsunderlag, besiktningsprotokoll och teori. Denna del utgör grunden för vidare framtagning av åtgärdsförslag som kan implementeras för respektive område.

### 7.1 Energideklaration

Byte av aggregat innebär en investeringskostnad på cirka 210 000 – 245 000 kronor per aggregat, under förutsättning att nuvarande underhållskostnader förblir oförändrade. Ett nytt ventilationssystem ska inom kort projekteras för Jeppaskolan och enligt planer ska de nuvarande ventilationssystemen bytas ut år 2014. Nya aggregat har en livslängd på cirka 30-40 år och åtgärdsförslag som omfattar byte skulle då endast kunna försvaras om dessa senare återanvänds i det nya ventilationssystemet. Då uppgifter inte finns om det nya ventilationssystemets utformning, samt i vilken mån dessa aggregat skulle kunna inkorporeras och faktiskt fylla behövlig funktion, bör åtgärdsförslaget inte rekommenderas. Detta bör gälla för alla byten av ingående komponenter i ventilationssystemen utifrån den korta tidsaspekten om två år. Exempel som lyfter fram återbetalningstiden för ett aggregat omfattar i regel även fler antal drifttimmar per år. Normalt används 8760 timmar vilket omfattar drift dygnet runt under årets alla dagar. Drifttiden för Jeppaskolan är för närvarande 1925 timmar för FTX-II och respektive 2275 timmar för FTX-I och FTX-III under ett normalt skolår, vilket endast utgör cirka 22 respektive 26 % av årets alla timmar. Detta antyder till att en återbetalning av investeringskostnaden inte lär ske innan dess att det nya ventilationssystemet tas i drift. Fokus bör istället riktas mot optimering av de redan befintliga systemen genom att se över flöden, luftomsättningar och drifttider. Därigenom kan viss besparing göras under kvarvarande tid, innan dess att befintliga ventilationssystem byts ut.

Vidare bör plattvärmväxlaren genomgå rengöring då denna är smutsig, vilket vid rengöring kan påverka värmeåtervinningsgraden positivt. Tätning av dörrarna till kylrummen bör göras eftersom det omöjliga är gynnsamt med läckage. Detta bör ses som rena underhållsåtgärder som ska omfattas av det ordinarie underhållsarbetet för skolan. Innerbörden av dessa åtgärdsförslag fastslår behovet av en förbättrad underhållstrategi vilket faller inom kategorin driftstrategi.

Förslaget som gäller anpassning av möbler och gardiners placering framför radiatorerna bör ses över. Enligt förslaget kan detta maximera utnyttjandet av radiatorvärmerna. Sker detta kan en sänkning av tillskottsvärmen göras eftersom

att radiatorvärmen därmed maximeras och kan ersätta viss del av tillskottet från eftervärmningsbatterierna. Detta sker med hjälp av temperaturgivarna som registrerar faktisk rumstemperatur och reglerar hur mycket återvinningsluften bör eftervärmas. Vidare kan även tilluftens lägre inlåsningstemperatur vara till godo för en bättre omblandning, framför allt för betjäningszonerna som betjänas av FTX- III vars tilluft avser att värma.

Närvaroreglering av belysning för sällan använda utrymmen är en god idé utifrån den verksamhet som för närvarande bedrivs. Likaså är byte av äldre belysningsarmatur en möjlighet att minska elförbrukningen. Dock råder olika förhållanden i olika delar av skolan. För vissa områden är armaturen ny medan den i andra utrymmen, exempelvis klassrum, är den ursprungliga sedan skolan byggdes. Vid implementering av åtgärder för belysning bör aktuella förhållanden utvärderas och därefter besluta om val av styr- och reglersystem samt byte av äldre belysningsarmatur. Det kan nämligen inte anses försvarbart att byta ut armatur som nyligen installerats, utan fokus bör främst riktas mot den äldre i detta fall.

Vidare notering bör också göras av den i deklARATIONEN angivna energiprestanda på  $97 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ . Då källarutrymmet utgör nästan en tredjedel av den yta definierad som  $A_{\text{temp}}$  blir värdet en aning missvisande, dock är energiprestanda korrekt gjord. Men med förståelse för att källarutrymmet inte omfattar någon egentlig verksamhet.

## 7.2 OVK-1

I besiktningsprotokollet som följts av den obligatoriska ventilationskontrollen jämförs uppmätta värden med projekterade till- och frånluftsflöden. Detta är i enlighet med vad som ska göras vid en OVK. Skolans verksamhet har ändrats genom åren och utrymmen som tidigare inte varit plats för stadigvarande närvaro används nu exempelvis som fritidshem. Därmed bör det vara av intresse att kontrollera uppmätta värden utifrån givna rekommendationer för tilluftsflöden och luftomsättningar.

Behovet av tilluftsflöde har angetts utifrån rekommendation om  $7 \text{ l/s}$  per person och tillägg av  $0,35 \text{ l/s, m}^2$  för lokalbyggnader. Stadgivarande anger det fasta elevantal som gäller för respektive utrymme inklusive närvarande vuxna (+). Nedanstående tabell 7.1 anger utrymmen, som betjänas av FTX-I, som tagits med i besiktningsprotokollet och som anses ha stadigvarande personer. Areor för respektive utrymme grundar sig främst på uppgifter från ritningsunderlag och platsbesök. Jämförelse görs med uppmätta värden på tilluftsflöden ur besiktningsprotokollet.

7-1 Tabell Behov av luftflöden

<b>Behov av tilluftsflöde</b>					
<i>Rumsnr</i>	<i>Stadigvarande</i>	<i>Behov av tilluftsflöde</i>		<i>&lt;1,0 behov av frisk luft tillgodoses</i>	
		l/s	m <sup>3</sup> /h		Anmärkning
148	1	10,325	37,2	0,69	-
155	1	11,9	42,8	0,46	-
171	19+2	170,1	612,4	0,94	X
174	15+2	139,3	501,5	0,66	-
179	22+1	181,3	652,7	0,95	X
183	19+1	160,3	577,1	0,84	
185	22+1	181,3	652,7	0,95	X
189	20+1	167,3	602,3	0,88	X
191	(16) + 1	156,5	563,4	0,40	-

Uppmätta tilluftsflöden tillgodoser behovet av frisk luft för utrymmena. Dock har vissa utrymmen i tabellen ovan markerats som anmärkningsvärda. Detta grundar sig på den marginella skillnaden mellan uppmätt tilluftsflöde och normkrav. Tre utav de rum som noterats är klassrum, varav det fjärde är förskolan *Solen*. Samtliga rum delar samma geometri. Klagomål har förts fram om att luften i just klassrum och kontorsrum upplevs dålig. Då behovet av frisk luft tycks tillgodoses kan det röra sig om besvär till följd av genererad värme. Klagomålen kan möjligen även kopplas till teorin angående PPD-index.

7-2 Tabell Luftomsättningar FTX- I

<b>Luftomsättning</b>					
<i>Rumsnr</i>	<i>Volym</i>	<i>Nuvarande</i>	<i>Rek.</i>	<i>Jämförelse</i>	<i>Kommentar</i>
	m <sup>3</sup>	oms/h	oms/h	%	
<b>148</b>	25,7	2,1	3,0	70	Lägre än rek.
<b>155</b>	36,5	2,6	3,0	87	Lägre än rek.
<b>171</b>	178,2	3,7	4,0	93	Lägre än rek.
<b>174</b>	156,6	4,9	4,0	123	Över rek.
<b>179</b>	156,6	4,4	4,0	110	Över rek
<b>183</b>	156,6	4,4	4,0	110	Över rek
<b>185</b>	156,6	4,4	4,0	110	Över rek
<b>189</b>	156,6	4,4	4,0	110	Över rek.
<b>191</b>	288,9	4,9	4,0	123	Över rek.

7-3 Tabell Luftomsättningar FTX –II och III

<b>Luftomsättning</b>					
<i>Rumsnr</i>	<i>Volym</i>	<i>Nuvarande</i>	<i>Rek.</i>	<i>Jämförelse</i>	<i>Kommentar</i>
	<b>m<sup>3</sup></b>	<b>oms/h</b>	<b>oms/h</b>	<b>%</b>	
<b>102</b>	310,5	5,0	4,0	125	Över rek.
<b>109</b>	772,2	6,6	4,0	165	Mycket över rek.
<b>111</b>	43,2	6,7	15,0	45	Lägre än rek.
<b>114</b>	48,6	11,8	15,0	79	Lägre än rek.
<b>115</b>	122,9	34,8	15,0	232	Mycket över rek.
<b>124</b>	20,3	12,4	-	-	-

Luftomsättningarna tycks uppfylla rekommendationerna enligt kapitel 5.1.2 för de flesta av utrymmena som betjänas av FTX-I. Detta innebär dock inte att all luft i utrymmena byts ut under den givna tiden. Detta kan för rum 148 och 155 förklara klagomål om dålig luft, då luftomsättningen för dessa endast utgör 70 respektive 87 procent av rekommendationerna. Luftomsättningar för övriga rum tycks vara godtyckliga, möjligen något över det rekommenderade men behovet av frisk luft tillgodoses inte med lägre luftväxling. Därmed kan klagomål som förts fram med ytterligare säkerhet grunda sig på obehag från genererad värme, från exempelvis belysning eller kopplas till teorin om PPD-index.

För övrigt är luftväxlingen i köket mer än dubbelt så stort som än typvärdet på 15oms/h, vilket tydligt förklarar varför kökspersonal upplever drag vid tilluftsdon i köket. Flödena och luftväxlingarna bör därmed i viss mån ses över.

### **7.3 Ventilationssystem**

Ventilationssystemens kvarvarande livslängd, utifrån det faktum att det ersätts inom två år, borde vara aktuellt vid bedömning av energieffektiviserande åtgärdsförslag.

