



Segevångsskolan

Energieffektivisering enligt Totalmetodiken



Beställt av:

Torbjörn Nilsson, Malmö Stad Serviceförvaltningen

Utfört av:

Catrin Heincke
Mari-Liis Maripuu,
CIT Energy Management AB

Datum:

2015-06-03

Denna rapport har tagits fram som en del i projektet "The Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings", som finansierats av Intelligent Energy Europe Programme och Belok.

Projektets hemsida: www.totalconcept.info

BELOKS hemsida: www.belok.se



Co-funded by the Intelligent Energy Europe
Programme of the European Union

BELOX
Effektiv energi i lokaler

Ansvarsfriskrivning

Hela ansvaret för innehållet i denna publikation ligger hos författarna. Det återspeglar inte nödvändigtvis den Europeiska Unionens åsikter. Varken EACI eller Europakommissionen ansvarar för hur informationen i publikationen kan komma att användas.

Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	4
2	Bakgrund.....	6
3	Projektets omfattning och metod	6
4	Byggnaden och dess tekniska system i nuläget.....	7
4.1	Byggnaden och dess utformning	7
4.2	Byggnadernas användning	8
4.3	Inomhusklimat.....	8
4.5	Byggnadsskal	9
4.4	Tekniska system.....	9
5	Energi- och resursanvändning	10
5.1	Energistatistik	10
5.2	Beräknad energifördelning.....	12
5.3	Referensnivå för energieffektivisering	13
6.	Identifierad åtgärder	15
6.1	Åtgärd 1. Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i hus A	15
6.2	Åtgärd 2. Driftoptimering av ventilation i hus A	16
6.3	Åtgärd 3. Komplettering av fönster med isolerruta i hus A	17
6.4	Åtgärd 4. Tilläggsisolering av fasad i hus A.....	17
6.5	Åtgärd 5. Byte av tak i hus A.....	18
6.6	Åtgärd 6. Byte av belysning i klassrum, grupprum och allrum i hus A	19
6.7	Åtgärd 7. Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i hus A.....	19
6.8	Åtgärd 8. Byte av termostater och injustering av värmesystem i hus B	20
6.9	Åtgärd 9. Driftoptimering av ventilation i hus B.....	21
6.10	Åtgärd 10. Byte till FTX ventilation med behovsstyrning i hus B.....	21
6.11	Åtgärd 11. Komplettering av fönster med isolerruta i hus B.....	22
6.12	Åtgärd 12. Tilläggsisolering av fasad i hus B.....	23
6.13	Åtgärd 13. Byte av tak i hus B.....	24
6.14	Åtgärd 14. Byte av belysning i hus B.....	24
6.15	Åtgärd 15. Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i hus B.....	25
6.16	Åtgärd 16. Byte av termostater och injustering av värmesystem i hus C	26
6.17	Åtgärd 17. Byte till behovsstyrt ventilations-system i hus C	26
6.18	Åtgärd 18. Byte av tak i hus C.....	27
6.19	Åtgärd 19. Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i hus C.....	28
6.20	Åtgärd 20. Byte av termostater och injustering av värmesystem i hus D	29
6.21	Åtgärd 21. Byte till behovsstyrd ventilations-system i klassrum och mötesrum i hus D	29
6.22	Åtgärd 22. Byte av belysning i klassrum, grupprum och allrum i hus D	30
6.23	Åtgärd 23. Byte till energieffektiva tappvattenarmaturer på toaletter	31
6.24	Övriga åtgärder.....	32
7	Åtgärds paket med Totalmetodiken.....	33
7.1	Indata för lönsamhetsberäkningar	33
7.2	Resultat från lönsamhetsberäkningar	33
8	Slutsatser	37
	Bilaga 1. Indata för energisimuleringar	38
	Bilaga 2. Åtgärd 0. Uppgradering av dagens ventilationssystem i Hus B, C och D	44
	Bilaga 3. Sammanställning av alla åtgärder.....	46
	Bilaga 4. Inomhusklimatutredning	49

1 Sammanfattning

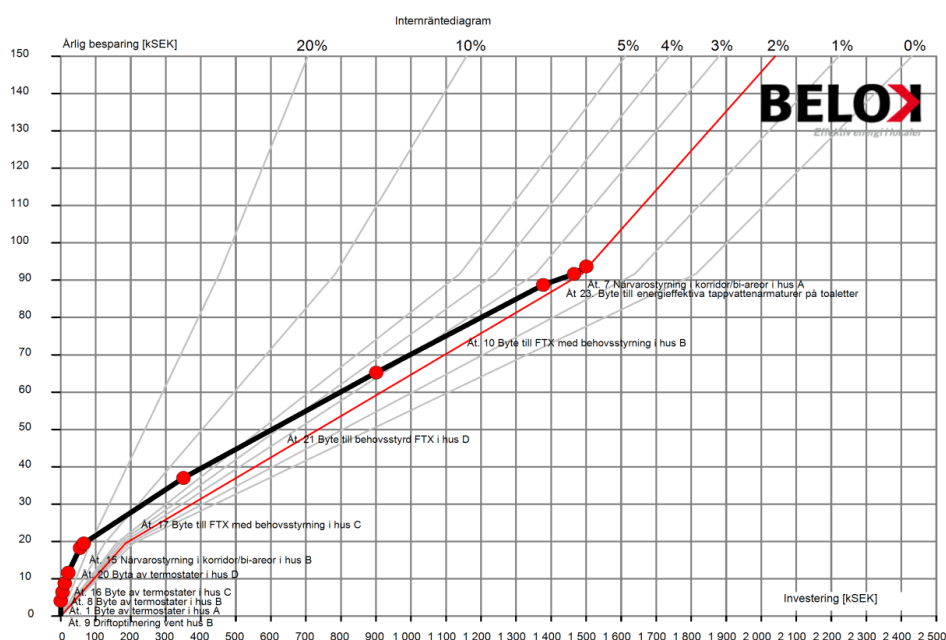
Segevångsskolan använder i dagsläget ca 1000 MWh energi (värme + el) per år vilket ger en genomsnittlig energiprestanda om 186 kWh/m² per år. Detta är en jämförbar nivå med liknande fastigheter i Sverige. Energianvändning utgörs av ca 81 % fjärrvärme och ca 21 % el. Avseende fjärrvärmeanvändning åtgår 84 % till uppvärmning, ca 4 % till ventilation och ca 12 % till tappvarmvatten. Avseende elanvändningen är ca 20 % el för ventilation, ca 32 % för belysning, ca 39 % för utrustning (maskiner) och ca 9 % för övrigt fastighetsel.

I energiutredningen konstateras att det kan vara svårt att uppfylla gällande kraven på inneklimat med dagens systemlösningar i Hus B, C och D. Därför har uppgradering av ventilationssystemen rekommenderats som "Åtgärd 0" och energibesparingspotentialen för åtgärderna har bedömts utifrån den nya referensnivån. Enligt beräkningar kommer den specifika energianvändningen för fjärrvärme minska ca 15 % och för el öka med ca 12 %. Den totala energianvändningen enligt referensnivån för fastigheten blir ca 167 kWh/(m²år). "Åtgärd 0" innebär dessutom en kvalitetshöjning i lokalerna.

Totalt har 23 energieffektiviserande åtgärder identifierats och analyserats i denna rapport, varav bara 11 åtgärder kommer att vara med i det lönsamma åtgärds paketet. Den totala energi- och kostnadsbesparingen, energiinvesteringskostnaden och internräntan för åtgärds paketet visas i tabellen 1.1 och figuren 1.1, 1.2 och 1.3 nedan.

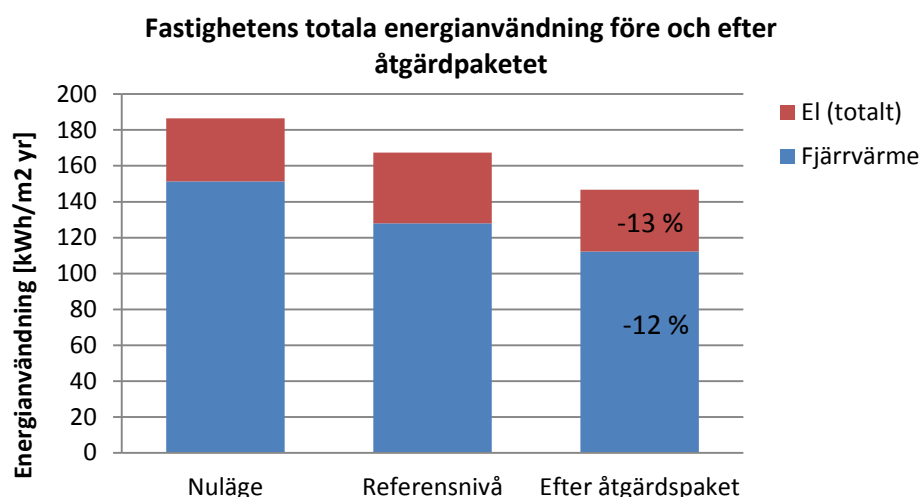
Tabell 1.1. Åtgärds paket för Segevångsskolan enligt Totalmetodiken

Beräknad total kostnadsbesparing	94 kSEK/år
Beräknad energiinvesteringskostnad	1 501 kSEK
Internränta för åtgärds paketet	2.0 %
Beräknad energibesparing – fjärrvärme	84,5 MWh/år
Beräknad energibesparing - el	27 MWh/år



Figur 1.1 Lönsamheten för det framtagna åtgärds paketet enligt Totalmetodiken.

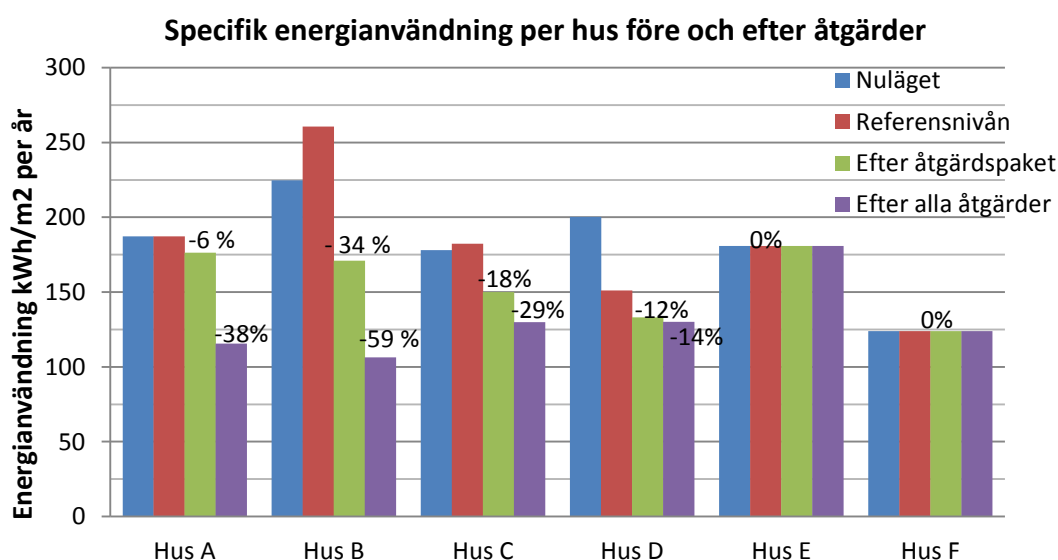
Lönsamhetskravet är 2 % och energiprisökning 1 % utöver inflationen. Internräntan för åtgärds paketet är 2.0 %.



Figur 1.2 Beräknad energianvändningen före och efter åtgärder. Som referensvärde för energibesparing har den beräknade energianvändningen för fastighetens referensnivå använts.

Med åtgärds paketet som uppfyller lönsamhetskravet 2 % och med 1 % energiprisökning kan värmebehovet minskas med ca 12 % och elanvändningen med ca 13 % jämfört med referensnivån. Den totala energibesparingspotentialen (värme + el) är ca 12 %. I hus A är energibesparingspotentialen med åtgärds paketet ca 6 %, i Hus B ca 34 %, i Hus C ca 18 % och i Hus D ca 12 %. Åtgärds paketet förbättrar energiprestanda från referensnivåns 167 kWh/m² år, inklusive verksamhetsel och ca 122 kWh/m², år exkl. verksamhetsel.

Den totala energibesparingspotentialen med alla undersökta åtgärder är 21 %. I Hus A, B, C och D skulle energianvändningen totalt sätt minskas med ca 27 % jämfört med referensnivån. I hus A är energibesparingspotentialen med alla åtgärder ca 38 %, i Hus B ca 59 %, i Hus C ca 29 % och i Hus D ca 14 %.



Figur 1.3 Beräknad energianvändningen före och efter åtgärder per varje hus i Segevångsskolan. Som referensvärde för energibesparing har den beräknade energianvändningen för fastighetens referensnivå använts.

2 Bakgrund

Denna rapport har tagits fram av CIT Energy Management AB som en del av projektet *"The Total Concept method for major reduction of energy use in non-residential buildings"*, som stöds av programmet Intelligent Energy Europe och Belok (Beställargruppen för Lokaler). Projektet syftar till att utveckla, testa och stödja Totalkonceptet i fem EU-länder i norra Europa: Norge, Finland, Estland, Danmark och Sverige. Totalmetodiken utvecklades ursprungligen i Sverige inom Belok.