Verksamhetstiden för de zoner som betjänas av FTX-I varierar sinsemellan enligt uppgifter. Som tidigast gäller kl. 06:00 på morgonen då fritidshemmet *Solen* öppnar följt av närvaro på expeditionen från kl. 06:30 och för klassrummen gäller kl. 08:15 då lärarna är på plats innan dess att eleverna anländer. Skoldagen avslutas som senast kl. 15:00 om dagarna. Lärare kan i viss mån befinna sig i klassrummen efter det att eleverna gått hem för dagen, varvid kl. 08:40 – 15:00 inte kan antas som fast verksamhetstid för de utrymmen som används som klassrum. Utifrån givna verksamhetstider och

drifftidsinställningar tycks det finnas möjlighet att reglera nuvarande drifftider, dock med begreppet flexibilitet i åtanke. Det kan också tyckas finnas behov av ytterligare åtgärder för enskilda betjäningszoner utifrån möjligheten att reglera separata tidsreläer där dessa existerar.

Behovsstyrning av enskilda utrymmen inom respektive betjäningszon för FTX-I möjliggör att enbart rum som används ventileras och inte övriga. Detta kan med fördel användas för exempelvis expeditionsområdet. Behovsstyrning kan även vara till fördel för klassrummen där lärare väntas bedriva arbete efter det att eleverna avslutat sin skoldag. Fördelen av behovsstyrning med exempelvis knapptryck är att inte alla rum inom respektive betjäningszon ventileras, trots att enbart en person är närvarande.

Drifftidsinställning för FTX-II kan endast ske för huvudsystemet. Verksamhet pågår för närvarande enligt nuvarande drifftidsinställning, från kl. 06:00 – 17:00. Optimering i fråga om att korrigera drifftider bör inte ses som ett alternativ. I övrigt bör tilluftsflöden dock ses över enligt tidigare reflektion av innehållet i besiktningssprotokollet

FTX-III som utgörs av fritidshemmet *Galaxen* och elevmatsalen tycks vara svåra att tillföra optimeringsåtgärder. Det finns möjlighet att reglera drifftiden något utifrån den verksamhetstid som är gällande. Då verksamhetstiderna för fritidshemmet respektive elevmatsalen inte löper parallellt och att reglering enbart kan ske för huvudsystemet blir införandet av andra åtgärder problematisk. När fritidshemmet står tomt används i regel elevmatsalen och vice versa.

Mätning av koldioxidhalt hade varit en tydlig indikator på om luftkvaliteten hade kunnat anses vara av god kvalitet samt indikera på eventuell kortslutning. Dessvärre har ingen koldioxidmätare kunnat tillhandahållas för detta, vidare finns det inga uppgifter på tidigare genomförda mätningar.

## **7.4 Värmesystem**

Anpassning av möblers och gardiners placering framför radiatorerna kan möjliggöra ett effektivare utnyttjande av radiatorvärmens. Detta då värmeavgivningen mot rummen bättras vilket kan sänka tillskottet på eftervärmningsbatterierna via redan befintliga temperaturgivare.

Åtgärdas köldbryggor förändras nuvarande förhållanden vilket enligt principen om byggnadens värmebalans innebär minskade förluster genom klimatskalet. Till följd av detta måste tillförseln av värme justeras vilket syftar till att påverka solinstrålningen, den internt genererade värmen och



värmesystemet. Den internt genererade värmen, från människor, apparater och dylikt, samt solinstrålningen är som bekant svårt att påverka. Fasaderna är redan försedda med solinstrålningsskydd. Däremot finns möjlighet att justera värmesystemet genom sänkt framledningstemperatur. Ett sänkt effektbehov ger ingen besparing vidare inte systemen anpassas. Det är då energibehovet tillåts minska vilket resulterar i minskade driftkostnader, om det görs på rätt sätt.

## 7.5 Tappvatteninstallationer

Gymnastiksalen och Jeppaskolan utgör tillsammans  $4517 \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$ . Den årliga förbrukningen av kallvatten för de båda byggnaderna uppgår till  $1500 \text{ m}^3$  vilket ger en vattenanvändning på cirka  $0,33 \text{ m}^3/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$  vilket stämmer bra överens med det genomsnittliga värdet på  $0,35 \text{ m}^3/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$  enligt kapitel 5.4.1. Av denna anledning kan skolans totala vattenförbrukning per år uppskattas till:

$$V_{KV} = 1292 \text{ m}^3$$

Av denna totala mängd kallvatten utgör varmvattnet  $250 \text{ m}^3$ , vilket utgör 19,3 %. Detta stämmer bra överens med det faktum att en skola förbrukar betydligt mindre än flerbostadshus vars varmvattenanvändning i regel ligger runt 40 %. Mängden varmvatten som används per år tycks därmed ligga på en rimlig nivå. I energideklarationen framgick energin till varmvattenanvändningen uppgå till 34000 kWh per år. Detta motsvarar  $136 \text{ kWh}/\text{m}^3$  varmvatten. Energi till varmvattenanvändningen kan utifrån uppgifter om förbrukningen av varmvatten uppskattas enligt:

$$E_{VV} = \frac{0,193 \times 1292 \times 1000 \times 4190 \times (55 - 10)}{3600} \text{ [kWh]}$$

$$E_{VV} = 13094 \text{ kWh}$$

Denna uppskattning utgör enbart 38,5 procent av det i energideklarationen fördelade värdet. Det uppskattade värdet i energideklarationen tycks därmed vara något märkligt. Det uppskattade värdet i energideklarationen kan möjligen grunda sig på uppgifter om hur stor andel varmvattenanvändningen i regel utgör av den totala energianvändningen för byggnader av typen kontorslokal. Enligt uppgifter utgör varmvattenanvändningen cirka  $15 \text{ kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$  vilket motsvarar cirka 8,8 %. Om detta antas för Jeppaskolan ( $97 \text{ kWh}/\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ ) innebär det att varmvattenanvändningen utgör 33311 kWh vilket motsvarar cirka 98 % av det fördelade värdet i energideklarationen. Likväl saknas dock kännedom om hur det fördelade värdet beräknats.

Flödet vid tappställen med sedvanliga blandare är 9 l/min och för de sensorstyrda blandarna 6 l/min enligt egna mätningar. Det kan vara av intresse att kontrollera för åtgärdsförslag som avser byte av äldre blandare till sensorstyrda. Detta gäller för 15 WC-utrymmen, övriga blandare används inte i samma omfattning som dessa. Men utifrån uppgifter om vattenförbrukning, både avseende kallvatten och mängden varmvatten så tycks skolan redan ha ett effektivt användande. Snålspolande toaletter finns redan på skolans WC-utrymmen varför åtgärder avseende dessa inte beaktas.

## 7.6 Belysning

För att förbättra ljusförhållandena har lokalerna målats vilket är positivt både med avseende på nuvarande belysning och vid planering av ny. Positivt är även byggnadens orientering och utformning vilket medger ett gott insläpp av dagsljus i områden där elever vistas. Klassrummens orientering i kombination med skolans geografiska läge samt förekomsten av atriumgårdar och takfönster i andra utrymmen gör att förutsättningarna för att utnyttja dagsljusreglering är goda.

Generellt om dagsljusreglering som alternativ för Jeppaskolan är att den har störst effekt under årets ljusaste tid. Då skolan håller stängt under sommaren används inte regleringen då den har som störst effekt.

Möjligheterna att optimera belysningsanvändningen av befintlig belysning enligt principen om drifttidsreglering hamnar helt under brukaransvar, där styrningen är manuell. I vilken grad personal och elever tänder och släcker efter sig i utrymmen och utnyttjar befintliga styrmöjligheter har inte utvärderats. Där styrningen inte sker manuellt förutsätts denna fungera tillfredställande.

Den belysning på skolan där användningen redan omfattar automatisk styrning gäller för utebelysning och vissa WC-utrymmen. Att systemen redan fungerar utifrån ett energieffektiviseringsperspektiv talar emot införandet av andra styrsystem. Det finns fortfarande ett värde i att reflektera om optimeringen via dessa styrsystem faktiskt är det optimala tillvägagångssättet.

Vad gäller utebelysningens funktion att avskräcka inbrottstjuvar hade närvarosensorer nattetid möjligen fungerat lika bra eller bättre samtidigt som belysningen använts mindre. Om rörelse upptäcks på skolområdet tänds isåfall utebelysningen vilket tydligare markerar personers närvaro på området. Ifall det inte är önskvärt att hela skolan är nedsläckt skulle endast en del av belysningen anslutas.

För WC-utrymmena är det möjligt att frånvarostyrning hade varit ett bättre alternativ. Det är svårt att göra en uppskattning om skillnaden i energianvändningen för de olika styrsystemen men i vissa situationer finns närvaro utan att ett egentligt behov av belysning finns. Exempel på detta är när dörren står öppen och någon enbart vill utnyttja handfatet eller hämta en bit papper. En annan aspekt är att närvarostyrning utan ljusknapp gör att belysningen släcks något långsammare än om någon manuellt släckt när denne lämnat utrymmet. Ett utrymme där denna effekt kan tänkas är i förråd där reduktionsfaktorn för manuell styrning är lägre än för närvaro/frånvarostyrning. I toaletter med redan installerad styrning är de här effekterna troligen inte tillräckliga för att motivera någon åtgärd men det finns indikation på att det ändå finns ett värde av att inkludera möjlighet till manuell släckning. En nackdel kan vara att en släckning innebär ett behov av att återigen trycka igång belysningen vilket ställer krav på att närvarosensorn är väl fungerande så att inte detta inträffar när någon är i det berörda utrymmet.

Belysningen i skolans förbindelseleder och kapprum kan förväntas vara i drift under större delen av dagen. Därför är det också här det snabbast visar sig ekonomiskt lönsamt att ersätta äldre belysning, något som till stor del redan har gjorts. Förbindelseleder får anses ha låg närvaronivå under lektionstid vilket beaktas i de höga reduktionsfaktorerna för närvarostyrning i Energimyndighetens riktlinjer. Samtidigt bevisas de regelbundet och det är inte önskvärt att ha långa mörka korridorer och kapprum. Detta talar emot en närvarostyrning som tänds och släcker automatiskt vilket dels leder till mörka korridorer och dels, genom regelbunden närvaro, ett ökat slitage på belysningen. Två alternativ till att reducera förbrukningen samtidigt som ovanstående problem undviks är att använda dagsljusreglering och närvarostyrd dimning av belysningen.

Att komplettera belysningen med dagsljusreglering kan reducera effektbehovet i de fall tillgång till dagsljus finns. En fördel är att korridorerna får en jämnare fördelning av belysning. En komplettering av belysningen med närvarostyrd dimning bör vara ett bra alternativ som kan fungera generellt för alla kommunikationsytor. En kombination av båda alternativen skulle kunna ge en optimerad belysning. I sådant fall bör medvetenhet till att den positiva effekten av dagsljusreglering endast utnyttjas vid närvaro och alltså inte kan tillgodoräknas fullt ut.

I salar avsedda för undervisning är belysningen föråldrad. T8-lysrören med gamla armaturer har hög installerad effekt och kan tänkas avge störande flimmer vilket inte är önskvärt i undervisningslokaler. Med en installerad

effekt på  $20,9 \text{ W/m}^2$  ligger klassrummen långt över riktvärdena för energieffektiv belysning.

Ett av utrymmena som utgör förskolan *Solen* är ett före detta klassrum. Här har den ursprungliga belysningen blivit ersatt med T5-lysrör. Det bör noteras hur den installerade effekten i rummet tillhörande *Solen* är markant lägre än den för skolans övriga klassrum, 736W mot 1215W. Något som däremot kan ifrågasättas är varför tavelbelysningen ersatts av lysrör med effekten 55W. Likadan tavelbelysning återfinns i grupprum. Även med mindre förluster i och med nya HF-don resulterar detta i en högre installerad effekt än i övriga klassrum. Det bör därför övervägas om inte en lägre effekt ger tillräckligt ljus. Om inte kan ett lysrör av typen *eco* användas. Dessa har ungefär 10% lägre effekt jämfört med vanliga lysrör.

Förutom byte av lysrör i klassrum bör införande av reglering övervägas. Rekommenderat är frånvarostyrning tillsammans med dagsljusreglering. Sett till byggnadens läge bör dagsljusreglering vara effektivt.

Skolans matsal är det utrymme i skolan som har störst installerad effekt men närvaron är begränsad till lunchtid samt städning. Utrymmet har stora fönsterpartier åt nordost och i viss omfattning åt nordväst. Utrymmet har även flertalet takfönster. Den korridor som löper sydväst om matsalen är avgränsad med glaspartier och har fönster ut mot en atriumgård åt sydväst vilket möjligen kan bidra med viss mängd diffust dagsljus.

Lampor står för en liten del av den installerade effekten på skolan. När det kommer till glödlampor med effekt på över 40W är det inte en fråga om de bör bytas utan när, då dessa numera inte är tillåtna att säljas inom EU. Antingen byts de ut när de blir uttjänta eller så byts de direkt utan hänsyn till att de fortfarande fungerar. Vid ett byte innan lamporna blivit uttjänta kan antingen alla lampor bytas eller bara de som kan ha en rimlig förväntad användning. En fördel med att byta alla lampor samtidigt är att det kan ske vid ett tillfälle och att grupper med ljuskällor får samma ljusnivå. Till nackdel är risken att ersätta ljuskällor som inte används, eller används mycket lite.

## 7.7 Konstruktion

Den största längsgående köldbryggan finns där skolans golvbjälklag ansluter till kantbalk och källarvägg. Genomgående träreglar bildar köldbryggor i yttervägg. Mindre köldbryggor finns i ytterhörn, dörr- och fönsteranslutningar, och i anslutningen mellan yttervägg och takkonstruktion. Mellanväggar i källare bildar köldbryggor mellan skola och källare. Vid åtgärder som syftar till att reducera transmissionsförluster bör omsorg läggas så att dessa även

innefattar tätning av köldbryggor. Tätning av köldbryggor bör alltså komma som en följd av insatser på konstruktionen som helhet.

Ytterväggen i skolan med anslutning är ett område där möjlighet finns att både förbättra konstruktionens höga U-värde och minska köldbryggorna. En väl placerad tilläggsisolering bör med dagens egenskaper på isolering kunna förbättra väggen avsevärt. Köldbryggorna i reglarna kan brytas antingen genom invändig eller utvändig tilläggsisolering. Vid en invändig isolering kvarstår dock köldbryggan under vägg mot tegelfasadens bas. Med en utvändig isolering finns möjligheter att bryta denna. En invändig isolering medger fördelen att undersöka funktionen av skolans diffusionsspärr. Detta är en förutsättning då invändig tilläggsisolering leder till en kallare vägg vilket kan medföra fuktproblem. Brister i diffusionsspärren leder till en större andel ofrivillig ventilation av uppvärmd inneluft.

Sett till totala transmissionsförluster är taket på grund av sin yta den största enskilda bidragsgivaren. Konstruktionen i sig är inte en källa till problem då U-värdet är lågt och köldbryggorna av mindre storlek.

Ett enkelt förslag vore att sänka temperaturen i källaren men det är inte säkert att detta får stor effekt då skolans uppvärmningssystem får kompensera för större transmission mot källaren. Denna transmission förstärks av att källaren har flera mellanväggar som ansluter till skolans golvbjälklag och därmed bildar köldbryggor. Att åtgärda värmeförluster mot källaren genom tilläggsisolering av bjälklag över källare löser inte problemet med mellanväggarna. Att tilläggsisolera källarväggarna skulle leda till mindre transmission från källaren men en förutsättning för att kunna tillgodogöra sig värmen är att temperaturen går att reglera. Utvändigt går det att isolera källarväggarna men då är avsikten snarare att minska köldbryggan än att förbättra U-värdet.

## 8 Åtgärdsförslag

### 8.1 Kompletteringsuppgifter

För att en framgångsrik fastighetsdrift ska kunna bedrivas behövs bland annat tillgång till drift- och underhållsinstruktioner, konstruktionsritningar, förvaltningsinformation och injusteringsprotokoll för värmesystemet. (U.F.O.S. 2005, ss.15-17)

Tillgång till korrekt information för analys- och beslutsunderlag är betydande för arbetet. Information som berör möjlighet att energieffektivisera driften avser felanmälningar (förvaltningsinformation), ritningar, drift- och underhållsinstruktioner, driftstatistik samt uppgifter om genomförda åtgärder. (U.F.O.S. 2005, ss.74-75)

#### 8.1.1 Analys

Enligt besiktningsprotokollet som följt av OVK påpekas brister så som att DU-pärm (drift- och underhållspärm) bör kompletteras med funktionstext. Vidare anges det att ritningar inte stämmer och att ändringar inte finns införda på dessa. Utifrån platsbesök och ritningsunderlag stämmer inte utrymmes användningen i ritningsunderlaget mot hur det används idag. Detta omfattar exempelvis ombyggnaden av entrén till elevmatsalen som i dag brukas som fritidshem, komplementutrymmen som används som fast verksamhet i form av förskola och fritidshem, samt rum vars yta utökats genom att innerväggar tagits bort. Det är av stor vikt att ändringar framkommer vilket därigenom kan underlätta arbetet med fastighetsdrift. Det kan dessutom vara till stöd för kommande byte av ventilationssystemen att det finns en korrekt återgiven bild av hur skola och verksamhet ser ut i dag. Åtgärden syftar till att DU-pärm och ritningsunderlag kompletteras med ytterligare information, genomförda ändringar och verksamhetsbeskrivning. Detta borde ingå i det ordinarie arbetet för fastighetsbolaget.

### 8.2 Tidsstyrning av ventilation

Tidsstyrning kan med fördel göras efter brukstiderna som är gällande för den byggnad optimeringen avser. Det finns dock en viss problematik när brukarna har oregelbundna tider. Exempel på detta är en arbetsplats där viss del av personalstyrkan kan välja att arbeta efter ordinarie arbetstid eller då lokalen tjänar fler syften än dess huvudsakliga. Exempel på detta är en skolbyggnad som bedriver föreningsverksamhet efter skoldagens slut. (U.F.O.S 2005, s.50).

För offentliga lokaler, däribland skolor kan problematiken lösas med hjälp av fastighetsägaren som kan anpassa driftstiderna efter det varierade behovet. Ett

hjälpmedel för att förenkla kommunikationen för en lokal med många brukare kan vara ett schema för bokning av salar. För skolor finns det så klart även möjlighet att anpassa drifttiderna efter helger, helgdagar, lov och andra tillfällen då skolan hålls stängd. (U.F.O.S 2005, s.73)

### 8.2.1 Analys

Tidigarelagt driftstopp av FTX-I är ett förslag, som grundar sig på den drifttidsinställning som är gällande i förhållande till aktuell verksamhetstid. Förslaget innebär att driftstopp sker kl.17:00 istället för nuvarande tid. Argumentet för optimeringsåtgärden utgår från det faktum att samtliga barn förflyttas till fritidshemmet *Galaxen* kl.17:00, vars utrymme betjänas av FTX-III. Det är också vid denna tid personalen avslutar sin arbetsdag. Åtgärden medför att drifttiden under optimala förhållanden kan reduceras med två timmar per skoldag. Detta ger en total reduktion av drifttiden med 10 timmar per skolvecka.

Beskrivningen av varje ingående betjäningsszon visar att tidsreläer finns i ett antal av dessa zoner. Med hänsyn till verksamhetstid och städning kan ytterligare reglering ske för LV1E där tidsrelä finns för trä- och metallslöjdssalen. För trä- och metallslöjdssalen kan reglering av tidsreläet göras genom att välja driftstopp kl. 15:00. För betjäningsszonerna LV1B, LV1F, LV1H och LV1I finns för närvarande inte möjlighet att reglera ytterligare med tidsreläerna med hänsyn till gällande verksamhetstid. Dessa zoner, inklusive LV1A, LV1C och LV1D kan istället kompletteras med behovsstyrning via exempelvis timerinstallation.