Totalmetodiken är en metod för att effektivisera energiprestanda i befintliga lokalbyggnader. Metodiken omfattar ett systematiskt tillvägagångssätt för att arbeta med byggnaders energianvändning med syfte att uppnå maximal kostnadseffektiv energibesparing. Totalmetodiken baseras på en handlingsplan som bl.a. inbegriper ett åtgärds paket som motsvarar de lönsamhetskriterier fastighetsägaren ställt upp. En grundförutsättning för att åtgärds paketet skall uppnå lönsamhet är att det betraktas och implementeras i sin helhet.

Enligt projektbeskrivningen skall Totalmetodiken först genomföras i ett antal utvalda svenska lokalbyggnader för att testa och vidareutveckla metodikens verktyg och arbetsmaterial. För detta ändamål valdes Segevångsskolan i Malmö ut som en av testbyggnaderna av fastighetsägaren och tillika Belok-medlemmen Malmö Stad Serviceförvaltningen.

Föreliggande rapport redovisar resultat från det första steget i Totalmetodiken som innebär en detaljerad energigenomgång och besiktning av den aktuella byggnaden i syfte att ta fram ett antal energibesparingsåtgärder. Åtgärdernas energibesparingspotential och investeringskostnader beräknas varpå ett sammantaget åtgärds paket, som i sin helhet motsvarar fastighetsägarens lönsamhetskrav, tar form.

Arbetet med det aktuella demonstrationsprojektet inleddes i september 2014. Följande personer har involverats i projektet:

Medverkande	Kontakt
CIT Energy Management AB	
Catrin Heincke - Projektledare	catrin.heincke@cit.chalmers.se
Mari-Liis Maripuu - Konsult	mari-liis.maripuu@cit.chalmers.se
Malmö Stad Serviceförvaltningen	
Ingemar Jönsson - Projektledare	ingemar.jonsson18@malmo.se
Torbjörn Nilsson – Teknisk förvaltare	torbjorn.nilsson@malmo.se
Esad Henic - Förvaltare	esad.henic@malmo.se
Climat80	
Jimmy Andersson – Drifttekniker	jimmy.andersson2@climat80.se

3 Projektets omfattning och metod

Målet med projektet är att genomföra Etapp 1 i ett Totalmetodiken och ta fram ett energieffektiviserande åtgärds paket för Segevångsskolan. Arbetet baseras på följande huvudaktiviteter som inkluderas i Totalmetodikens Etapp 1:

- Insamling och sammanställning av grundläggande information om fastigheten och dess användning
- Energibesiktning på plats och identifiering av energieffektiviserande åtgärder
- Bedömning av investeringskostnader
- Energiberäkningar
- Lönsamhetsberäkningar och framtagande av åtgärds paket.

Följande övergripande bakgrundsinformation erhållen från fastighetsägaren Malmö Stad Serviceförvaltningen, från energigenomgången och samtal efteråt med framförallt drifttekniker (Climat80) och verksamhetsansvarig har använts i detta projekt:

- Ritningar (arkitekt, konstruktion och VVS)
- Driftinstruktioner för installationstekniska systemen
- Månadsvis statistik för fastighetsel, fjärrvärme och kallvatten för år 2011-2014
- OVK-protokoll
- Driftkort och utskifter från styr- och övervakningssystem för Hus E och F
- Energideklaration

I oktober och december 2014 genomfördes två energigenomgångar på plats av CIT Energy Management (CIT EM). Därefter togs en beräkningsmodell fram med energiberäkningsprogrammet BV². Investeringskostnaderna baseras på kalkyllitteraturen Sektionsfakta och på tidigare referensprojekt.

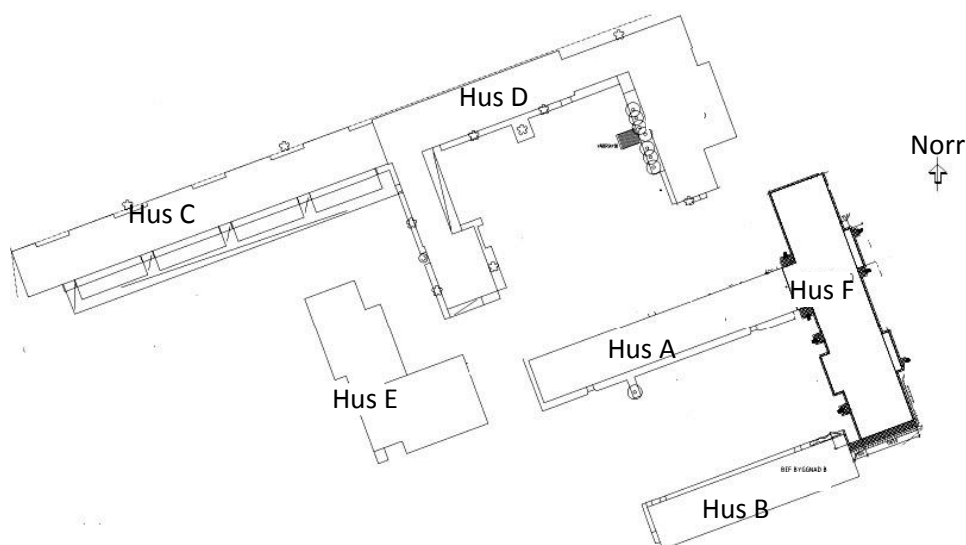
4 Byggnaden och dess tekniska system i nuläget

Här beskrivs den nuvarande situationen i byggnaden, dess funktion och dess tekniska installationer utifrån energibesiktningen.

4.1 Byggnaden och dess utformning

Segevångsskolan är en grundskola i utkanten av Malmö bestående av sex byggnader. Merparten av byggnaderna är byggda på 1960-talet och en byggnad uppfördes 2006 (hus F), då även en av de befintliga byggnaderna (hus E) byggdes ut och renoverades.

Planritningar användes för att mäta och uppskatta ytor och rumsindelningar. Fasadritningar användes för att ta fram underlag (fasadareor, fönsterareor etc.) till indata i beräkningsprogram för energisimuleringar av byggnader. Konstruktionsritningarna användes i den mån det var möjligt för att räkna fram U-värden. Om detta inte var möjligt användes referenser och beräkningshjälpmedel i energiberäkningsprogram BV².



Figur 4.1 Översiktsritning Segevångsskolan

Total area för hela fastigheten är enligt uppgifter från Malmö Stad 4 984 m² BRA. Efter mätningar från ritningar erhöles en total area på 5 386 m² A_{temp}. Det är framförallt hus D som inte stämmer överens och en möjlighet är att källaren inte finns med i Malmö stads siffror. I bilaga 1 specificeras ytorna för respektive byggnadsdel i detalj. I bilaga 1 finns även ytor som använts som indata till energisimuleringar i energiberäkningsprogrammet BV². Alla ytor har tagits fram med hjälp av mätningar på befintliga ritningar.

4.2 Byggnadernas användning

Segevångsskolan har skolklasser från F-6 samt en fritidsgård som inhyser sin verksamhet i hus B. Tidigare var skolan en F-9 skola, men sedan cirka 1 år tillbaka är det istället en F-6. Totalt antal elever på skolan är ca 260 och antalet anställda har uppskattats till ca 40 enligt skolans hemsida.

I hus A och hus F har man förskoleverksamhet. I hus B har man en fritidsgård som till största delen används under eftermiddagar och kvällar. Det finns dessutom planer på att ändra öppettider för fritidsgården till att enbart ha öppet på eftermiddagen mellan 14-17 vardagar och 10-17 på lov.

I hus C har man lågstadie- och mellanstadieverksamhet och i hus D har man förutom lågstadie- och mellanstadieklaser även gymnastikhall, lärarutrymmen, slöjdsalar och bildsal.

I Hus E finns matsal och kök (för lättare matlagning), musikal och uppehållsrum.

Med hjälp av skolscheman och intervjuer med personal på plats kunde belägningsgraden i de olika byggnaderna och salarna uppskattas.

4.3 Inomhusklimat

Malmö Stad har satt ett temperaturkrav på 21 grader i alla utrymmen förutom i gymnastiksalen där man vill ha 17 grader. Inblåsningstemperaturen ska vara 2 grader lägre än det satta temperaturkravet. Övriga inneklimatkrav (luftkvalitet, ljus, ljudnivåer) motsvarar till de nationella krav som ställs för skollokaler. Till exempel är arbetsmiljöverkets råd att koldioxidkoncentrationen i rumsluften ej regelmässigt bör överstiga 1000 ppm.

Vid besiktningstillfällena gjordes inneklimatmätningar i skolan. Rumstemperaturer och koldioxidhalter mättes på plats vid två besiktningstillfällen och temperaturer loggades under perioden 2014-09-19 till 2014-10-10.

Rumstemperaturmätningar visar att rumstemperaturer i flera hus ibland kan bli för låga under kallare årstid medan det på soliga dagar på hösttid också kan överstiga +30 °C. Enligt personal på plats upplevs somrarna ofta som väldigt varma och vintrarna som väldigt kalla. I vissa klassrum, framför allt i hörnklassrummen, var det svårt att vistas under perioder på sommarhalvåret pga. att det blev alldeles för varmt. Det omvända gällde på morgnarna vintertid då det blev väldigt kallt. Detta löser lärare idag genom att sätta in extra element eller byggfläktar.

Luftkvalitetsundersökningar tyder på att luftflödena i klassrum i hus D är för låga för att hålla luftkvalitetskraven 1000 ppm CO₂. Personalen nämnde också att luften i klassrummen snabbt upplevs instängd efter det att lektionen börjat och dörren mot korridoren och fönster måste oftast hållas öppna för vädring. Koldioxidhalter i klassrummet i hus C visade sig inte överskrida rekommenderade nivåer och luftflödena verkar vara på rimliga nivåer.

I bilaga 4 återfinns resultatet från inomhusklimatutredning.

4.5 Byggnadsskal

Hus A och B har träfasader med stora fönsterpartier och väldigt dålig isolering (uppskattningsvis ca 45 mm). Båda husen har platt tak, gjord av träkonstruktion med ca 100 mm isolering och pappdyk ovan. Hus A och B har fönstren från varierande årtal eftersom de bytts ut efterhand. Nyare fönster (från 2007 och senare) 2-glas fönster. Andel äldre kopplade fönster uppskattas till ca 30 %. Mot söder finns fast solavskärmning i dåligt skick.

De två huslängorna A och B kommer troligtvis att rivas inom en relativ snar framtid, varför det inte finns några incitament till energibesparande åtgärder i dessa, såvida åtgärderna inte har en kort återbetalningstid.

Hus C, D har tegelfasader, platt tak och nyare fönster (de flesta är 3-glas fönster). Manuella markiser finns installerade på söderfasaden på hus C och D. Hus E renoverades 2006 och då gjordes även tillbyggnaden av hus E. Hus E har tegelfasad och moderna 2-glas fönster. Även hus F byggdes 2006 och har tegelfasad och moderna 2-glas fönster.

4.4 Tekniska system

4.4.1 Ventilation

Hus A, där en förskoleklass samt en förskola vistas, har två FTX-aggregat med roterande värmeväxlare och elbatteri för uppvärmning av tilluft. Aggregaten i hus A styrs via tidkanal, men det finns möjlighet till forcering (för 2-4 timmar) genom en enkel knapptryckning i klassrummen. Dessa forceringsknappar används sparsamt, det var den uppfattningen man fick vid besiktningen på plats.

Hus B försörjs av ett tilluftsaggregat och ett frånluftsfläkt. Det finns ingen värmeåtervinning i systemet. Enligt OVK är tilluftsflöde 0,4 m³/s. Information om frånluftsfläkt saknas och det är osäker vilka flöden frånluften har. OVK visar fläkteffekten 0,1 kW, vilket är orimligt lite för ett sådant fläkt. Enligt projekteringsritningar borde till- och frånluften vara ca 0,7 m³/s.

Hus C och D har i huvudsak frånluftsventilation med ett antal frånluftsfläktar. Tilluft dras in via uteluftsventiler i fönster. I Hus C styrs frånluftsfläktarna med närvarogivare och i Hus D med tidskanal. Det finns ingen värmeåtervinning i systemen. Med existerande systemlösning finns det en begränsning avseende hur mycket kall luft som kan dras in via uteluftsspalter utan risk för drag i rummet. Med frånlufts-system kan man inte klara specifika luftflöden högre än 0,5 oms/h utan problem med termisk komfort. Begränsningen beror på att med högre luftflöden måste uteluften värmas under den kalla årstiden för att undvika drag. Därför finns det risk att uteluftspalten stängs så snart det känns dragigt under kalla dagar. Det rekommenderas starkt att systemen ersätts av till- och frånlufts-system.

I gymnastiksalen och slöjdsalen i hus D finns separata FTX-aggregat (ett av aggregaten i gymnastiken fungerade inte vid besiktningstillfällena). I hus C finns ett Temovex-aggregat som betjänar NO-salen, aggregatet går på minimum flöde dygnet runt med en forcering genom närvarodetektorer.

Hus E renoverades och byggdes ut 2006. I byggnaden finns bland annat musiksal samt matsal med skolkök. Byggnaden ventileras med ett nyare FTX-aggregat. Luftbehandlingsaggregatet styrs med tidkanal.

Hus F som är den nyaste byggnaden inhyser förskoleverksamhet. Huset ventileras med ett FTX-aggregat med roterande värmeåtervinning och ett fjärrvärmebatteri.

Med hjälp av OVK har ventilationsflöden och SFP-tal räknats fram.

4.4.2 Värme

Hela fastigheten värms med fjärrvärme, uppdelad på två undercentraler, en central i hus E som förser hus C, D, E samt F med fjärrvärme via ett separat abonnemang samt en central i hus B som förser hus A och B med fjärrvärme. Pumpstopp är satt till 17 grader.