Personal kan välja att arbeta längre än till kl.17:00, dock sker detta sällan<sup>6</sup>. Åtgärdsförslaget om reduktion av drifttid för hela FTX-I bör därmed utformas mer flexibelt. Förslagsvis bör ett närvaroschema införas som möjliggör detta. Ett sådant schema innebär att driftteknikern kan justera drifttiderna relativt enkelt. När personal önskar bedriva arbete efter ordinarie arbetstid ska en sådan bokning med enkelhet kunna göras i förväg och drifttiden regleras därefter. Även om driftstopp inte alltid sker kl.17:00 finns fortfarande möjlighet till besparing under förutsättning att driftstopp sker innan kl.19:00.

När önskemål om att bruka lokalen efter kl.17:00 uppkommer med kort varsel kan det stundom bli svårt för driftteknikern att tillmötesgå önskemålet. Kommunikation utgör därmed ett centralt begrepp samt att tydliga riktlinjer tas fram. Förslaget måste implementeras och följas upp för att bedöma dess funktionalitet. En fungerande verksamhet är trots allt den aspekt som väger

---

<sup>6</sup> Anette Saxell, biträdande rektor Jeppaskolan – telefonsamtal 2012-04-13

tyngst men behöver nödvändigtvis inte påverkas negativt om tydliga förhållningsregler tas fram och blir gällande.

Optimeringsåtgärden innebär att den totala drifttiden för FTX-I minskar i jämförelse med nuvarande drifttid. Detta innebär dock inte att reduktionen omfattar exakt 10 timmar per skolvecka, vilket vore optimalt. Tabell 8-1 visar hur stor en optimal reduktion av drifttiden är. Kolumnen kallad flexibel utgår ifrån en grov uppskattning om att arbete efter ordinarie arbetstid sker en timma per dag. Jämförelse görs med nuvarande drifttidsinställning. Ett skolår har förenklat antagits till 35 veckor, då byggnaden normalt brukas.

8-1 Tabell Driftreduktion FTX I

<b>Drifttid:</b>	<b>Nuvarande</b>	<b>Flexibel</b>	<b>Optimal</b>
<b>Måndag</b>	06:00 – 19:00	06:00 – 18:00	06:00 – 17:00
<b>Tisdag</b>	06:00 – 19:00	06:00 – 18:00	06:00 – 17:00
<b>Onsdag</b>	06:00 – 19:00	06:00 – 18:00	06:00 – 17:00
<b>Torsdag</b>	06:00 – 19:00	06:00 – 18:00	06:00 – 17:00
<b>Fredag</b>	06:00 – 19:00	06:00 – 18:00	06:00 – 17:00
<b>Lördag</b>	-	-	-
<b>Söndag</b>	-	-	-
	<b>Nuvarande</b>	<b>Flexibel</b>	<b>Optimal</b>
<b>Σ h per vecka</b>	65	60	55
<b>Σ h per skolår</b>	2275	2100	1925
<b>Jämförelse</b>	100 %	92,3 %	84,6 %

8-2 Tabell Driftstopp FTX I

	<b>Må</b>	<b>Ti</b>	<b>On</b>	<b>To</b>	<b>Fr</b>	<b>Lö</b>	<b>Sö</b>
kl.06:00-07:00							
kl.07:00-08:00							
kl.08:00-09:00							
kl.09:00-10:00							
kl.10:00-11:00							
kl.11:00-12:00							
kl.12:00-13:00							
kl.13:00-14:00							
kl.14:00-15:00							
kl.15:00-16:00							
kl.16:00-17:00							
kl.17:00-18:00							
kl.18:00-19:00							

Drift:  Driftstopp:



Uppgifterna i tabell 8-1 ovan visar på en relativt god reducering av drifttiden för hela FTX-I. En optimeringsåtgärd innebär i regel inga storslagna vinster utan det är med små medel förbättringar möjliggörs. För övrigt gäller åtgärden hela FTX-I vilket innebär att enskilda betjäningszoners verksamhetstider inte beaktas var för sig. Elpriset är valt till 90 öre/kWh.

Utrymmen inom betjäningsområdet för FTX-III är, som tidigare nämnt, svåra att tillföra optimeringsåtgärder i fråga om drifttider. En möjlighet är dock att tidigarelägga driftstoppet till kl.18:30 istället för det nuvarande som sker kl.19:00. Detta kan göras med anledning av att all verksamhet avslutas kl. 18:30. Totalt ger detta en drifttidsreduktion om 0,5h per skoldag vilket under 35 skolveckor ger en total reduktion omfattande 87,5h.

8-3 Tabell Reduktion av elbehov vid tidigarelagt driftstopp

	<b>Drifttid</b> [h]	<b>P<sub>tillförd</sub></b> [kW]	<b>Elbehov</b> [kWh]
<b>FTX-I</b>			
Nuvarande	2275,0	18,20	41405,0
Flexibel (1,0h)	2100,0	18,20	38220,0
Optimal (2,0h)	1925,0	18,20	35035,0
<b>FTX-III</b>			
Nuvarande	2275,0	6,44	14651,0
Reduktion (0,5h)	2187,5	6,44	14088,0

$$\Sigma_{el} = \text{år1}_{(FTX-I)} + (\text{år2} \times 1,05)_{(FTX-I)} + \text{år1}_{(FTX-III)} + (\text{år2} \times 1,05)_{(FTX-III)}$$

$$\frac{\text{kr}}{\text{kWh}} \times \Sigma_{el\text{behov}} = \text{Kostnad för drift under två år [kr]}$$

#### 8-4 Besparing över 2 år vid tidigarelagt driftstopp

<b>Nuvarande drifttid av både FTX-I och FTX-III</b>
Drifttid: 9100 h
Totalt elbehov: 112112 kWh
Total kostnad: 103423 kr inkl. energiprisökning
<b>Flexibel drifttid (1h) för FTX-I och reduktion (0,5h) för FTX-III</b>
Drifttid: 8575 h
Totalt elbehov: 104615 kWh
Total kostnad: 96507 kr inkl. energiprisökning
Reduktion: 6916 kr
<b>Optimal drifttid (2h) för FTX-I och reduktion (0,5) för FTX-III</b>
Drifttid: 8225 h
Totalt elbehov: 98245 kWh
Total kostnad: 90631 kr inkl. energiprisökning
Reduktion: 12792 kr

Beräkningarna visar på möjlighet för besparing om 6900 - 12800 kronor, vilket motsvarar en reducering på cirka 6,7 – 12,4 % för de kommande två åren. Besparingen tar inte hänsyn till arbetskostnad då optimeringsarbete ingår i driftpersonalens arbetsuppgifter. Den årliga energiprisökningen uppskattas till 5 %<sup>7</sup>.

### 8.3 Reglering av luftflöden

Reglering av luftflöden i byggnader är ett sätt att reducera fläktelenergi speciellt för utrymmen som står tomma men även utifrån principen om behovsanpassning av tilluftsflödet (Dahlblom & Wahlström 2010, s.2:69). Enligt Adalberth & Wahlström (2009, s.122) kan en ungefärlig kostnad för injustering av ventilationsflöden uppgå till 12kr/m<sup>2</sup> BTA, exklusive moms.

#### 8.3.1 Analys

Luftväxlingarna kan i vissa fall anses något höga men reducering av ventilationsflödet resulterar i sådana fall att behovet av frisk luft inte tillgodoses för vissa utrymmen. Generellt gäller att aktuella tilluftsflöden tillgodoser behovet av frisk luft men att graden av behövlig luftomsättning i förhållande till rekommenderade värden varierar. Reglering bör främst ske av ventilationsflöde till kök, dels då även klagomål om drag vid tilluftsdon, förts fram av personal. Vidare är aktuell luftomsättning för kök nästan 35oms/h i förhållande till det rekommenderade på 15 oms/h.

<sup>7</sup> SCB Prisutveckling på el och naturgas - EN 24 SM 2011.

Ventilationssystemet FTX-II har två betjäningsszoner varav LV2A enbart betjänar storkök inklusive diskrum och serveringsrum. Luftomsättningarna är under typvärden för dessa utrymmen, men gissning görs om att tilluftsflödet från storköket kompenserar det mindre flödet i serveringsrum och diskrum. Reglering av luftflöde bör ske för storkökets don med målet att uppnå en luftväxling motsvarande 15oms/h. Luftflöden bör ses över för att uppnå minimumkrav på erforderligt tilluftsflöde utifrån personbelastning och med hänsyn till luftväxling, vilket definieras som optimalt flöde i tabellen nedan. Optimalt flöde i detta avseende definieras enbart utifrån att tillgodose utrymmena med behovet av frisk luft och rekommenderad luftväxling.

8-5 Tabell Luftflöden & värmeförluster FTX II

Rum	Optimalt* Flöde [l/s]	Nuvarande Flöde [l/s]	Diff	
148	21,4	15,00	-6,40	
155	30,4	26,00	-4,40	
171	198,0	181,00	-17,00	
174	174,0	211,00	+37,00	
179	174,0	211,00	+37,00	
183	174,0	190,00	+16,00	
185	174,0	190,00	+16,00	
189	174,0	190	+16,00	
191	321,0	390	+69,00	
111	180,0	80	-100,00	
114	202,5	136	-66,50	
115	512,1	1152	+639,90	
124	84,60	70		
	$\Sigma = 2420,00$	$\Sigma = 3042,00$	$\Sigma = +622,00$	$Q_v = 746,00 \text{ W/K}$

Detta exempel visar på att luftflöden bör ses över så att värmesystemet inte avser värma luft som inte erfordras. I ett verkligt scenario kan brukarna trots detta ändå framlägga önskemål om ökat ventilationsflöde. Men utifrån begreppet ventilationsbehov enligt kapitel 5.2.1 så är det totala flödet för högt vilket resulterar i ökade driftkostnader. Arbetet med kontroll och injustering av ventilationsflöden anses inte medföra någon extra kostnad, så som *Adalberth & Wahlström* påstår (12 kr /m<sup>2</sup> BTA) då det bör ingå i ordinarie uppgifter avseende optimeringsarbetet för driftpersonalen.

## 8.4 Timerstyrning

Möjligheten att själv reglera ventilationen, då implementering av ett närvaroschema inte anses fungera, kan då vara ett alternativ. Ett förslag är timerinstallation med tryckknapp. Ventilationen kan därmed vara igång efter ordinarie drifttid under begränsad tid. Därefter krävs en ny knapptryckning för att starta ventilationen. På sådant sätt ventileras enbart rum som används inom ventilationssystemets betjäningsområde. (U.F.O.S. s.50)

### 8.4.1 Analys

Då närvaroschemat möjligen inte anses vara ett fungerande alternativ för skolan kan åtgärd avseende timerinstallation med knapptryck vara en möjlighet. Detta medför att arbete utöver ordinarie arbetstid fortfarande kan ske, under så kallad flexibel tid. Möjlighet att på egen hand reglera utrymmena sker då från kl.17:00 och fram till kl.19:00 och gäller för utrymmen så som klassrum och expeditionsområde. En tryckknapp bör gälla för hela expeditionen då flertalet arbetsrum existerar och skulle i sådana fall ha resulterat i uppemot 20-30 tryckknappar.

Om en individ väljer att arbeta efter kl. 17:00 innebär det att hela FTX-I är i fortsatt drift med åtgärden som gäller tidsstyrning enligt åtgärdsförslag under kapitel 8.2. Med timerinstallation ventileras enbart det utrymme som används, det vill säga inte alla utrymmen som betjänas av FTX-I.

Besparingspotentialen exklusive investeringskostnad bör ligga närmre den optimala drifttidsreduceringen enligt tidigare åtgärd med tidsstyrning. Fläktens effektbehov minskas avsevärt då endast en del av hela betjäningsområdet ventileras. Denna besparing kan förenklat, men med viss sannolikhet, uppskattas motsvara en driftreducering 1,5 timmar per dag.

Då åtgärdsförslaget innefattar en investeringskostnad i kombination med önskad lönsamhet, innan ventilationssystemet byts ut, väljs nuvärdesmetoden som metod för investeringsbedömning.

Kostnaden för timerinstallation uppskattas till cirka 2500 kr per timer, inklusive arbetskostnad och behovet finns i totalt åtta klassrum och på expeditionen. Detta innebär en investeringskostnad motsvarande 22500 kronor och kalkylperioden sträcker sig under två år. Kalkylräntan väljs låg då låga investeringskostnader prioriteras som följd av byte av ventilationssystemet inom två år och väljs till 4 %. Beräkningen nedan gäller för två år och görs enligt samma princip som för analysen under kapitel 8.2.1

8-6 Tabell Energikostnad timerstyrning

<b>Nuvarande drifttid av FTX-I</b>	
Drifttid:	4550 h
Totalt elbehov:	82810 kWh
Total energikostnad:	76392 kr inkl. energiprisökning
<b>Timerinstallation drifttid av FTX-I</b>	
Drifttid:	4025 h
Totalt elbehov:	73255 kWh
Total energikostnad:	67578 kr. inklusive energiprisökning
Reduktion:	8814 kr

$$Nuvärde = -G + (I - U) \times \frac{1 - (1 + p)^{-n}}{p}$$

8-7 Tabell Nuvärde timerstyrning

Investeringskostnad	22500 kr
Årlig besparing	4407 kr
Ekonomisk livslängd	2 år
Kalkylränta (p)	4 %
Nuvärde	-14188 kr

Åtgärdsförslaget med timerinstallation är inte lönsam under den korta period innan dess att ventilationssystemet byts ut. Dock kan installationerna komma att brukas i det nya ventilationssystem som ska projekteras framöver. Den investeringskostnad som tagits fram borde i sådana fall beakta vidare bruk efter två år, därav kan ett restvärde för installationerna uppskattas.

Livslängden uppskattas till cirka 15 år varav tiden installationerna brukas för det nuvarande systemet uppgår till cirka 13 % av dess livslängd. 87% av resterande livslängd gäller för när ett nytt ventilationssystem är i bruk. En uppskattning utifrån detta blir att 87 % av investeringskostnaden väljs som restvärde, vilket ger 19575 kronor som restvärde. Nuvärdesberäkning enligt följande:

$$Nuvärde = -G + (I - U) \times \frac{1 - (1 + p)^{-n}}{p} + \frac{R}{(1 + p)^n}$$

**8-8 Tabell Nuvärde timerstyrning med restvärde**

Investeringskostnad	22500 kr
Årlig besparing	4407 kr
Ekonomisk livslängd*	2 år
Kalkylränta (p)	4 %
Restvärde	19575 kr
Nuvärde	3910 kr

\*för nuvarande system

Behov finns, utifrån nuvarande verksamhet, av att införa behovsstyrning för kommande ventilationssystem. Vidare om detta gäller timerinstallation eller någon annan form av reglering kan det endast spekuleras kring. Men utifrån att installationerna kommer till användning för det nya systemet så kan åtgärdsförslaget rekommenderas, i annat fall inte.

### **8.5 Byte till resurseffektiva blandare**

Mängden kallvatten som används i skolan är sedan tidigare uppskattat till cirka 1292 m<sup>3</sup> per år varav 250 m<sup>3</sup> går till varmvattenberedaren. Byte av sedvanliga engreppsblandare till resurseffektiva på WC-utrymmen skulle innebära en reduktion av kall- och varmvattenanvändningen. Detta gäller för 15 WC-utrymmen.

En uppskattning görs av att varje blandare i WC-utrymmena förbrukar 5 m<sup>3</sup> per år. Detta motsvarar 28,6 liter vattenanvändning per tvättställ och blandare varje skoldag. Med ett flöde på 9 l/min motsvarar detta att blandaren används under 3 min och 10 sekunder en normal skoldag. Användningen antas trovärdig då det i snitt går 12 elever per WC.

Med resurseffektiva blandare kan flödet reduceras till 4,5 l/min vilket innebär att vattenanvändningen per tvättställ kan reduceras till hälften. Andelen kall- och varmvatten antas ha fördelning på 55 respektive 45 procent.

8-9 Tabell Kostnader vattenanvändning

	Kostnad [per m <sup>3</sup> ]	Volym [m <sup>3</sup> ]	Totalkostnad [Kr]
<b>Nuvarande</b>			
<b>Varmvatten</b>	28,20	33,75	951,80
<b>Kallvatten</b>	12,51	41,25	516,00
<b>Spillvatten</b>	11,63	75,00	872,25
			Σ 2340,10
<b>Resurseffektiv</b>			
<b>Varmvatten</b>	28,20	16,90	476,60
<b>Kallvatten</b>	12,51	20,60	257,70
<b>Spillvatten</b>	11,63	37,50	436,10
			Σ 1170,40
<b>Kostnadsreduktion: 1169,70</b>			

$$Nuvärde = -G + (I - U) \times \frac{1 - (1 + p)^{-n}}{p}$$

8-10 Tabell Nuvärde resurseffektiva blandare

<b>Investeringskostnad</b>	<b>27000,00 kr</b>
<b>Årlig besparing</b>	1169,70 kr
<b>Ekonomisk livslängd</b>	20 år
<b>Kalkylränta (p)</b>	4 %
<b>Nuvärde</b>	-11103,00kr

Det visar sig att installation av nya resurseffektiva blandare inte ger någon lönsamhet. Detta är med stor sannolikhet kopplat till att befintliga blandare redan har ett tillräckligt lågt tappflöde.

## 8.6 Byte av lampor

Som åtgärd föreslås att samtliga lampor med en effekt på över 11W ersätts omgående mot lågenergialternativ. Halogenröret byts efter uttjänt behov till en modernare variant. Byte enligt följande:

8-11 Tabell Bytesplan för lampor

Användning	Nuvarande effekt	Ersätt med	Ny effekt
Lampskärm	5-40	Lågenergi	5-7
Fönster	25-40	Lågenergi	7
Över bord	55-75	Lågenergi	11
Spotlights personalrum	40	LED	6
Spotlights Galaxen	40	LED	5,5
Spotlights matsal	60	Lågenergi	15
Hörnlampor	110-300	Lågenergi, modernare	23-230

### 8.6.1 Analys

Drifttiderna för lamporna uppskattas enligt Energimyndighetens medelvärde på drifttider på belysning med manuell styrning, det vill säga 1568 timmar per år. Undantag görs för 17 lampor i elevmatsalen. Drifttiderna för dessa anpassas efter lunchtiderna och anses vara tända 4 timmar per skoldag. Under platsbesök hölls enbart 5 av lamporna tända under lunchtid. Eftersom bytet avser bibehålla en jämn belysningsgrad vilket innebär ett byte av samtliga lampor i anknytning till varandra så behandlas detta som att drifttiden för samtliga lampor reduceras med ytterligare 40 %. Drifttid i matsalen blir då i genomsnitt 280 timmar per år.

LED används i de fall lågenergi inte är möjligt eller där långsam upptändning kan tänkas förhindra arbete. Då drifttiden är osäker premieras lågenergilampor då de har en lägre inköpskostnad. I takt med att lågenergilampor blir uttjänta kan prisläget på LED vara i ett sådant läge att ett nytt byte från lågenergi till LED blir aktuellt. 7 W används som den lägsta effekten på lågenergilampor då fördelning bland ljuskällorna vilka använder sig av 5-7 W är okänd.