4.4.3 Belysning

Det är en spridd skur av armaturer samt styrning av dessa i de sex byggnaderna. De flesta skollokaler i Hus A, B och D (förutom kontor) har äldre typ av belysning med T8-typ av lysrörarmaturer som styrs manuellt. I Hus C, kontorsdelen i Hus D, Hus F och E finns moderna T-5 typ av lysrörarmaturer. Närvarostyrning finns bara i vissa rum i Hus D och i toaletter och bi-areor i Hus E och F. Driftföretaget Climat 80 gick igenom och dokumenterade alla belysningsarmaturer och maskiner, samt effekter och styrning av dessa. Utifrån den information som erhållits av Climat80 har indata för energiberäkningar tagits fram och redovisas i Bilaga 1.

4.4.4 Maskiner

I hus E finns ett skolkök som delvis används för tillagning. Grytor och såser levereras färdigt till skolan, men allt som ska stekas görs på plats. Det gäller även kokning av pasta, potatis, ris etc. Det serveras dagligen 252 portioner lunch, 45 portioner frukost samt 110 mellanmål. I en tidigare utredning finns uppgifter om utrustning samt effekter och användningstider för denna. Detta underlag har använts som indata för energiberäkningar och redovisas i Bilaga 1.

4.4.5 Vatten och tappvarmvatten

Ett kallvattenabonnemang, med mätning av total kallvattenanvändning, finns till fastigheten. Tappvarmvattenanvändningen och varmvattencirkulationen (inklusive förluster) har räknats fram genom att titta på kallvattenanvändningen och baslasten av fjärrvärme under sommarmånaderna. Indata för energiberäkningar redovisas i Bilaga 1.

4.4.6 Styr- och övervakningssystem för de tekniska installationerna

Det är enbart hus E och F som är uppkopplade mot ett styr och övervakningssystem. Resterande byggnader är inte uppkopplade.

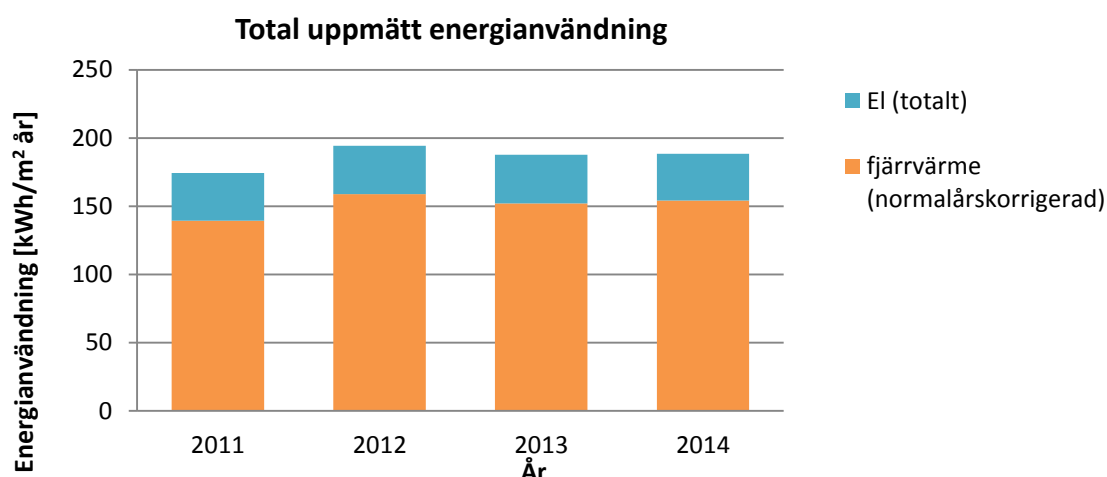
5 Energi- och resursanvändning

5.1 Energistatistik

Tillförd energi på Segevångsskolan består av el och fjärrvärme. Mätning av fjärrvärme genomförs i två undercentraler: i hus B, som mäter gemensamt användningen i hus A och B, och i hus E, som mäter användningen i hus C, D, E och F. Fastighetsel och verksamhetsel mäts inte separat och endast en mätpunkt för el finns till fastigheten. Tabell 5.1 och figur 5.1 ger en översikt av den totala energianvändningen för fastigheten under 2011- 2014. Uppgifter om tillförd energi har erhållits från fastighetsägaren och motsvarar uppmätta värden. Värdena för fjärrvärme är normalårskorrigerade. Vid omräkning mot specifik energianvändning har fastighetens uppmätt totalarea A_{temp} (5 386 m²) använts.

Tabell 5.1 Energistatistik för Segevångsskolan år 2011- 2014.

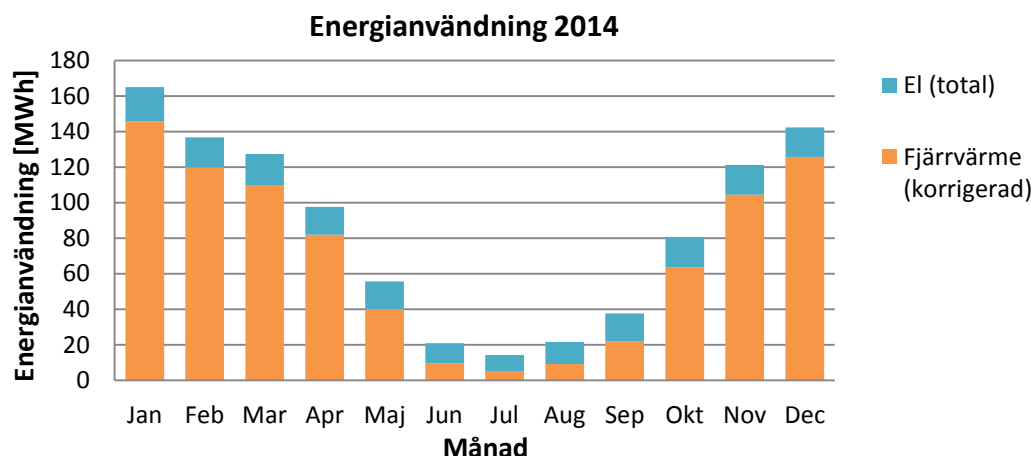
Energisort	Enhet	2011	2012	2013	2014
Fjärrvärme (normalårskorrigerad)	MWh	751	855	819	836
Hus A, B	MWh	135	163	152	
Hus C, D, E, F	MWh	616	692	667	
El (MWh)	MWh	189	192	191	184
Total specifik energianvändning (inkl. verksamhetsel)	kWh/m ² år	174	194	188	189



Figur 5.1 Specifik energianvändning för Segevångsskolan år 2011- 2014, baserat på energistatistik (inkl verksamhetsel). Värdena för fjärrvärme är normalårskorrigerade.

Fastighetens totala energianvändning år 2011-2014 var i snitt ca 186 kWh/m² år (normalårskorrigerat). Detta är lite lägre än Energimyndighetens STIL 2 undersökning från 2006, som visade en genomsnittlig energianvändning i skolor och förskolor på 216 kWh/m². Enligt energideklarationen från 2010 använder liknande hus för Hus A, B, C, D och E ca 110-165 kWh/m² år energi (exkl hyresgästel).

Energianvändningen för år 2014, delat mellan olika månader kan ses i figur 5.2. Eftersom skolan har en del verksamhet också på sommarmånaderna hålls vissa tekniska systemen också i drift under den tiden vilket kan ses från energistatistiken.



Figur 5.2 Energianvändning år 2014 uppdelat per månad.

Kallvattenanvändning mäts gemensamt för alla hus. Statistik för kallvattenanvändning visas i Tabell 5.2

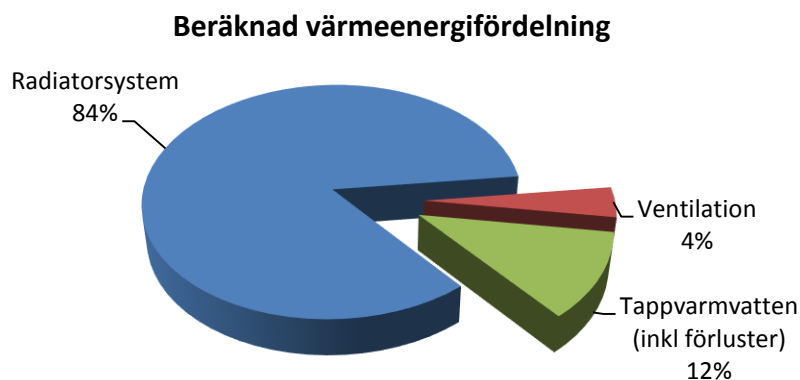
Tabell 5.2 Kallvattenanvändning för Segevångsskolan år 2011- 2014. Uppgifter har erhållits av fastighetsägaren och motsvarar uppmätta värden.

Resurs	Enhet	2011	2012	2013	2014
Kallvattenanvändning totalt	m ³ /år	1 340	1 424	1 790	1 860

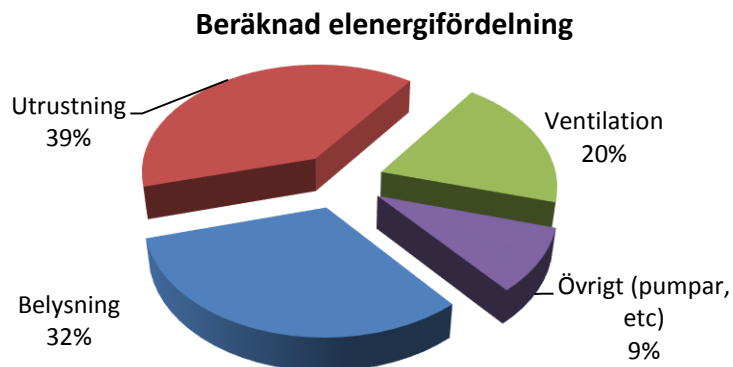
Den största vattenanvändaren i fastigheten är köket i hus E och gymnastiken i hus D. I övrigt behövs vatten i toaletter samt till pentry i hus B, D och F. Användning av vatten har som synes varit något högre år 2013 och 2014, troligtvis pga. bevattningar under sommartid. Varmvattenanvändning (inkl. systemförluster) baseras på uppskattning från kallvattenanvändning och på fjärrvärmestatistik.

5.2 Beräknad energifördelning

Beräkning av energibehovet för byggnaderna och dess tekniska system har gjorts med programvaran BV². Byggnadsmodellen har kalibrerats med medelvärdet för år 2011-2014 års användning, vilken är ca 186 kWh/m², år, inklusive verksamhetsel. Indata för energiberäkningar visas i Bilaga 1. Figurerna 5.3 och 5.4 visar beräknad energifördelning av värme och el för byggnaderna i nuläget.

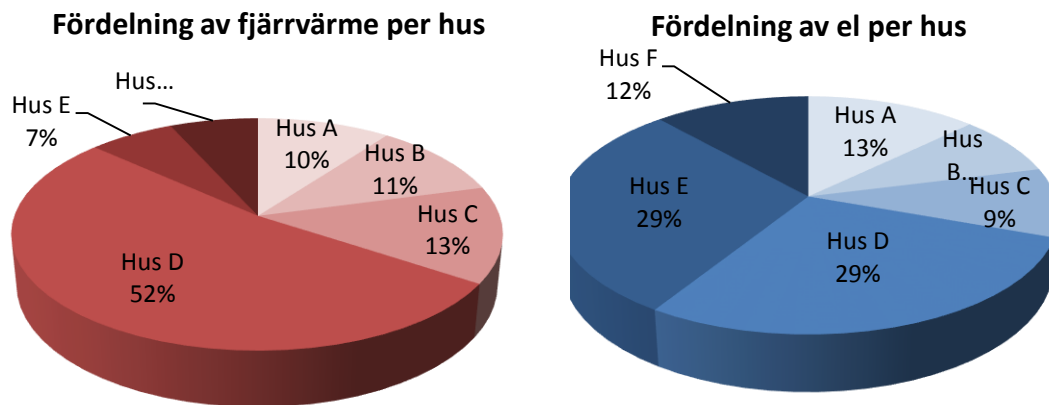


Figur 5.3 Beräknad energifördelning av fjärrvärme för Segevångsskolan.



Figur 5.4 Beräknad energifördelning av el för Segevångsskolan. I ventilationsel ingår fläktel och batterier med elvärme. I utrustning ingår maskiner och apparater som används av verksamheten. Övrigt är pumpar, utomhusbelysning och andra maskiner som ingår i fastighetsel.

Fördelning av energibehovet mellan olika hus i Segevångsskolan visas i figur 5.5. De äldre husen, Hus A, B, C och D använder totalt ca 86 % av den totala fjärrvärmeanvändningen och ca 59 % av den totala elanvändningen.



Figur 5.5 Energifördelning av fjärrvärme och el mellan olika hus i Segevångsskolan.