8-12 Tabell Kostnader &amp; besparing lampor

Antal	Befintlig (W)	Ny lampa (W)	Kostnad (kr/st)	Investering (kr)	Minskad elförbrukning (kWh/år)
7	15	7	30	210	87,78
<b>29</b>	25	7	30	870	818,23
<b>2</b>	40	7	30	60	103,45
<b>4</b>	40	6	175	700	213,18
<b>2</b>	40	5,5	175	350	108,15
<b>6</b>	55	11	60	360	413,82
<b>1</b>	60	11	60	60	76,80
<b>17</b>	60	15	60	1020	214,20
<b>1</b>	75	11	60	60	100,32
<b>1</b>	115	23	90	90	144,21
<b>Summa:</b>	<b>2750 W</b>	<b>667 W</b>		<b>3780 kr</b>	<b>2280 kWh/år</b>

Det framkommer tydligt att åtgärden snabbt blir kostnadseffektiv. I detta fall tas ingen hänsyn till kalkylränta utan det konstateras bara att åtgärden betalar tillbaka sig på under två år. Det viktiga med åtgärden är inte själva bytet i sig utan att varje lampa ska ha rätt effekt för sitt användningsområde. Detta är det byte vi föreslår som skulle ge lägst årskostnad samtidigt som funktionen upprätthålls.

## 8.7 Byte av belysning i klassrum

8-13 Tabell Bytesplan belysning i klassrum

Klassrum	Ny belysning	Reglering
Takbelysning	9 armaturer, dimningsbara HF-don, 2x28W T5	Dagsljus/frånvaro
Tavelbelysning	2-3 armaturer, dimningsbara HF-don, 28W T5	Dagsljus/frånvaro
<b>Omfattning och ny installerad effekt</b>		
Bytet inkluderar samtliga klassrum samt det klassrum som numera innehåller fritidshemmet Månen, totalt 10 utrymmen. Den installerade effekten i utrymmena sänks från 12 060 W till 6 406 W. Installerad effekt för de 580 m <sup>2</sup> blir 11,05 W/m <sup>2</sup> vilket uppnår energimyndighetens riktlinje för energieffektiv belysning.		
<b>Övrigt</b>		
Längre livslängd på armaturer och färre armaturer minskar underhållskostnader. Färre armaturer ger lägre värmetilskott till rummet. Nya lysrör ger flimmerfritt ljus och dagsljusreglering en jämnare belysning i rummet.		

### 8.7.1 Analys

Kostnaden för ingreppen uppskattas efter standardvärde på kostnad för byte av belysning. Drifttiderna i utrymmena ses som likartade och Energimyndighetens standardvärde används tillsammans med gällande reduktionsfaktorer för respektive åtgärd.

Bytet till T5 med frånvarostyrning och dagsljusreglering jämförs med befintlig driftkostnad samt ett byte enbart innefattande byte till moderna armaturer och T5. Mängden lysrör har först beräknats med NB-metoden sedan prövats i programmet DIALux.

Investeringskostnader enligt följande

**Investeringskostnad byte = 250kr per m<sup>2</sup> + 3000kr per rum**

**Investeringskostnad styr = 250kr per m<sup>2</sup> + 6000kr per rum**

(Adalbeth & Wahlström 2009, s. 145)

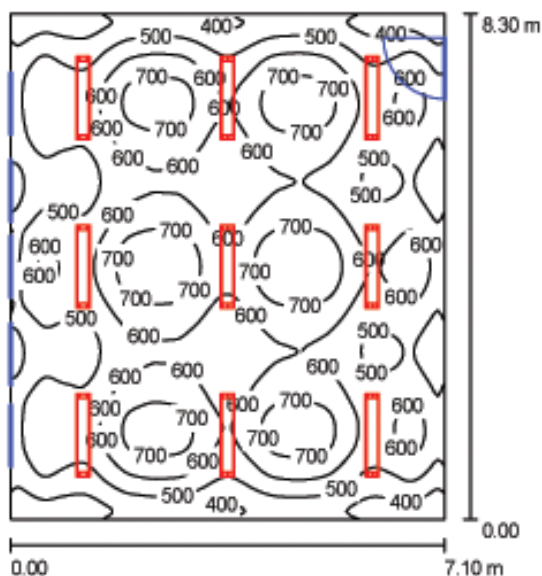
Bytet till T5 med frånvarostyrning och dagsljusreglering jämförs med befintlig driftkostnad samt ett byte enbart innefattande byte till moderna armaturer och

T5. NB-metoden ger att 9 armaturer med 2 T5 28W i varje bör täcka behovet:

$$N = \frac{500 \times 58}{0,8 \times 0,8 \times 2 \times 2600}$$

Test av belysning i DiaLux visar att belysningen är tillräcklig för att täcka behovet i rummet. Eftersom illustrationen visar på den lägsta ljusstyrkan, det vill säga när ljusnedgången är som störst, så visar den också att det finns utrymme att med dimmer hålla en lägre effekt. Resultatet kan skilja sig åt beroende på val av armatur.

#### 8-1 Bild Belysningsstyrka i klassrum



Rumshöjd: 2.700 m, Monteringshöjd: 2.300 m, Underhållsfaktor: 0.80

Värden i Lux, Skala 1:107

Yta	$\rho$ [%]	$E_{med}$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_{med}$
Beräkningsplan	/	570	299	786	0.524
Golv	30	505	303	690	0.599
Tak	80	463	146	1508	0.315
Väggar (4)	60	288	170	425	/

#### Beräkningsplan:

Höjd: 0.850 m  
Rutssystem: 128 x 128 Punkter  
Gränsyta: 0.000 m

#### UGR

Vänster vägg  
Nedre vägg  
(CIE, SHR = 0.25.)

#### Längsgående-

11  
11

#### Tvär

10  
10

#### till armaturaxel

8-14 Tabell Kostnader belysning i klassrum

<b>Indata</b>	<b>Befintligt</b>	<b>T5</b>	<b>T5 Reglerbart</b>
<b>Investering</b>	<b>0</b>	<b>17500</b>	<b>20500</b>
<b>Energikostnad per år</b>			
<b>Installerad effekt</b>	1215	646,8	646,8
<b>Energiförbrukning</b>	1905	1014	657
<b>Energikostnad</b>	<b>1714</b>	<b>912</b>	<b>591</b>
<b>Byte av lysrör</b>			
<b>Kostnad för byte</b>	1485	1420	1420
<b>Livslängd lysrör:</b>	13500	16000	16000
<b>Intervall</b>	8,6	10,2	10,2
<b>Rengöring</b>			
<b>Intervall</b>	3	3	3
<b>Underhållskostnad/år</b>	<b>263</b>	<b>209</b>	<b>209</b>

I byteskostnad ingår arbetskostnad på 10 kr per lysrör, inköpskostnad för lysrör på 30 kronor samt tändare. I rengöring ingår arbetskostnad motsvarande den vid byte. Kostnaden för lysrör sätts till 30 kronor för T8 36W och 50 kronor för T5 28W utifrån snittpriset för Philips lysrör i dessa kategorier.

Livscykelkostnad för 20 år med 4% kalkylränta vilket ger en nuvärdefaktor,  $p_0$ , på 13,59. LCC beräknas enligt:

$$LCC = \text{Investering} + LCC_{\text{energi}} + LCC_{\text{underhåll}}$$

$$LCC_{\text{energi}} = p_0 \times \text{Årlig energikostnad}$$

8-15 Tabell Resultat av LCC för belysning i klassrum

<b>Resultat av LCC</b>	<b>Befintlig</b>	<b>T5</b>	<b>T5 Reglerbart</b>
<b>Livscykelkostnad</b>	28546	34078	32716
	Lägst LCC	Ej lönsamt	Ej lönsamt

Det visar sig att byte av belysning inte är kostnadseffektivt på grund av hög investeringskostnad. Med hänsyn tagen till arbetsmiljöfaktorer skulle åtgärden kunna rekommenderas men ur ett ekonomiskt perspektiv är besparingen per år inte tillräcklig för att täcka investeringen.

## 8.8 Utvändig tilläggsisolering av vägg

Tilläggsisolering utvändigt förutsätter att tegelfasaden monteras ner. Då åtgärden att ta ner tegelfasaden får anses som omfattande bör så mycket isolering som möjligt användas vid åtgärdstillfället då merkostnaden för extra isolering inte inverkar i betydande grad på totalkostnaden kontra nyttan. Väljs för fasadskivan en sådan tjocklek att den når ut till kantbalkens sockelelement kan den bidra till att minska kantbalkens köldbrygga. Fasadskivan kan monteras direkt på befintlig gipskompositkiva. Fuktmässigt ger lösningen en varmare vägg under större delen av året. Efter tilläggsisolering bör en ny fasadkonstruktion användas, dels för att det ger en lägre direkt kostnad men till största del för att det efter ett tjockt lager tilläggsisolering finns dåligt med plats på kantbalken för en ny tegelkonstruktion. Lämplig konstruktion vore en lätt träpanel eller putsskiva.

### 8.8.1 Analys

8-16 Tabell Befintlig och ny konstruktion yttervägg

Befintlig konstruktion	Ny konstruktion
120 Tegelfasad	22+22 Träpanel
25 Luftspalt	20 luftspalt + läkt
9 Kompositkiva	9 Kompositkiva
	100 Fasadskiva
150 Isolering + reglar	150 Isolering + reglar
26 Gipsskiva (2)	26 Gipsskiva (2)

Fasadskivan sträcker sig 55 mm in över sockelelementet. Fasadskiktet hamnar alltså 15-20 mm utanför kantbalken. Förändringen får följande konsekvenser för väggens och kantbalkens värmeisolerande funktion.

8-17 Tabell U-värden & Psi-värden för befintlig och ny konstruktion yttervägg

	Befintlig	Ny	Reduktion
U-värde (W/m <sup>2</sup> K) och Psi-värde (W/m K)			
<b>U-värde</b>	0,294	0,148	0,146
<b>Psi-värde</b>	0,451	0,401	0,05
Specifik värmeförlustfaktor, väggkonstruktion och köldbrygga (W/K)			
<b>Vägg</b>	203,7	102,7	101,0
<b>Köldbrygga</b>	60,8	54,1	6,7
<b>Summa (W/K)</b>	<b>264,5</b>	<b>156,8</b>	<b>107,7</b>

Kostnaden för nedmontering av tegelfasad, isolering samt ny fasad blir 700 kr/m<sup>2</sup> (Adalberth & Wahlström 2009, s. 71). För hela ytterväggen innebär det en investeringskostnad på 480 000 kr. Vinsten i tilläggsisoleringen baseras på

att den sänkta transmissionen genom vägg och köldbryggor leder till ett sänkt värmeeffektbehov vilket kompenseras av en inreglering av värmesystemet. Sett till hela byggnadens omgivande konstruktion ger åtgärden en reduktion från 2433,9 W/K till 2332,9 W/K vilket i teorin kan härledas till ett reducerat värmeeffektbehov genom temperaturdifferensen mellan inne- och uteluft. På grund av redan befintliga injusteringar i värmesystemet såsom helgsänkningar och i FTT- III sänkningar på tillufttemperaturen nattetid, samt att flertalet perioder under året existerar då skolan inte är i bruk, blir en sådan uppskattning mycket grov. Genom att anta en temperaturdifferens på 14 grader på vardagar och 9 grader på helger samt att skolans värmesystem är i drift året om leder reduktionen på 107,7 W/K till att värmeeffektbehovet sänks med cirka 11800 kWh per år vilket med priset på fjärrvärme leder till att investeringen har en rak återbetalningstid på runt 80 år. Åtgärden rekommenderas inte.

## 9 Slutsats

Processen som följer av arbetet med energieffektivisering är en komplex sådan. Det tycks finnas en arsenal av möjliga åtgärder som verkar för en energieffektivare bebyggelse, men att implementera dessa är dock ingen bagatell. Byggnaden bjuder på sina egna förutsättningar vad gäller alla ingående installationer, system och dess konstruktion. Åtgärder måste beakta flertalet aspekter så som aktuell verksamhet och dess komplexitet. En åtgärd må tyckas vara den mest självklara men får aldrig inverka negativt på brukarna, det är trots allt byggnaden som ska tjäna dem. Det som följt av detta arbete är att se byggnadens potential mer än att se byggnaden som ett hinder. Att finna mindre åtgärder, som inte kräver någon form av investeringskostnad, kan vara det mest optimala i energieffektiviseringssammanhang. När väl de små bitarna faller på plats upptäcks fler möjligheter allt eftersom, vissa testas för att sedan implementeras eller kasseras. Att betrakta en byggnad såsom Jeppaskolan ur ett helhetsperspektiv ger många insikter och idéer men det är också lätt att stirra sig blind på mängden av information och de många möjligheter som följer.

För att till fullo utnyttja möjligheterna till energieffektivisering krävs tid, engagemang, kunskap och idériedom. Att utreda varje möjlighet är något som kräver mycket tid samtidigt som att förutsättningarna likaså kan förändras med tiden. Verksamheten måste alltid stå i fokus och hänsyn bör likaså tas till brukarnas skiftande behov. Med flertalet tekniska möjligheter och därtill även begränsningar för byggnaden och dess system i kombination med begreppet ekonomi kan det vara bra att dra till minnes betydelsen av de mindre åtgärderna. En enkel åtgärd som byte av glödlampor för en större verksamhet är en sådan åtgärd, men likväl en åtgärd som speglar betydelsen av energieffektivisering. Det framkommer i detta arbete att det främst är mindre åtgärder ger besparingar. Dock bör större åtgärder inte förbises men beaktas vid rätt läge såsom när behov av renovering uppstår.

## **10 Förslag till framtida examensarbete**

Ett examensarbete som berör energieffektiviseringsprocessen med fokus på brukarbeteende kan vara en intressant aspekt, i kombination med det traditionsenliga förfarandet vad gäller åtgärdsförslag.

Likaså kan ett examensarbete som berör en betydligt äldre byggnad, som används som skola, vara av intresse för att lyfta fram en skillnad mot nyare skolor.

Vidare ges en uppmaning till ett liknande arbete vad gäller energieffektivisering i skolmiljö. Detta med anledning av att lokaler, så som skolbyggnader, är något mer problematiskt att ta sig an än ett enskilt hus eller flerbostadshus.



## 11 Källförteckning

- Abel, E. & Elmroth A. (2008) *Byggnaden som system*. Solna: AlfraPrint
- Adalberth, K. & Wahlström Å. (2009) *Energibesiktning av byggnader – flerbostadshus och lokaler*. Solna: Intellecta Tryckindustri.
- Arbetsmiljöverket (2012) *Om ljus och belysning* Tillgänglig:  
[http://www.av.se/teman/kontorsarbete/ljus\\_och\\_belysning](http://www.av.se/teman/kontorsarbete/ljus_och_belysning) [2012-03-19]
- Boverket (2012) *Energiexperter*. Tillgänglig: <http://www.boverket.se/Bygga-forvalta/Energideklaration/Energiexpert/> [2012-04-29]
- Energilotsen (2012) *Kvantifierade nyckeltal för olika byggnadstyper*  
Tillgänglig: [http://www.energilotsen.nu/energilotsen/kap\\_2\\_energilotsen.pdf](http://www.energilotsen.nu/energilotsen/kap_2_energilotsen.pdf) [2012-05-20]
- Energimyndigheten (2007a) *Energianvändning i lokaler (STIL2)* Tillgänglig:  
[http://www.energimyndigheten.se/sv/Statistik/Forbattrad-energistatistik-i-bebyggelsen/Inventering-av-energianvandningen-i-lokaler-/\(STIL2\)](http://www.energimyndigheten.se/sv/Statistik/Forbattrad-energistatistik-i-bebyggelsen/Inventering-av-energianvandningen-i-lokaler-/(STIL2)) [2012-05-16]
- Energimyndigheten (2007b) *Vägledning för energieffektiv och god belysning*  
Tillgänglig:  
[http://www.regionorebro.se/download/18.2074102f118c7f3851b80002371/1208418041965/vagledning\\_belysning.pdf](http://www.regionorebro.se/download/18.2074102f118c7f3851b80002371/1208418041965/vagledning_belysning.pdf) [2012-06-08]
- Energimyndigheten (2012) *Mål rörande energianvändning i Sverige och EU*.  
Tillgänglig: <http://energimyndigheten.se/sv/offentlig-sektor/tillsynsvagledning/mal-rorande-energianvandning-i-Sverige-och-EU/> [2012-06-07]
- Forslund, P. (2010). *Bästa inneklimat – till lägsta pris*. Lund: Wallin & Dalholm Bocktryckeri AB.
- Hörs kommun (2008) *Lokala miljömål med handlingsplan*. Tillgänglig:  
<http://www.hoor.se/Documents/Kommunen/Miljömål%20och%20åtgärder%20antagen%20080131.pdf> [2012-03-23]
- Hörs kommun (2012a) *Kommunen*. Tillgänglig:  
<http://www.hoor.se/sv/Kommunen/> [2012-05-11]

- Höors kommun (2012b) *Mål och visioner* Tillgänglig:  
<http://www.hoor.se/sv/Kommunen/Ekonomi-och-styrning/Mal-och-visioner/>. [2012-05-11]
- Höors kommun (2012c) *Energirådgivning*. Tillgänglig:  
<http://www.hoor.se/sv/MiljoBoende/Energi/Energiradgivning/>  
[2011-05-11]
- Höors kommun (2012d) *Taxor och avgifter vatten och avlopp*. Tillgänglig:  
<http://www.hoor.se/sv/MiljoBoende/Vatten--avlopp/Taxor-och-avgifter-for-vatten-och-avlopp/> [2012-05-20]
- Kiwaswedcert (2012) *Ackrediteringen och anmälningar*. Tillgänglig:  
<http://www.kiwaswedcert.se/kiwaswedcert/om-oss/ackrediteringen-en-anmalningar.aspx> [2012-04-27]
- Ljuskultur (2007) *Ljusa mallen – Redovisningsmall för inomhusbelysning – Armaturer och ljussättning*. Tillgänglig:  
[http://www.ljuskultur.se/files/Litteratur\\_Utbildning/Ljus\\_Rum/LJUSA\\_mallen\\_ver11.pdf](http://www.ljuskultur.se/files/Litteratur_Utbildning/Ljus_Rum/LJUSA_mallen_ver11.pdf) [2012-05-20]
- Ljuskultur (2012) *Verkningsgradsmetoden* <http://www.ljuskultur.se/fakta-och-miljo/belysningsplanering/att-planera-och-berakna-belysning/verkningsgradsmetoden/>  
Ljuskultur (2012)
- Miljömålportalen (2012a) (2012-03-20) *Begränsad klimatpåverkan*.  
Tillgänglig: <http://www.miljomal.se/Miljomalen/1-Begransad-klimatpaverkan/> [2012-03-23]
- Miljömålportalen (2012b) (2012-03-20) *God bebyggd miljö*.  
<http://www.miljomal.se/Miljomalen/15-God-bebyggd-miljo/>  
[2012-03-23]
- Miljöstyrringsrådet (2009) *Förstudie: Inomhusbelysning* Tillgängligt:  
[http://www.msr.se/Documents/rapporter/msr\\_2009\\_4.pdf](http://www.msr.se/Documents/rapporter/msr_2009_4.pdf) [2012-05-27]
- Månsson L. & Svensson R. (2010) *Ljus & Rum – Planeringsguide för belysning inomhus*. Stockholm: Ljuskultur