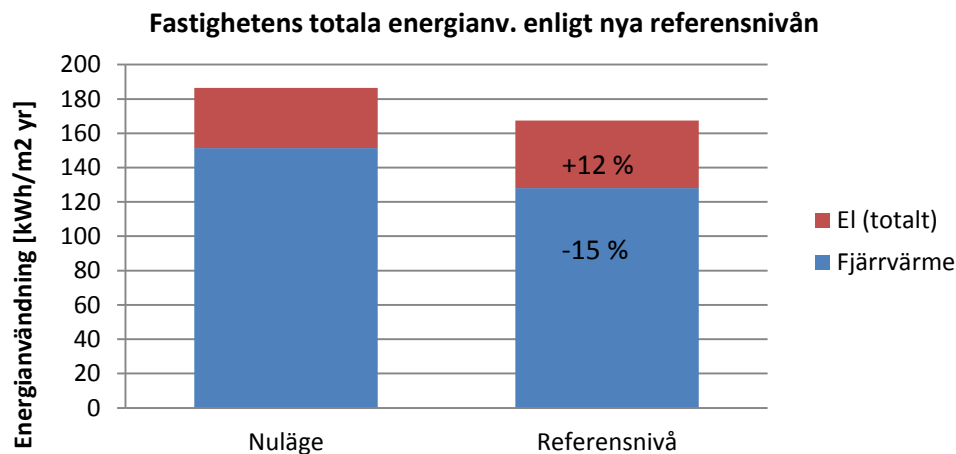
En viss felmarginal föreligger gällande byggnadens beräknade energibehov. Resultaten från energiberäkningarna ligger inom accepterade $\pm 10\%$ från de uppmätta värdena för fjärrvärme och el för medelvärde för år 2010-2014. Uppgifter om styrning av belysning och användning av utrustning i byggnaderna har större osäkerhet och påverkar resultatet.

5.3 Referensnivå för energieffektivisering

Via samtal med personal, mätningar på plats och teknisk analys av systemen har det konstaterats att det kan vara svårt att uppfylla gällande inneklimatkraven med dagens systemlösning i hus B, C och D. I hus B behöver ventilationsflöden ökas jämfört med det som står i OVK. Hus C och D har frånluftssystem i de flesta klassrum. För att förbättra inneklimatet i klassrum i hus C och D och även i kontorsdelen i hus D behövs byte av frånluftssystem till från- och tilluftssystem. Luftflödena bör dessutom ökas för att anpassa ventilationen till dagens användning av klassrum och kontor. Detta kommer att leda till ändrad energiprestanda av fastigheten.

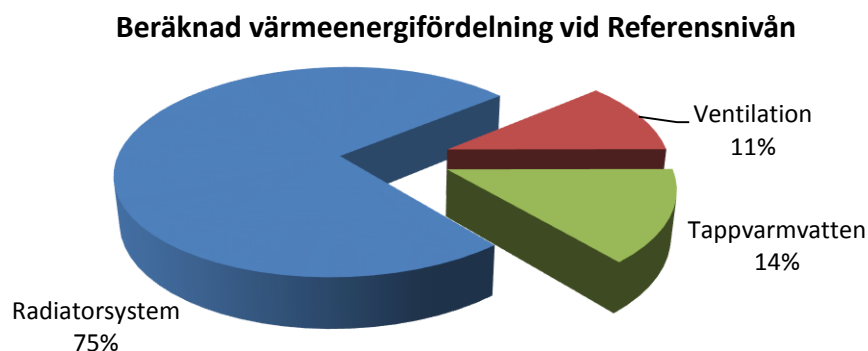
Enligt överenskommelsen med fastighetsägaren skall energibesparingspotentialen av åtgärds paketet bedömas enligt förutsättningen att ventilationssystemen i hus B, C och D skall uppgraderas för att uppfylla minimikrav på inneklimatet. Uppgraderingen har bedömts som "Åtgärd 0" och innebär att fokus ligger på förbättring av inneklimatet och att erforderliga utbyten/tillägg av komponenter görs så enkelt som möjligt utan att ta hänsyn till energieffektivitet. Dessutom har den enklaste ombyggnationen uppskattats, utan att ta hänsyn till möjliga synpunkter från arkitekt. För mer noggrann kostnadsbedömning krävs mer detaljerad projektering.

Figur 5.6 visar den nya referensnivån för fastighetens energianvändning jämfört med nuläget. Referensnivån har tagits fram med hjälp av simuleringsprogrammet BV². Indata för energiberäkningar visas i Bilaga 1. Detaljerad åtgärdsbeskrivning och kostnads kalkylen för "Åtgärd 0" visas i Bilaga 2. Den specifika energianvändningen för fjärrvärme kommer att minska med ca 15 %. Beräkningar baseras på förutsättningen att det enklaste alternativet för dagens frånluftssystem i hus C och D är från- och tilluftssystem bestående av ett enhetsaggregat med inbyggd värmeåtervinning. Den specifika energianvändningen för el kommer att öka med ca 12 % och beror på ökade luftmängder i hus B, C och D.

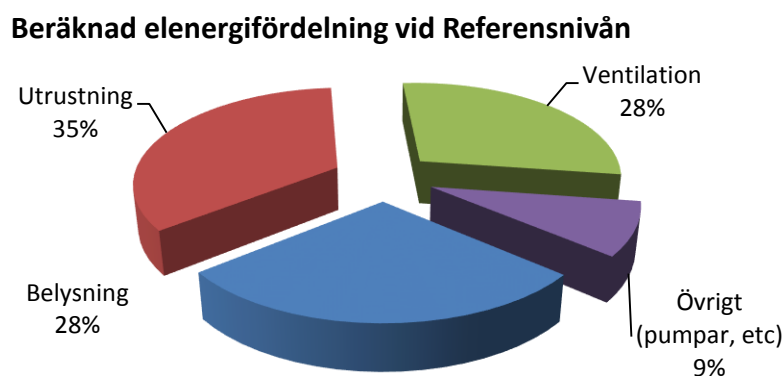


Figur 5.6 Energianvändning för nuläget respektive läget närmast framöver (referensnivån) då ventilationssystemen i Hus B, C och D skall uppgraderas. Den totala energianvändningen enligt referensnivån för fastigheten blir ca 167 kWh/(m²år).

Figurer 5.7 och 5.8 visar olika energianvändare för fjärrvärme och el för fastighetens Referensnivån.



Figur 5.7 Beräknad värmeenergifördelning i fastigheten vid referensnivån. Byggnadens totala beräknade värmeenergiprestanda blir ca 130 kWh/m².



Figur 5.8 Beräknad elenergifördelning i fastigheten vid Referensnivån. Byggnadens totala beräknade elenergiprestanda blir ca 40 kWh/m².

6. Identifierad åtgärder

Totalt har 23 åtgärder identifierats för Segevångsskolan som har utretts mer i detalj. Åtgärder har listats i Tabell 6.1. Varje åtgärd beskrivs i separat underrubrik. Utöver förslagen i Tabell 6.1 har ytterligare ett antal möjliga åtgärder identifierats, men inte beräknats i detta uppdrag. Dessa åtgärder listas i avsnitt 6.24.

Tabell 6.1 Identifierade åtgärder för Segevångsskolan.

Åtgärd nr	Åtgärdsbeskrivning
1	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus A
2	Driftoptimering av ventilation i Hus A
3	Komplettering av fönster med isolerruta i Hus A
4	Tilläggsisolering av fasad i Hus A
5	Byte av tak i Hus A
6	Byte av belysning i klassrum, grupprum och allrum i Hus A
7	Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i Hus A
8	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus B
9	Driftoptimering av ventilation i Hus B
10	Byte till FTX ventilation med behovstyrning i Hus B
11	Komplettering av fönster med isolerruta i Hus B
12	Tilläggsisolering av fasad i Hus B
13	Byte av tak i Hus B
14	Byte av belysning i Hus B
15	Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i Hus B
16	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus C
17	Byte till behovstyrd FTX system i Hus C
18	Byte av tak i Hus C
19	Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i Hus C
20	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus D
21	Byte till behovstyrd FTX system i Hus D
22	Byte av belysning i Hus D
23	Byte till energieffektiva tappvattenarmaturer i toaletter

6.1 Åtgärd 1. Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i hus A

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	4 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	0,5 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	2,5 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	10 kSEK
Beräknad energiinvesteringskostnad:	5 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

Vid besök visade det sig att flera radiatorer saknar termostater och på flera radiatorer satt äldre typ av termostater som bör funktionskontrolleras. Enligt åtgärden skall funktion av befintliga termostater ses över och vid behov bytas ut till nya, samt att radiatorer utan termostater skall

kompletteras med termostater. Termostaterna bör maxbegränsas till 20 °C. Hela värmesystemet borde injusteras. Antal radiatorventiler som skall bytas/kompletteras uppskattas till ca 10 st.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån uppskattning att den genomsnittliga temperatursänkningen med hjälp av termostater blir ca 0.5 °C.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för byte av termostater och injustering av värmesystemet i Hus A uppskattas till 10 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av nya termostater, injustering av radiatorsystem och shuntgrupp. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden görs också för underhåll har 50 % av kostnader tagits med i energikalkylen.** Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.2 Åtgärd 2. Driftoptimering av ventilation i hus A

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	0,5 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	1 MWh/år
Beräknad effektb sparing - Fjärrvärme	-
Beräknad effektb sparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	1 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>16 kSEK</i>
Beräknad energi investeringskostnad:	16 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus A försörjs av två ventilationsaggregat som är i drift mellan 6:30 – 18:00 från måndag till fredag. I varje klassrum finns forceringsknapp med tidstyrning, som ökar luftflöden till max nivå under begränsad tid. Tidstyrningen är inställd för 2 timmar eller 4 timmar. Övriga tider ligger luftflöden på minimum nivå. Uppskattningsvis används forceringsknappar på början av varje lektion. Det är oklart vilka är min och max luftflöden, pga. saknade ritningar. Uppskattningsvis ligger max nivå på ca 150-160 l/s och min nivå ca 30 % av max flödet.

Enligt åtgärden skall tidstyrningen bytas ut till närvarostyrning i varje klassrum. Samtidigt skall min/max luftflödena till varje klassrum ses över och justeras vid behov.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån bedömning att ventilationssystemens medel luftflöde minskas med ca 10 % under drifttid.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden uppskattas till 16 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av närvarogivare till varje klassrum och injustering av luftflöden. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.3 Åtgärd 3. Komplettering av fönster med isolerruta i hus A

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	9 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	2 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	6 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>299 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	299 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus A har både nyare 2-glas fönster (installationsår mellan 2001-2011) med uppskattat U-värde 2,7 W/m²K och äldre kopplade 2-glas fönster (uppskattat U-värde 2,6 W/m²K). Andel äldre kopplade fönster uppskattas till ca 30 %. Enligt åtgärden skall de nuvarande 2-glas fönstren kompletteras med en isolerruta invändigt.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är baseras på beräkning att åtgärden minskar U-värdet för fönster med ca 0.6 W/m²K, från 2.6 W/m²K till 2.0 W/m²K. Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 1, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för implementering av isolerruta till 2-glas fönstren baseras på schablonvärden från Sektionsfakta och tidigare fönsterutredningar och uppskattas totalt att uppgå till 299 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av isolerruta (ca 1 400 kr/m² fönster area) och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.4 Åtgärd 4. Tilläggsisolering av fasad i hus A

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	9 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	2 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	6 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>1 105 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	1 105 kSEK
Ekonomisk livslängd:	40 år

Åtgärdsbeskrivning

Den nuvarande fasaden i hus A har träfasad som är dåligt isolerad (uppskattningsvis ca 45 mm isolering). Uppskattat U-värde för fasad är ca 0.6 W/m²K. Enligt åtgärden skall fasad i hus A tilläggsisoleras med 100 mm mineralull, vilket skulle reducera U-värdet till ca 0.22 W/m²K.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån bedömning att medel U-värde för fasad minskas från 0.6 W/m²K till 0.22 W/m²K och infiltration med 20 %. Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 1, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för tilläggsisolering av fasad i hus A uppskattas till ca 1 105 kSEK och innehåller kostnader för material och arbete på ca 1 500 kr/m² fasadyta och 2 000 kr/m² fönsteryta (för att flytta ut fönster) och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 40 år.

6.5 Åtgärd 5. Byte av tak i hus A

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	14 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	2 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	8,5 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	943 kSEK
Beräknad energiinvesteringskostnad:	943 kSEK
Ekonomisk livslängd:	40 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus A har platt tak, gjord av träkonstruktion med ca 100 mm isolering och pappdyk ovan. Det nuvarande taket bedöms ha ett förhållandevis högt U-värde på 0.45 W/m²K. Enligt bedömningar på plats och konstruktionsritningar är det omöjligt att tilläggsisolera taket för att minska värmeförluster. Därför skall enligt åtgärden ett nytt tak uppbyggas i hus A. Tätskikt och råspont monteras ned för att bygga upp taket utifrån dagens konstruktion. Ca 250 mm isolering skall installeras ovanpå befintlig. Åtgärden kan kräva bygglov och extra kostnader i form av att flytta avluftshuv på taket.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på bedömning att U-värdet på ett nytt tak kommer att bli ca 0.15 W/m²K. Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 1, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för uppbyggnaden av ett nytt tak uppskattas till ca 943 kSEK och innehåller byggkostnader ca 1 500 kr/m² och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 40 år.

6.6 Åtgärd 6. Byte av belysning i klassrum, grupprum och allrum i hus A

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad energibesparing - El	2 MWh/år
Beräknad effektb sparing - Fjärrvärme	-
Beräknad effektb sparing – El	0,5 kW
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	0,15 kSEK/år
Beräknad total kostnadsbesparing:	2 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>158 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	79 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Det finns T8 lysrörarmaturer (2 x 36W) i klassrum, grupprum och vilrum, som styrs manuellt via strömbrytare. Enligt åtgärden skall befintliga lysrörarmaturer (T8) i klass- och grupprummen, samt i allrum bytas till nya armaturer med LED ljuskällor och med frånvarostyrning. Antalet armaturer som skall bytas uppgår till ca 30 stk.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är baseras på minskning av belysningseffekt i hus A från ca 7 W/m² till 5 W/m². Nya LED armaturer har installerad effekt ca 60 W. Enligt tillverkaren har LED armaturen medellivslängd för ljuskällan ca 50 000 timmar, vilket betyder att byte av ljuskällor i LED armaturer inte är nödvändigt inom 20 års kalkyltid. Vanlig T-8 lysrör har uppskattad livslängd ca 10 000 år. Årlig besparing av kostnader för byte av ljuskällor bedöms uppgå till ca 150 kr/år.

Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 158 kSEK och baseras på investeringskostnaden för utbyte av lysrörsbelysningen ca 4 000 kr/armatur för takhängd belysning. Utöver detta tillkommer en kostnad för montering och demontering samt installation av närvarogivare (ca 1500 kr/rum). Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden görs också för underhåll har 50 % av kostnader tagits med i energikalkylen.** Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.7 Åtgärd 7. Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i hus A

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad energibesparing - El	2 MWh/år
Beräknad effektb sparing - Fjärrvärme	-
Beräknad effektb sparing – El	0,5 kW
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	2 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>35 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	35 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

I korridorer, toaletter, städ, förråd och andra bi-areor finns det armaturer med CFL ljuskällor, som styrs manuellt via strömbrytare. I korridorer och kapprum är belysning oftast tänd kontinuerligt. Enligt åtgärden skall styrning efter närvarogivare tillämpas i korridorer, förråd, toaletter, städ, kapprum och övriga rum där det möjligt. Ändringar i belysningsstyrning bör göras efter verksamhetens underlag för att anpassa till den verkliga användningen av lokalerna idag. Därför kräver denna åtgärd att inventering av belysningssystemet görs på plats för att specificera i vilka rum belysningen kan närvarostyras. Uppskattningsvis kan närvarostyrning installeras till ca 20 rum.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på uppskattning av minskning av sammanlagringsfaktor för användning av belysning i korridorer från 1 till 0,5 och i toaletter och bi-areor från 0,3 till 0,1. Detta leder till minskad belysningseffekt under närvarotiden från ca 7 W/m² till 5 W/m².

Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 35 kSEK och baseras på schablonvärde för installation av närvarostyrning ca 2 000 kr/rum. Kostnaden gäller för material och arbete. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.8 Åtgärd 8. Byte av termostater och injustering av värmesystem i hus B

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	4 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektb sparing - Fjärrvärme	0,5 kW
Beräknad effektb sparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	2,5 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>13 kSEK</i>
Beräknad energi investeringskostnad:	6,5 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

Vid besök visade det sig att flera radiatorer i Hus B saknar termostater och på flera radiatorer satt äldre typ av termostater som bör funktionskontrolleras. Enligt åtgärden skall funktion av befintliga termostater ses över och vid behov bytas ut till nya, samt radiatorer utan termostater skall kompletteras med termostater. Termostaterna bör maxbegränsas till 20 °C. Hela värmesystemet borde injusteras. Antal radiatorventiler som skall bytas/kompletteras uppskattas till ca 15 st.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån uppskattning att den genomsnittliga temperatursänkningen med hjälp av termostater blir ca 0.5 °C.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för byte av termostater och injustering av värmesystemet i Hus B uppskattas till 13 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av nya termostater, injustering av radiatorsystemet och en shuntgrupp. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden görs också för underhåll har 50 % av kostnader tagits med i energikalkylen.** Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.9 Åtgärd 9. Driftoptimering av ventilation i hus B

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	7 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	1 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	4 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	0 kSEK
Beräknad energiinvesteringskostnad:	0 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus B försörjs av ett tilluftsaggregat och ett frånluftsfläkt som är i drift mellan 7:00 – 21:00 på måndag, onsdag och fredag och mellan 7:00 – 18:00 på tisdag och torsdag. Eftersom hus B används som fritidsgård är användningstider och personbelastning ganska varierande under vardagar. Enligt personalen skall öppettiderna för fritidsgården ändras till 14-17 på vardagar och 10-17 på löven. Största delen av förmiddagen är det oftast ingen alls i huset.

Enligt åtgärden skall drifttider för ventilationssystemet anpassas till verksamheten. Förslaget är att ändra drifttider till 8:00 – 18:00 från måndag till fredag.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på ny drifttid för ventilationssystemet: 8:00 – 18:00 från måndag till fredag.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden uppskattas till 0 kSEK eftersom ändringar kan enkelt genomföras av driftspersonalen på plats. Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.10 Åtgärd 10. Byte till FTX ventilation med behovsstyrning i hus B

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	21 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	3 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	12 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	23 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	964 kSEK
Beräknad energiinvesteringskostnad:	477 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus B försörjs av ett tilluftsaggregat och ett frånluftsfläkt. Det finns ingen värmeåtervinning i systemet. Enligt OVK är tilluftsflöde 0,4 m³/s, men enligt projekteringsritningar borde från- och tilluften vara ca 0,72 m³/s. Enligt uppgraderingen (Åtgärd 0) skall till- och frånluftsflödena ökas till projekterade nivåer, vilket kräver byte av tilluftsaggregat och byte av frånluftsfläkt med tillhörande byte av kanaler i aggregatrummet samt eventuell byte av shuntgrupp.

Denna åtgärd innebär att istället av byte till större tilluftsaggregat och frånluftsfläkt för allmän ventilation ersätts befintlig FT system med ett enhetsaggregat med roterande värmeväxlare och

direktdrivna fläktar med tryckstyrning. Samtidigt skall luftflödena till alla rum ses över och justeras vid behov.

Eftersom hus B används som fritidgård är användningstider och personbelastning ganska varierande under vardagar. Därför denna åtgärd innebär också att behovsstyrning anpassas till allrum (rum 107, 113, 116), lektrum (rum 109/110), dagrum (rum 114), hemrum (rum 108). Alla rum i listan förses med aktiva don/aktiva spjäll för behovsstyrning av till- respektive frånluft som exempel i två steg:

- steg 1: grundflöde då ingen vistas i rummet
- steg 2: steglös reglering mot högre flöde vid CO₂- och/eller temperatur indikering

Exakt systemutformning, val av komponenter och styrparametrar ska göras vid projekteringen.

För att installera behovsstyrning och anpassa flödena i olika rum måste till- och frånluftskanalsystemet byggas om. Kostnads kalkylen förutsätter att huvudkanaler på tilluftssidan kan behållas. Kostnadsförslaget förutsätter också att ett nytt enhetsaggregat kan installeras i det befintliga fläktrummet.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på uppskattning av att användning av lokaler är ca 50 % mellan 14:00-17:00 och ca 20 % mellan 08:00-14:00. Nytt FTX system har max flöde 0.72/0.72 m³/s, SFP värde 2.0 kW/(m³/s) och en temperaturverkningsgrad på 75 % vid max flöde. Systemets medelflöde kommer uppskattningsvis bli ca 0.26 m³/s under drifttid, SFP värde vid medelflöde 0.5 kW/(m³/s) och temperaturverkningsgrad vid medelflöde ca 80 %. Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 9, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen.

Investeringskostnad

Energiinvesteringskostnad för denna åtgärd uppskattas till 477 kSEK och har beräknats som merkostnad för införandet av värmeåtervinning och behovsstyrning. Den totala investeringskostnaden för ombyggnad till behovsstyrd FTX ventilationssystem med behovsstyrning uppskattas till 964 kSEK och inkluderar installation av FTX aggregat i befintlig fläktrum, nya aktiva don/spjäll och kanalanpassningar i varje allrum, lektrum, dagrum och hemrum, ny shuntgrupp och rör, el och styr, injustering, byggkostnader och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Den totala kostnaden för uppgradering befintlig tilluftaggregat och frånluftsfäkt till större (Åtgärd 0) uppskattas till 516 kSEK (se bilaga 4). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.11 Åtgärd 11. Komplettering av fönster med isolerruta i hus B

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	6 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing – Fjärrvärme	1 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	4 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	193 kSEK
Beräknad energiinvesteringskostnad:	193 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus B har både nyare 2-glas fönster (installationsår runt 2008) med uppskattat U-värde 2,5 W/m²K och äldre kopplade 2-glas fönster (uppskattat U-värde 2,6 W/m²K). Andel äldre kopplade fönster uppskattas till ca 30 %. Enligt åtgärden skall de nuvarande 2-glas fönstren utrustas med en isolerruta invändigt.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är baseras på beräkning att åtgärden minskar U-värdet för fönster med ca 0.6 W/m²K, från 2.6 W/m²K till 2.0 W/m²K. Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 8, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för implementering av isolerruta till 2-glas fönstren baseras på schablonvärden från Sektionsfakta och tidigare fönsterutredningar och uppskattas till 193 kSEK och innehåller installation av isolerruta (ca 1 400 kr/m² fönster) och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.12 Åtgärd 12. Tilläggsisolering av fasad i hus B

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	9 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	2 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	6 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>876 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	876 kSEK
Ekonomisk livslängd:	40 år

Åtgärdsbeskrivning

Den nuvarande fasaden i hus B är träfasad, som är dåligt isolerad (uppskattningsvis ca 45 mm isolering). Uppskattat U-värde för fasad är ca 0.6 W/m²K. Enligt åtgärden skall fasad i hus B tilläggsisoleras med 100 mm mineralull, vilket skulle reducera U-värdet till ca 0.22 W/m²K.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån bedömning att medel U-värde för fasad minskas från 0.6 W/m²K till 0.22 W/m²K och infiltration med 20 %.

Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 8, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för tilläggsisolering av fasad i hus B uppskattas till ca 876 kSEK och innehåller byggkostnader på ca 1 500 kr/m² fasadyta och 2 000 kr/m² fönsteryta (för att flytta ut fönster) och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 40 år.

6.13 Åtgärd 13. Byte av tak i hus B

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	11 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	2 kW
Beräknad effektbesparing - El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	7 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	743 kSEK
Beräknad energi investeringskostnad:	743 kSEK
Ekonomisk livslängd:	40 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus B har platt tak, gjord av träkonstruktion med ca 100 mm isolering och pappdyk ovan. Det nuvarande taket bedöms ha ett förhållandevis högt U-värde på 0.45 W/m²K. Enligt bedömningar på plats och konstruktionsritningar är det omöjligt att tilläggsisolera taket för att minska värmeförluster. Därför skall enligt åtgärden ett nytt tak uppbyggas i hus B. U-värdet på ett nytt tak bedöms kunna bli 0.15 W/m²K med 250 mm isolering ovanpå befintlig. Tätskikt och råspont monteras ned för att bygga upp taket utifrån dagens konstruktion. Åtgärden kan kräva bygglov och extra kostnader i form av att flytta avluftshuv på taket.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på bedömning att U-värdet på ett nytt tak kommer att bli ca 0.15 W/m²K. Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 8, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för uppbyggnaden av ett nytt tak uppskattas till ca 743 kSEK och innehåller byggkostnader ca 1 500 kr/m² och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 40 år.

6.14 Åtgärd 14. Byte av belysning i hus B

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad energibesparing - El	1 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	1 kW
Beräknad effektbesparing - El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	0,18 kSEK/år
Beräknad total kostnadsbesparing:	2 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	194 kSEK
Beräknad energi investeringskostnad:	97 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Det finns T8 lysrörarmaturer (2 x 36W) i de flesta utrymmen i Hus B, som styrs manuellt via strömbrytare. Enligt åtgärden skall befintliga lysrörarmaturer (T8) i allrum, hemrum, personalrum, dagrum och korridor bytas till nya armaturer med LED ljuskällor och med frånvarostyrning. Antalet armaturer som skall bytas uppgår till ca 36 stk.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är baseras på minskning av belysningseffekt i hus B från ca 9 W/m² till 7 W/m² mellan 14:00-17:00 och från 5 W/m² till 4 W/m² mellan 08:00-14:00 . Nya LED armaturer har installerad effekt ca 60 W. Enligt tillverkaren har LED armaturen medellivslängd för ljuskällan ca 50 000 timmar, vilket betyder att byte av ljuskällor i LED armaturer inte är nödvändigt inom 20 års kalkyltid. Vanlig T-8 lysrör har uppskattad livslängd ca 10 000 år. Årlig besparing av kostnader för byte av ljuskällor bedöms uppgå till ca 180 kr/år.

Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 194 kSEK. Investeringskostnaden för utbyte av lysrörsbelysningen uppgår till ca 4 000 kr/armatur för takhängd belysning. Utöver detta tillkommer en kostnad för montering och demontering samt installation av närvarogivare (ca 1500 kr/rum). Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden görs också för underhåll har 50 % av kostnader tagits med i energikalkylen.** Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.15 Åtgärd 15. Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i hus B

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad energibesparing - El	1 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad effektbesparing – El	0,5 kW
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	1 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>10.5 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	10.5 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

I korridorer, toaletter, städ, förråd och andra bi-areor finns det armaturer med CFL ljuskällor och T8 lysrörarmaturer, som styrs manuellt via strömbrytare. I två toaletter finns närvarostyrning. I korridorer och kapprum är belysning oftast tänd kontinuerligt. Enligt åtgärden skall styrning efter närvarogivare (belysningsknapp med närvarogivare) tillämpas i korridorer, förråd, toaletter, städ, kapprum och övriga rum där det möjligt.

Ändringar i belysningsstyrning bör göras efter verksamhetens underlag för att anpassa till den verkliga användningen av lokalerna idag. Därför kräver denna åtgärd att inventering av belysningssystemet görs på plats för att specificera i vilka rum belysningen kan närvarostyras. Uppskattningsvis kan närvarostyrning installeras till ca 7 rum.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på uppskattning av minskning av sammanlagringsfaktor för användning av belysning i korridorer från 1 till 0,5 och i toaletter och bi-areor från 0,3 till 0,1. Detta leder till minskad belysningseffekt i hus B från ca 9 W/m² till 8 W/m² mellan 14:00-17:00 och från 5 W/m² till 4 W/m² mellan 08:00-14:00.

Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 10,5 kSEK och baseras på schablonvärde för installation av närvarostyrning ca 1 200-1 500 kr/rum. Kostnaden gäller för material och arbete. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.16 Åtgärd 16. Byte av termostater och injustering av värmesystem i hus C

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	5 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	0,5 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	3 kSEK/år
<i>Beräknad totalinvesteringskostnad:</i>	<i>20 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	10 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

Vid besök i hus C visade det sig att flera radiatorer saknar termostater och på några sitter äldre typ av termostater som bör funktionskontrolleras. Bara i några rum finns nya radiatorer med nya termostater. Enligt åtgärden skall radiatorer utan termostater kompletteras med termostater och funktion av befintliga termostater ses över och vid behov bytas ut till nya. Termostaterna bör maxbegränsas till 20 °C. Hela värmesystemet borde injusteras. Antal radiatorventiler som skall bytas/kompletteras uppskattas till ca 30 st.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån uppskattning att den genomsnittliga temperatursänkningen med hjälp av termostater blir ca 0.5 °C.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för byte av termostater och injustering av värmesystemet i Hus C uppskattas till 20 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av nya termostater, injustering av radiatorsystemet och en shuntgrupp. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden görs också för underhåll har 50 % av kostnader tagits med i energikalkylen.** Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.17 Åtgärd 17. Byte till behovsstyrt ventilations-system i hus C

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	10 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	8 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	7 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	17 kSEK/år
<i>Beräknad totalinvesteringskostnad:</i>	<i>285 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	285 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus C försörjs av ett frånluftssystem med lokala frånluftsfläktar i varje klassrum. Fläktar styrs efter närvarogivare. Hela ventilationssystemet behövs uppgraderas för att förbättra inneklimatet i lokaler. Enligt uppgraderingen (Åtgärd 0) skall dagens frånluftssystem bytas till ett från- och

tilluftssystem med ett enhetsaggregat med roterande värmeväxlare och direktdrivna fläktar med tryckstyrning. Nytt kanalsystem skall byggas ut och alla klassrum, kapprum skall förses med till- och frånluft med konstant luftflöde.

Hus B används som förskola och ca 5 klassrum av 9 används samtidigt. Därför kan behovsstyrning av ventilationen vara fördelaktigt. Denna åtgärd innebär att istället av att byte till ett från- och tilluftssystem med konstanta luftflöden på rumsnivå skall behovsstyrning av till- respektive frånluft anpassas till alla klassrummen (rum 101, 105, 106, 110, 111, 115, 116, 120) förutom kemisal. Alla rum i listan förses med VAV-spjäll för behovsstyrning av till- respektive frånluft som exempel i två steg:

- steg 1: grundflöde då ingen vistas i rummet

- steg 2: steglös reglering mot högre flöde vid CO₂- och/eller temperatur indikering

Exakt systemutformning, val av komponenter och styrparametrar ska göras vid projekteringen.

Det antas att åtgärden genomförs tillsammans med byte av frånluftssystem till FTX system i Hus C och installation av luftkanaler och don till alla rum genomförs samtidigt med byte av system. Därför har merkostnader för införandet av behovsstyrning räknats som investeringskostnad för energieffektivisering för denna åtgärd.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på uppskattning av att användning av lokaler är ca 60 % mellan 08:00-14:30. Nytt FTX system har max flöde 2.2/2.2m³/s, SFP värde 2.0 kW/(m³/s) och en temperaturverkningsgrad på 75 % vid max flöde. Systemets medelflöde kommer uppskattningsvis bli ca 0.9 m³/s under drifttid 07:00-17:00, SFP värde vid medelflöde 0.5 kW/(m³/s) och temperaturverkningsgrad vid medelflöde ca 80 %.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för införandet av behovsstyrning i hus C uppskattas till 285 kSEK och är merkostnader för installation av behovsstyrning jämfört med ett konstantflödessystem (Åtgärd 0). Kostnader inkluderar installation av VAV-spjäll på till- och frånluftskanaler, givare, el, styr och regler, injustering och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.18 Åtgärd 18. Byte av tak i hus C

Typ av åtgärd	Byggnadsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	14 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	3 kW
Beräknad effektbesparing - El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	9 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	1 257 kSEK
Beräknad energiinvesteringskostnad:	1 257 kSEK
Ekonomisk livslängd:	40 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus C har platt tak, gjord av träkonstruktion med ca 100 mm isolering och pappdyk ovan. Det nuvarande taket bedöms ha ett förhållandevis högt U-värde på 0.45 W/m²K. Enligt bedömningar på plats och konstruktionsritningar är det omöjligt att tilläggsisolera taket för att minska värmeförluster. Därför skall enligt åtgärden ett nytt tak uppbyggas i hus B. U-värdet på ett nytt tak bedöms kunna bli 0.15 W/m²K med 250 mm isolering ovanpå befintlig. Tätskikt och råspont

monteras ned för att bygga upp taket utifrån dagens konstruktion. Åtgärden kan kräva bygglov och extra kostnader i form av att flytta avluftshuv på taket.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på bedömning att U-värdet på ett nytt tak kommer att bli ca 0.15 W/m²K. Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 8, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen. Åtgärdens besparingspotential påverkas av Åtgärd 16, vilket har tagits hänsyn till vid beräkningen.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för uppbyggnaden av ett nytt tak uppskattas till ca 1 257 kSEK och innehåller byggkostnader ca 1 500 kr/m² och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 40 år.

6.19 Åtgärd 19. Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i hus C

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad energibesparing - El	1 MWh/år
Beräknad effektb sparing - Fjärrvärme	-
Beräknad effektb sparing – El	0,5 kW
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	1 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>25 kSEK</i>
Beräknad energi investeringskostnad:	25 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

I kapprum och toaletter finns det armaturer med CFL ljuskällor, som styrs manuellt via strömbrytare. I kapprum är belysning oftast tänd kontinuerligt och samma risk finns även för toaletter. Enligt åtgärden skall styrning efter närvarogivare (belysningsknapp med närvarogivare) tillämpas toaletter, kapprum och övriga rum där det möjligt.

Ändringar i belysningsstyrning bör göras efter verksamhetens underlag för att anpassa till den verkliga användningen av lokalerna idag. Därför kräver denna åtgärd att inventering av belysningssystemet görs på plats för att specificera i vilka rum belysningen kan närvarostyras. Uppskattningsvis kan närvarostyrning installeras till ca 15 rum.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på uppskattning av minskning av sammanlagringsfaktor för användning av belysning i korridorer från 1 till 0,5 och i toaletter och bi-areor från 0,3 till 0,1. Detta leder till minskad belysningseffekt i hus C från ca 6 W/m² till 5,5 W/m².

Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 25 kSEK och baseras på schablonvärde för installation av närvarostyrning ca 1 200-1 500 kr/rum. Kostnaden gäller för material och arbete. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.20 Åtgärd 20. Byte av termostater och injustering av värmesystem i hus D

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	12 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	1 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	7 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	67 kSEK
Beräknad energiinvesteringskostnad:	33,5 kSEK
Ekonomisk livslängd:	10 år

Åtgärdsbeskrivning

Vid besök i Hus D visade det sig att flera radiatorer saknar termostater och på några sitter äldre typ av termostater. Bara i några rum finns nya radiatorer med nya termostater. Enligt åtgärden skall radiatorer utan termostater kompletteras med termostater och funktion av befintliga termostater ses över och vid behov bytas ut till nya. Termostaterna bör maxbegränsas till 20 °C. Hela värmesystemet borde injusteras. Antal radiatorventiler som skall bytas/kompletteras uppskattas till ca 130 st.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är beräknad utifrån uppskattning att den genomsnittliga temperatursänkningen med hjälp av termostater blir ca 0.5 °C.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för byte av termostater och injustering av värmesystemet i Hus D uppskattas till 67 kSEK. Kostnaderna innehåller installation av nya termostater, injustering av radiatorsystem och shuntgrupp. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden görs också för underhåll har 50 % av kostnader tagits med i energikalkylen.** Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 10 år.

6.21 Åtgärd 21. Byte till behovsstyrd ventilations-system i klassrum och mötesrum i hus D

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	18 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	12 MWh/år
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	11 kW
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	-
Beräknad total kostnadsbesparing:	28 kSEK/år
Beräknad total investeringskostnad:	550 kSEK
Beräknad energiinvesteringskostnad:	550 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Hus D försörjs av ett frånluftssystem med ett antal frånluftsfläktar. Bara i träslöjd och gymnastiksalen finns FTX aggregat installerade. Hela ventilationssystemet behövs uppgraderas för att förbättra inneklimatet i lokaler. Enligt uppgraderingen (Åtgärd 0) skall dagens

frånluftssystem bytas till ett från- och tilluftssystem med ett enhetsaggregat med roterande värmeväxlare och direktdrivna fläktar med tryckstyrning. Nytt kanalsystem skall byggas ut och alla klassrum, kapprum skall förses med till- och frånluft med konstant luftflöde.

Eftersom inte alla klassrum, grupprum och mötesrum i Hus D används samtidigt, kan behovsstyrning av ventilationen vara fördelaktigt. Denna åtgärd innebär att istället av att byte till ett från- och tilluftssystem med konstanta luftflöden på rumsnivå skall behovsstyrning av till- respektive frånluft anpassas till alla klassrum (rum 130, 131, 132, 136, 221, 222, 223, förutom träslöjd), grupprum (rum 127), bibliotek (rum 218) och lärarrum/mötesrum (rum 117, 206/207). Alla rum i listan förses med VAV-spjäll för behovsstyrning av till- respektive frånluft som exempel i två steg:

- steg 1: grundflöde då ingen vistas i rummet
- steg 2: steglös reglering mot högre flöde vid CO₂- och/eller temperatur indikering

Exakt systemutformning, val av komponenter och styrparametrar ska göras vid projekteringen.

Det antas att åtgärden genomförs tillsammans med byte av frånluftssystem till FTX system i Hus D och installation av luftkanaler och don till alla rum genomförs samtidigt med byte av system. Därför har merkostnader för införandet av behovsstyrning räknats som investeringskostnad för energieffektivisering för denna åtgärd.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential baseras på uppskattning av att användning av klassrum är ca 60 % mellan 08:00-15:00 och användning av mötesrum är ca 30 % mellan 08:00-15:00 och ca 50 % på övrig arbetstid. Nytt FTX system har max flöde 5.0/5.0 m³/s, SFP värde 2.0 kW/(m³/s) och en temperaturverkningsgrad på 75 % vid max flöde. Systemets medelflöde kommer uppskattningsvis bli ca 3.6 m³/s under drifttid 06:00-18:00, SFP värde vid medelflöde 1.4 kW/(m³/s) och temperaturverkningsgrad vid medelflöde ca 80 %.

Investeringskostnad

Investeringskostnaden för införandet av behovsstyrning i klassrum, grupprum och mötesrum hus D uppskattas till 550 kSEK och är merkostnader för installation av behovsstyrning jämfört med ett konstantflödessystem (Åtgärd 0). Kostnader inkluderar installation av VAV-spjäll på till- och frånluftskanaler, givare, el, styr och regler, injustering och påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %). Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.22 Åtgärd 22. Byte av belysning i klassrum, grupprum och allrum i hus D

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad energibesparing - El	7,5 MWh/år
Beräknad effektb sparing - Fjärrvärme	-
Beräknad effektb sparing – El	4,5 kW
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	0,5 kSEK/år
Beräknad total kostnadsbesparing:	10 kSEK/år
<i>Beräknad total investeringskostnad:</i>	<i>512 kSEK</i>
Beräknad energi investeringskostnad:	256 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Det finns T8 lysrörarmaturer (2 x 36W) i klassrum, grupprum, bibliotek och gymnastik, som styrs manuellt via strömbrytare. Enligt åtgärden skall befintliga lysrörarmaturer (T8) i klass- och grupprummen, samt i bibliotek bytas till nya armaturer med LED ljuskällor och med frånvarostyrning. Antalet armaturer som skall bytas uppgår till ca 100 st.

Energibesparing

Ovan redovisad energibesparingspotential är baseras på minskning av belysningseffekt i hus D från ca 6 W/m² till 5 W/m² mellan 08:00-15:00 och från 3 W/m² till 2,5 W/m² mellan 15:00-17:00. Nya LED armaturer har installerad effekt ca 60 W. Enligt tillverkaren har LED armaturen medellivslängd för ljuskällan ca 50 000 timmar, vilket betyder att byte av ljuskällor i LED armaturer inte är nödvändigt inom 20 års kalkyltid. Vanlig T-8 lysrör har uppskattad livslängd ca 10 000 år. Årlig besparing av kostnader för byte av ljuskällor bedöms uppgå till ca 500 kr/år.

Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 512 kSEK. Investeringskostnaden för utbyte av lysrörbelysningen uppgår till ca 4 000 kr/armatur för takhängd belysning. Utöver detta tillkommer en kostnad för montering och demontering samt installation av närvarogivare (ca 1500 kr/rum). Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. **Eftersom åtgärden görs också för underhåll har 50 % av kostnader tagits med i energikalkylen.** Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.23 Åtgärd 23. Byte till energieffektiva tappvattenarmaturer på toaletter

Typ av åtgärd	Installationsteknisk
Beräknad energibesparing - Fjärrvärme	3,5 MWh/år
Beräknad energibesparing - El	-
Beräknad effektbesparing - Fjärrvärme	-
Beräknad effektbesparing – El	-
Beräknad övrig besparing (SEK/år):	1,3 kSEK/år
Beräknad total kostnadsbesparing:	3 kSEK/år
<i>Beräknad totalinvesteringskostnad:</i>	<i>88 kSEK</i>
Beräknad energiinvesteringskostnad:	88 kSEK
Ekonomisk livslängd:	20 år

Åtgärdsbeskrivning

Det finns drygt 35 tappkranar som berörs av en eventuell vattenbesparingsåtgärd. De flesta toaletter har engreppsblandare, men det finns också några toaletter med självstängande kranar (t.ex. i hus E). Enligt åtgärden skall befintliga tappkranar bytas ut till beröringsfria armaturer.

Energibesparing

25 % av vattenanvändningen bedöms gå till kranar. Besparingspotentialen bedöms uppgå till ca 40 % vatten och 30 % energibesparing, vilket skulle motsvara ca 170 m³/år i vattenbesparing och

Investeringskostnad

Den totala investeringskostnaden för åtgärden uppskattas till ca 88 kSEK. Den totala investeringskostnaden antas uppgå till ca 2 140 kr/kran. Påslag för eventuella oförutsedda utgifter samt arbetskostnad (18 %) har tagits med. Ekonomiska livslängden för investeringen uppskattas till 20 år.

6.24 Övriga åtgärder

Utöver de beräknade åtgärdsförslagen har ytterligare ett antal möjliga åtgärder identifierats, men inte beräknats i detalj i detta uppdrag. Dessa åtgärder kan leda till förbättrat inneklimat och spara mer eller mindre energi och det rekommenderas att dessa utreds vidare.

5.24.1 Driftoptimering av ventilation i Hus E

Hus E försörjs av ett FTX system som är i drift mellan 6:30 – 18:00 från måndag till fredag. Tilluftstemperaturen är inställd på +19 °C. Systemet har variabel flöde och tryckstyrning. Enligt information i SÖS hålls börvärdet för trycket i kanaler på ganska hög nivå för ett sådant litet system, ca 270 Pa på tilliftssida, ca 169 Pa på frånluftssida. Det bör utredas om trycknivåer kan sänkas, vilket skulle leda till minskad elanvändning för fläkt drift.

5.24.2 Optimering av tilluftstemperatur i alla system

Det rekommenderas också utreda möjlighet att styra tilluftstemperaturen efter frånluftstemperatur för ökad komfort i klassrum. Temperaturmätningar i klassrum visade rumstemperaturer upp till ca +28 °C i september - oktober. Som exempel borde tilluftstemperatur variationer mellan ca +17 °C till + 19 °C provas fram och anpassningar bör göras så att rätt rumklimat säkerställs.

5.24.3 Förbättra solavskärmning i Hus A, B, C och D

Solavskärmning i flera av husen fungerar dåligt. Det finns fasta solavskärmningar på hus A och B som är söndriga. I Hus C och D finns markiser, några av dessa har slutat fungera. För att erhålla ett bra inneklimat bör all solavskärmning ses över och uppdateras. Detta leder till att temperaturen inomhus kan hållas på en jämnare nivå.

5.24.4 Koppla upp tekniska systemen till centralt styr- och övervakningssystem i Hus A, B, C och D

Alla tekniska systemen i hus A, B, C och D styrs idag via lokala styrenheter, placerad i specifika aggregatrum eller undercentralen. Detta betyder att det behövs alla börvärden och ärvärden av olika styrparametrar samt alarm måste kontrolleras på plats av driftspersonalen. För att optimera driften och snabbt åtgärda kommande alarm rekommenderas ett centralt styr- och övervakningssystem installeras för tekniska systemen i hus A, B, C och D. Det finns ett styr- och övervakningssystem, där bar hus E och F är uppkopplade. Möjligtvis kan samma system användas för att koppla upp de övriga husen.

7 Åtgärdspaket med Totalmetodiken

Här beskrivs resultaten från lönsamhetsberäkningar: detaljer för åtgärdspaket, total investeringskostnad och beräknad total energi- och kostnadsbesparing efter implementering av åtgärdspaketet.

7.1 Indata för lönsamhetsberäkningar

Följande indata har använts för lönsamhetsberäkningar:

- Fastighetsägarens lönsamhetskrav: nominell ränta 4 %, inflation 2 %. Real kalkylränta 2%.
- Uppskattad ökning av energipriser utöver inflation är 1 %.
- Kalkyltider för installationstekniska och byggnadstekniska åtgärder motsvarar åtgärdernas ekonomiska livslängd.
- Energi- och resurspriser, effekttariffer baseras på information som har fåtts från Malmö Stad och har sammanställts i tabeller nedan.

Energisort, resurs	Pris
Årsmedelpris för fjärrvärme (rörligt)	474 kr/MWh
Effektpris för fjärrvärme	932 kr/kW, år
Årsmedelpris för elenergi (inkl. nätavgift elcertifikat och energiskatt)	0,79 kr/kWh
Effektavgift för el	864 kr/kW, år
Abonnemangsavgift	7200 kr/år
Pris för kallvatten	7,63 kr/m ³

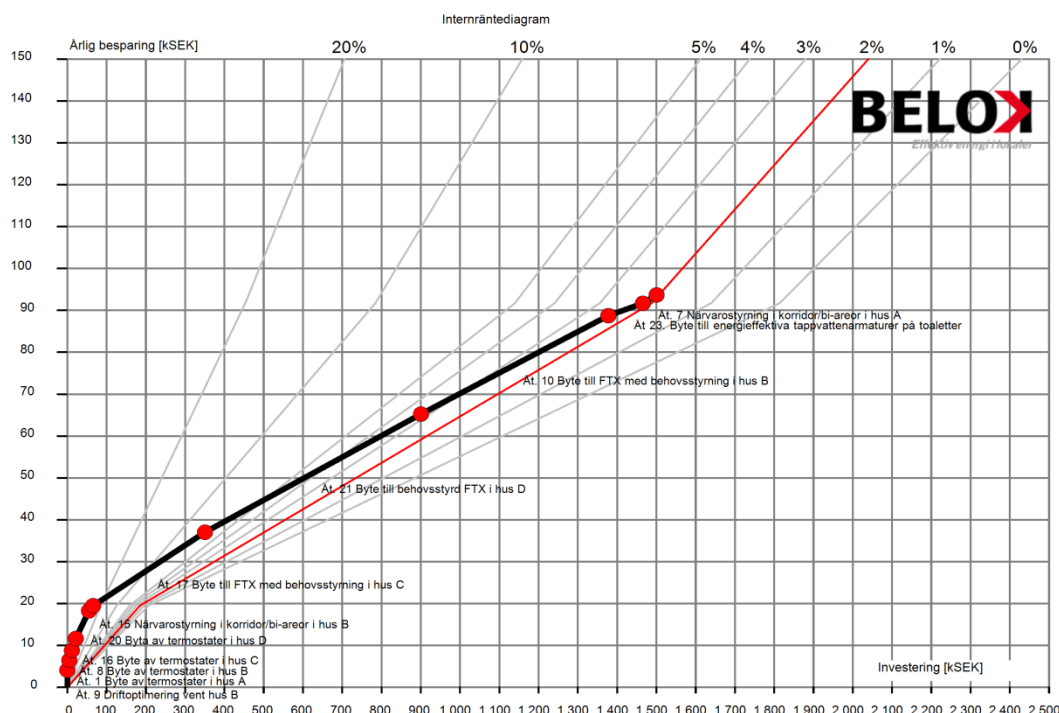
7.2 Resultat från lönsamhetsberäkningar

Enligt Totalmetodiken skall ett åtgärdspaket formas så, att den i sin helhet uppfyller lönsamhetskraven som fastighetsägaren ha. Det är alltid upp till fastighetsägaren att bestämma vilka åtgärder skall genomföras. Det ska noteras att i det föreslagna åtgärdspaketet finns några åtgärder som har en internränta lägre än 0 %. Enligt Totalmetodiken är de med i paketet på grund av att det finns några riktigt lönsamma åtgärder som "bär upp" de mindre lönsamma tills man når den gräns då åtgärdspaketet i sin helhet uppfyller det lönsamhetskrav som Malmö Stad satt upp.

Resultat från lönsamhetsberäkningar visas i tabeller nedan. Lönsamheten för åtgärdspaketet och energibesparingspotentialen visas i figur 7.1 och 7.2. Åtgärder i åtgärdspaketet är sammanställd i Tabell 7.2.

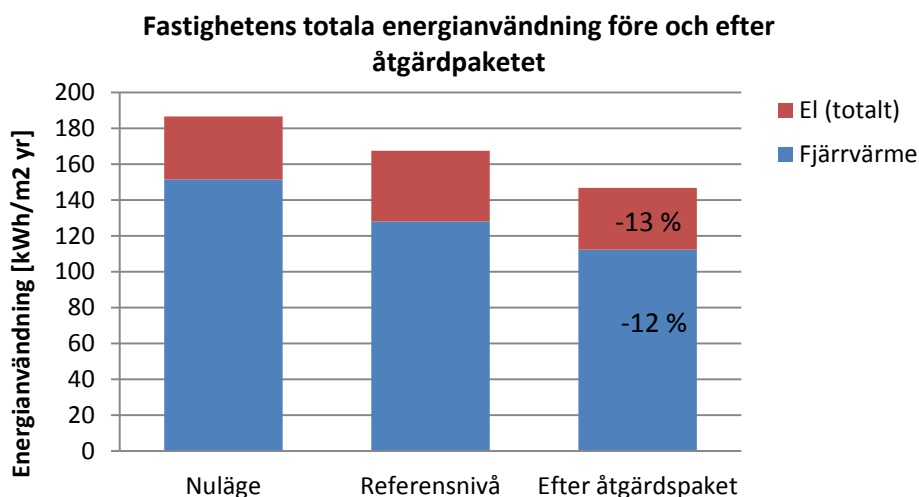
Tabell 7.1. Sammanställning av resultat för åtgärdspaket med uppfylld lönsamhet

Beräknad total kostnadsbesparing	94 kSEK/år
Beräknad energiinvesteringskostnad	1 501 kSEK
Internränta för åtgärdspaketet	2.0 %
Beräknad energibesparing – fjärrvärme	84,5 MWh/år
Beräknad energibesparing - el	27 MWh/år



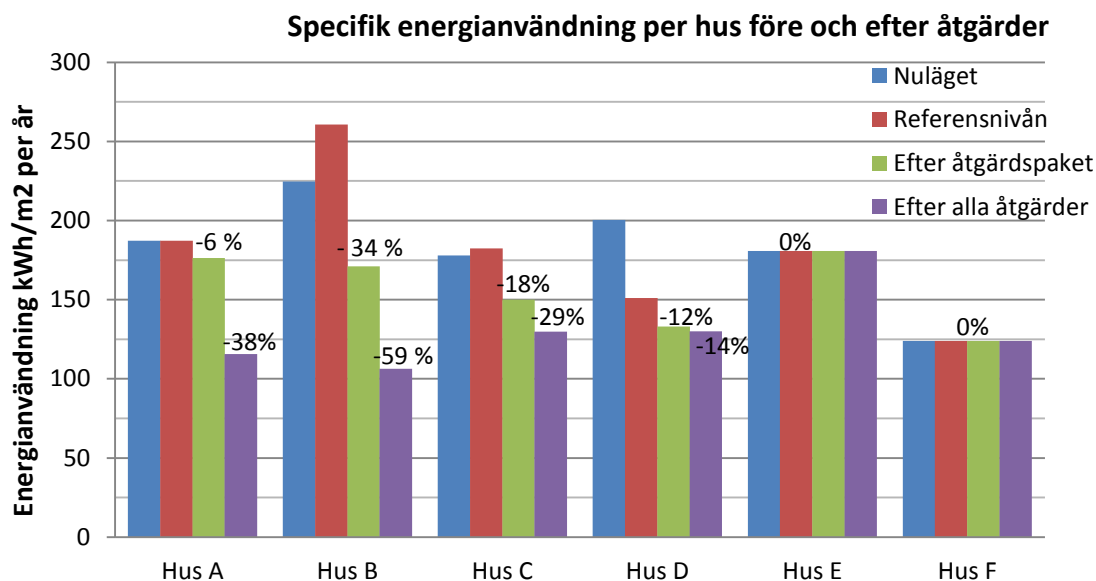
Figur 7.1 Lönsamheten för åtgärds paketet enligt Totalmetodiken. Lönsamhetskravet är 2 % och energipriserna antas stiga med 1 % årligen utöver inflationen. Internräntan för åtgärds paketet är 2.0 %.

Med åtgärds paketet kan värmebehovet för hela fastigheten minskas med ca 12 % och den totala elanvändningen med ca 13 % jämfört med referensnivå. Fastighetens totala energibehov kommer efter åtgärder bli ca 147 kWh/m², år inklusive verksamhetsel och ca 122 kWh/m², år exkl. verksamhetsel.



Figur 7.2 Beräknad energianvändningen före och efter åtgärds paketet. Som referensvärde för energibesparing har den beräknade energianvändningen för fastighetens referensnivå använts.

Figur 7.3 visar energibesparingspotentialen per hus med åtgärdspaketet och med alla åtgärder jämfört med nya referensnivån.



Figur 7.3 Beräknad energianvändningen före och efter åtgärder per varje hus i Segevångsskolan. Som referensvärde för energibesparing har den beräknade energianvändningen för fastighetens referensnivå använts.