- Naturvårdsverket (2012a) (2012-02-22) *Miljö kvalitetsmål*.  
<http://www.naturvardsverket.se/Start/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmal/> [2012-06-07]
- Naturvårdsverket (2012b) (2012-05-16) *God bebyggd miljö*.  
<http://www.naturvardsverket.se/Start/Sveriges-miljomal/Miljokvalitetsmal/Bebyggd-miljo/> [2012-06-07]
- Naturvårdsverket (2012c) (2012-02-16) *Generationsmål – Generationsmålets strecksatser*. Tillgänglig:  
<http://www.miljomal.se/Miljomalen/Generationsmalet/> / [2012-03-23]
- Renovera Energismart (2012). *Kompendium*. Tillgänglig:  
<http://www.renoveraenergismart.se/wp-content/uploads/2010/10/RE-kompendium-mars-2011.pdf>  
[2012-04-15]
- Rindi (2012) *Fjärrvärmepriiset*. Tillgänglig:  
<http://www.rindienergi.se/files/upload/prislistor/Normalprislista-Höör.pdf> [2012-05-18]
- SIS (2012) *Mer om SIS*. Tillgänglig: <http://www.sis.se/innehall/om-sis/Mer-om-SIS/> [2012-05-20].
- SKL (2011) (2012-04-12) *Vägen till energieffektiva skolor*. Tillgänglig:  
[http://www.skl.se/vi\\_arbetar\\_med/tillvaxt\\_och\\_samhallsbyggnad/fastighet/nyhetsbladet\\_offentliga\\_fastigheter/off/vagen-till-energieffektiva-skolor](http://www.skl.se/vi_arbetar_med/tillvaxt_och_samhallsbyggnad/fastighet/nyhetsbladet_offentliga_fastigheter/off/vagen-till-energieffektiva-skolor) [2012-06-07]
- SP (2000) Sveriges tekniska forskningsinstitut. *Rapport: Vatten- och energibesparing vid byte av tappvattenarmatur*. Borås
- Sveby (2010) *Energiprestandaanalys 10 – Avvikelse som kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov*. Tillgänglig:  
<http://www.sveby.org/wpcontent/uploads/2011/06/Energiprestandaanalys.pdf> [2012-05-04]
- Swedac (2012) *Detta gör Swedac*. Tillgänglig: <http://www.swedac.se/sv/Det-handlar-om-fortroende/Detta-gor-Swedac/> / [2012-04-27]
- U.F.O.S. (1999) *Inte för kråkorna – Energieffektivisering genom driftoptimering*. Stockholm: Arne Löfgren Offset tryckeri.

U.F.O.S. (2005) *Energisparguiden – Erfarenheter av energieffektivisering i offentliga lokaler*. Stockholm: Sveriges Kommuner och Landsting.

Warfvinge, C. & Dahlblom M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Kristianstad: Kristianstads Boktryckeri AB.

## 12 Bilagor

### 12.1 Antagen belysning

Källare	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt total
Samtliga utrymmen	T8	108	Väggar Tak	2	36	9720
108	T8	1	Vägg	2	36	45
Total uppskattad installerad effekt Källare: 9765 W						
Kök	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
114	T8	3	Tak	2	36	270
116, 132, 133, 134	T8	1	Tak	2	36	90
124	T8	1 2	Tak Vägg	2 1	36 36	90 90
131	T8	2	Tak	4	18	180
112, 113, 118, 123	Lampa, "G2"	1	Tak (Förråd)	-	-	Antas ej
121, 126	Lampa, "G9"	1	Tak (Kyl&frys)	-	-	Antas ej
119, 120, 125	Lampa, "G9"	2	Tak (Kyl&frys)	-	-	Antas ej
Total uppskattad installerad effekt Kök: 810 W						
Grupprum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
213	T5	4 1	Tak Tavla	4 1	14 55	246,4 60,5 306,9
Total uppskattad installerad effekt Grupprum: 306,9 W						

Expedition	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
148, 155, 156, 158	T8	2	Tak	1	36	90
	Lampa	1	Fönster	1	25	25
	Lampa	1	Bord	1	11	11
						126
153	T5	2	Tak	1	55	121
	Lampa	1	Fönster	1	25	25
	Lampa	1	Bord	1	11	11
						157
157, 164	T8	2	Tak	4	18	180
159	T8	1	Tak	4	18	90
160	2	Lampa, "G7"	Tak	-	-	Antas ej
163	T8	1	Tak	1	36	45
		3	Tak	2	36	90
		1	Bord	3	36	135
						360
Total uppskattad installerad effekt Expedition: 1471 W						
<b>Total antagen effekt (W)</b>						
<b>T8</b>		<b>T5</b>		<b>Lampor</b>		
2610		428		180		

## 12.2 Sammanställning lysrör

### Undervisningsutrymmen

Klassrum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
179, 183, 185, 189, 201, 206, 208	T8	12 3	Tak Tavla	2 1	36 36	1080
						135
196, 200.	T8	12 2	Tak Tavla	2 1	36 36	1080
						90
1170						
Total installerad effekt Klassrum: 10845 W						
Grupprum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
172, 214.	T5	4 1	Tak Tavla	4 1	14 55	246,4
						60,5
306,9						
Total installerad effekt Grupprum: 613,8 W						
Solen	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
170	T8	3 1	Tak -	2 1	36 36	270
						45
315						
171A	T8	1	Diskbänk	1	36	45
	T5	2	Tak	3	14	92,4
		8	Tak	4	14	492,8
630,2						
173	T5	2	Tak	4	14	123,2
174	T5	9 3	Tak Tavla	4 1	14 55	554,4
						181,5
735,9						
Total installerad effekt Solen: 1804,3 W						

Månen	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
207	T8	10	Tak	2	36	900
	T5	6	Tak	3	14	277,2
						1177,2
212	T8	12	Tak	2	36	1080
		3	Tavla	1	36	135
						1215
Total installerad effekt Månen: 2392,2 W						
Galaxen	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
102A	T8	1	Diskbänk	1	36	45
	T5	13	Tak	3	14	600,6
						645,6
102B	T5	11	Tak	3	14	508,2
Total installerad effekt Galaxen: 1153,8 W						
Träslöjd	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
191	T8	16	Tak	3	36	2160
192	T8	1	Tak	2	36	90
193	T8	2	Vägg	1	36	90
		2	Tak	2	36	180
						270
Total installerad effekt Träslöjd: 2520 W						
Syslöjd	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
194	T8	11	Tak	3	36	1485
		3	Tavla	1	36	135
						1620
Total installerad effekt Syslöjd: 1620 W						



Bibliotek	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
195	T8	12	Tak	2	36	1080
	T5	9	Tak	3	14	415,8
						1495,8
Total installerad effekt Bibliotek: 1495,8 W						
Datorsal	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
184	T8	6	Tak	2	36	540
	T5	8	Tak	3	14	369,6
						909,6
Total installerad effekt Datorsal: 909,6 W						

### Arbetsutrymmen

Arbetsrum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
145	T8	4	Tak	1	36	180
147, 148, 155, 156, 158	T8	2	Tak	1	36	90
152	T8	1	Tak	1	36	45
	T5	1	Tak	1	55	60,5
						105,5
153, 168	T5	2	Tak	1	55	121

Total installerad effekt Arbetsrum: 977,5W

Kök	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
110	T8	1	Tak	2	36	90
111	T8	8	Tak	2	36	720
114	T8	3	Tak	2	36	270
115	T8	8	Tak	2	36	720
		5	Över bänk	1	36	225
						945
116	T8	1	Tak	2	36	90
124	T8	2	Tak	2	36	180
		2	Vägg	1	36	90
						270
117	T8	4	Tak	2	36	360

Total installerad effekt Kök: 2745 W

Elevvård	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
163	T8	3	Tak	2	36	90
		1	Vägg	1	36	45
		1	Över bänk	3	36	135
Total installerad effekt Elevvård: 270 W						
Konferens	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
149	T8	8	Tak	1	36	270
Total installerad effekt Konferensrum: 270 W						

### Kommunikationsytor

Kaprum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör/armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
139	T8	4	Tak	4	18	360
175, 180, 186, 197, 202, 209	T5	5	Tak	3	14	231
Total installerad effekt Kaprum: 1746 W						
Korridorer	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör/armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
108	T5	10	Tak	3	14	462
127	T8	3	Tak	2	36	270
143	T5	9	Tak	3	14	415,8
166	T5	7	Tak	3	14	323,4
167	T5	1	Tak	3	14	46,2
171B	T5	3	Tak	3	14	138,6
190	T5	8	Tak	3	14	369,6
Total installerad effekt Korridorer: 2025,6 W						

### Samvaroutrymmen

Matsal	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör/armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
109	T8	52	Tak	4	18	4680
Total installerad effekt Matsal: 4680 W						
Personalrum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör/armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
131	T8	2	Tak	4	18	180
136	T8	2	Tak	2	36	180
137	T8	4	Tak	2	36	360
138	T8	1	Diskbänk	1	18	22,5
Total installerad effekt Personalrum: 1979,4						

### Övriga utrymmen

Förråd	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
103	T5	1	Tak	2	14	30,8
144	T8	1	Tak	2	36	90
151	T8	1	Tak	1	36	45
169	T8	2	Tak	2	36	180

Total installerad effekt Förråd: 345,8 W

WC	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
105, 106, 107, 128, 129, 130	T5*	1	Tak	2	14	30,8
142, 162, 165, 176, 177, 178, 181, 182, 187, 188, 198, 199, 203, 204, 205, 210, 211	T8	1	Tak	2	36	90

Total installerad effekt WC: 1714,8 W

\*Närvarostyrning

Vilorum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
135	T8	1	Tak	2	36	90

Total installerad effekt Vilorum: 90 W

Omkl.rum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
132, 133, 134	T8	1	Tak	2	36	90

Total installerad effekt Omklädningsrum: 270 W

Väntrum	Typ	Antal armaturer	Placering	Lysrör per armatur	Effekt per lysrör	Installerad effekt/rum
157, 164	T8	2	Tak	4	18	180
161	T8	4	Tak	4	18	360
Total installerad effekt Väntrum: 720 W						