En sammanställning av alla identifierade åtgärder som beskrivits i denna rapport redovisas i bilaga 3.

Tabell 7.2. Sammanställning av åtgärder i Åtgärdspaketet för Segevångsskolan.

Åtgärd nr	Åtgärdsbeskrivning	Värme- besparing	Värmeeffek t besparing	Värme- besparing	El- besparing	Eleffekt besparing	El- besparing	Övrig besparing	Total besparing	Investering	Kalkyltid	Intern- ränta
		MWh/år	kW	kk/år	MWh/år	kW	kk/år	kk/år	kk/år	kSEK	År	%
9	Driftoptimering av ventilation i Hus B	7	0,0	3	1	0,0	1	0	4	0	10	
1	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus A	4	0,5	2	0	0,0	0	0	2	5	10	50%
8	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus B	4	0,5	2	0	0,0	0	0	2	6	10	39%
16	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus C	5	0,5	3	0	0,0	0	0	3	10	10	29%
20	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus D	12	1	7	0	0,0	0	0	7	34	10	16%
15	Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i Hus B	0	0,0	0	1	0,5	1	0	1	11	10	3%
17	Byte till behovstyrd FTX system i Hus C	10	7	11	8	0,0	6	0	18	285	20	3%
21	Byte till behovstyrd FTX system i Hus D	18	11	19	12	0,0	9	0	28	550	20	2%
10	Byte till FTX ventilation med behovstyrning i Hus B	21	12	21	3	0,0	2	0	23	477	20	1%
23	Byte till energieffektiva tappvattenarmaturer i toaletter	4	0	2	0	0,0	0	1	3	88	20	-3%
7	Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i Hus A	0	0	0	2	0,5	2	0	2	35	10	-9%
	Totalt	84,5	32,5	71	27	1	22	1	94	1501		

8 Slutsatser

Projektets syfte har varit att identifiera och analysera möjliga energieffektiviseringsåtgärder på Segevångsskolan och bilda ett energieffektiviserande åtgärds paket enligt Totalmetodiken. Den totala specifika energianvändningen i Segevångsskolan är idag ca 186 kWh/m² år, vilket är jämförbart med liknande fastigheter i Sverige. Merparten av byggnaderna i Segevångsskolan är byggda på 1960-talet. Två av husen, Hus E och F är renoverade och byggda senare (2006) och har redan idag ganska bra energiprestanda och därför finns det inte många energisparåtgärder rekommenderade för de husen.

Energiutredningen konstateras att det kan vara svårt att uppfylla gällande kraven på inneklimat med dagens systemlösningar i Hus B, C och D. Därför har uppgradering av ventilationssystemen rekommenderats som "Åtgärd 0" och energibesparingspotentialen för åtgärderna har bedömts utifrån den nya referensnivån. Eftersom det enklaste alternativet för dagens frånluftssystem i Hus C och D är från- och tilluftssystem bestående av ett enhetsaggregat med inbyggd värmeåtervinning kommer den specifika energianvändningen för fjärrvärme uppskattningsvis minska ca 15 % med "Åtgärd 0". Den specifika energianvändningen för el kommer att öka med ca 12 % och beror på ökade luftmängder i hus B, C och D. "Åtgärd 0" innebär dessutom en kvalitetshöjning i lokalerna.

Totalt har 23 energieffektiviserande åtgärder identifierats och analyserats i denna rapport, varav bara 11 åtgärder kommer att vara med i det lönsamma åtgärds paketet. Åtgärder som byte av termostater och injustering kommer göras också som underhållsåtgärder har bara hälften av totala investeringskostnader tagits med i energikostnadskalkylen. Samma gäller för byte av belysning. Byte av belysning samt bättre styrning ger medelstora energibesparingar men är samtidigt en tung investering med mer eller mindre obefintlig lönsamhet.

Tillägg av behovsstyrd ventilation i Hus B, C och D kommer att ge en del energibesparing. Kostnadskalkylen förutsätter att behovsstyrning skall installeras samtidigt som systemen skall uppgraderas, vilket betyder att bara merkostnader för behovsstyrning har tagits med i kalkylen.

Åtgärder i klimatskalet ger stora energibesparingar men är inte tillräckligt lönsamma för att vara med i åtgärds paketet.

Med åtgärds paketet som uppfyller lönsamhetskravet 2 % och med 1 % energiprisökning utöver inflationen blir den totala energibesparingspotentialen bli ca 12 %. Driftkostnaderna kan minskas med ca 94 kkr/år. Energiinvesteringskostnad för ett sådant paket är ca 1 501 kr. I hus A är energibesparingspotentialen med åtgärds paketet ca 6 %, i Hus B ca 34 %, i Hus C ca 18 % och i Hus D ca 12 %.

Den totala energibesparingspotentialen för alla undersökta åtgärder är 22 %. I Hus A, B, C och D skulle energianvändningen totalt sätt minskas med ca 27 % med alla åtgärder. I hus A är energibesparingspotentialen med alla åtgärder ca 38 %, i Hus B ca 59 %, i Hus C ca 29 % och i Hus D ca 14 %.

Bilaga 1. Indata för energisimuleringar

Klimatskal – areor

Typ	Area [m ²]	Hus A [m ²]				Hus B [m ²]				Hus C [m ²]				Hus D [m ²]				Hus E [m ²]				Hus F [m ²]			
		Syd	Öst	Väst	Norr	Syd	Öst	Väst	Norr	Syd	Öst	Väst	Norr	Syd	Öst	Väst	Norr	Syd	Öst	Väst	Norr	Syd	Öst	Väst	Norr
Vägg	4168	213	0	28	142	154	28	28	129	283	0	28	236	540	390	307	522	97	187	142	82	65	307	194	66
Golv	4862	530				415				731				2443				619				648			
Tak	4691	533				420				750				1600				650				741			
Fönster	900	128	0	0	53	88	0	3	29	149	0	0	44	166	71	72	64	40	46	24	11	9	37	13	3
Dörr	135	9,3	0	0	3,1	0	0	4	14	31	0	0	0	19	8	16,5	0	0	6,9	7,0	1,7	0	7	5	2,5

Klimatskal – egenskaper hus A

Typ	Beskrivning	Egenskap	Källa	Kommentar
Fasad	Träfasad	0,6 W/(m ² K)	Ritning + uppskattning	Träfasad i dåligt skick
Golv	Btgplatta +iso	0,5 W/(m ² K)	Uppskattat	Uträknat mha BV2. Antar att det finns någon isolering i plattan.
Tak	Papp + iso	0,5 W/(m ² K)	Uppskattat	Uträknat mha BV2.
Fönster	2-glas	2,6 W/(m ² K)	Uppskattat	Standardvärde BV2
Dörrar	Plåt/glas	1,2 W/(m ² K)	Uppskattat	
Luftläckage	Relativt stort	0,52 oms/h	Uppskattat	Vid 50 Pa omräknat till BV2 blir luftläckaget 0,52 oms/h
Köldbryggor	Linjära köldbryggor har beräknats för varje sammankopplad del.			

Klimatskal – egenskaper hus B

Typ	Beskrivning	Egenskap	Källa	Kommentar
Fasad	Träfasad	0,6 W/(m ² K)	Ritning + uppskattning	Träfasad i dåligt skick
Golv	Btgplatta +iso	0,5 W/(m ² K)	Uppskattat	Uträknat mha BV2. Antar att det finns någon isolering i plattan.
Tak	Papp + iso	0,5 W/(m ² K)	Uppskattat	Uträknat mha BV2.
Fönster	2-glas	2,6 W/(m ² K)	Uppskattat	Standardvärde BV2
Dörrar	Plåt/glas	1,2 W/(m ² K)	Uppskattat	
Luftläckage	Relativt stort	0,54 oms/h	Uppskattat	Vid 50 Pa omräknat till BV2 blir luftläckaget 0,54 oms/h
Köldbryggor	Linjära köldbryggor har beräknats för varje sammankopplad del.			

Klimatskal – egenskaper hus C

Typ	Beskrivning	Egenskap	Källa	Kommentar
Fasad	Tegelfasad	0,35 W/(m ² K)	Ritning + uppskattning	Tegelfasad med mineralullsisolering.
Golv	Btgplatta +iso	0,4 W/(m ² K)	Uppskattat	Uträknat mha BV2.
Tak	Papp + iso	0,4 W/(m ² K)	Ritning	Uträknat mha BV2.
Fönster	3-glas (klarglas)	1,7 W/(m ² K)	Uppskattat	Standardvärde BV2
Dörrar	Plåt/glas	1,2 W/(m ² K)	Uppskattat	
Luftläckage	Relativt stort	0,63 oms/h	Uppskattat	Vid 50 Pa omräknat till BV2 blir luftläckaget 0,63 oms/h
Köldbryggor	Linjära köldbryggor har beräknats för varje sammankopplad del.			

Klimatskal – egenskaper hus D

Typ	Beskrivning	Egenskap	Källa	Kommentar
Fasad	Tegelfasad	0,35 W/(m ² K)	Ritning + uppskattning	Tegelfasad med mineralullsisolering.
Golv	Btgplatta +iso	0,4 W/(m ² K)	Uppskattat	Uträknat mha BV2.
Tak	Papp + iso	0,4 W/(m ² K)	Ritning	Uträknat mha BV2.
Fönster	3-glas (klarglas)	1,7 W/(m ² K)	Uppskattat	Standardvärde BV2
Dörrar	Plåt/glas	1,2 W/(m ² K)	Uppskattat	
Luftläckage	Relativt stort	0,5 oms/h	Uppskattat	Vid 50 Pa omräknat till BV2 blir luftläckaget 0,5 oms/h
Köldbryggor	Linjära köldbryggor har beräknats för varje sammankopplad del.			

Klimatskal – egenskaper hus E

Typ	Beskrivning	Egenskap	Källa	Kommentar
Fasad	Tegelfasad	0,2 W/(m ² K)	Uppskattat	Tegelfasad med mineralullsisolering. U-värde som mix av ny och gammal del
Golv	Btgplatta +iso	0,4 W/(m ² K)	Ritning	Uträknat mha BV2.
Tak	TRP plåt + iso + papp	0,2 W/(m ² K)	Ritning	Uträknat mha BV2.
Fönster	3-glas (klarglas)	1,6 W/(m ² K)	Uppskattat	Standardvärde BV2
Dörrar	Plåt/glas	1,0 W/(m ² K)	Uppskattat	
Luftläckage	Litet	0,2 oms/h	Uppskattat	Vid 50 Pa omräknat till BV2 blir luftläckaget 0,2 oms/h
Köldbryggor	Linjära köldbryggor har beräknats för varje sammankopplad del.			

Klimatskal – egenskaper hus F

Typ	Beskrivning	Egenskap	Källa	Kommentar
Fasad	Tegelfasad	0,11 W/(m ² K)	Ritning	Tegelfasad med mineralullsisolering
Golv	Btgplatta +iso	0,3 W/(m ² K)	Ritning	Uträknat mha BV2.
Tak	TRP plåt + iso + papp	0,1 W/(m ² K)	Ritning	Uträknat mha BV2.
Fönster	3-glas (klarglas)	1,6 W/(m ² K)	Uppskattat	Standardvärde BV2
Dörrar	Plåt/glas	0,9 W/(m ² K)	Uppskattat	
Luftläckage	Litet	0,15 oms/h	Uppskattat	Vid 50 Pa omräknat till BV2 blir luftläckaget 0,15 oms/h
Köldbryggor	Linjära köldbryggor har beräknats för varje sammankopplad del.			

Ventilation

Typ	Tilluft [l/s]	Frånluft [l/s]	Tider	Källa	Kommentar
Hus A					
TA1/FA1	570	600	Mån-Fre 06:30-18.00	OVK	Energianvändningen för ventilationen är uträknad för hand och därmed har inte BV ² använts för ventilationen. Elbatterier är även medräknat i den totala energin för ventilation. SFP för TA1/FA1 är beräknat till 2,29 kW/(m ³ /s) och för TA2/FA2 till 1,69 kW/(m ³ /s).
TA2/FA2	670	570	Mån-Fre 06:30-18.00	OVK	
Hus B					
5701 TA1	420		Mån, ons, lör 07:00-21.00	OVK	Energianvändningen för ventilationen är uträknad för hand och därmed har inte BV ² använts för ventilationen. Elbatteriet är även medräknat i den totala energin för ventilation. SFP är beräknat till 3 kW/(m ³ /s).
FF-1	-	420	Tis,tors 07.00-18.00		
Hus C					
EF1	-	300	Frånluftsfläktarna styrs genom närvarogivare i klassrummen. TA/FA1 går dygnet runt på ett grundflöde. Forcering sker med närvarogivare i klassrum.	OVK	Energianvändningen för ventilationen är uträknad för hand och därmed har inte BV ² använts för ventilationen. SFP för TA/FA1 är beräknat till 0,7 kW/(m ³ /s).
EF2	-	221		OVK	
EF3	-	210		OVK	
EF4	-	220		OVK	
EF5	-	220		OVK	
EF6	-	220		OVK	
EF7	-	230		OVK	
EF8	-	230		OVK	
TA/FA1	220	220		OVK	
Hus D					
EF10		1750	Mån-Fre 06:00-18:00	OVK	Energianvändningen för ventilationen är uträknad för hand och därmed har inte BV ² använts för ventilationen. SFP för TA/FA10 och 11 är beräknad till 1,7 kW/(m ³ /s). SFP för TA/FA1 är beräknad till 2,3 kW/(m ³ /s).
EF11		387	Mån-Fre 06:00-17:00	OVK	
EF12		536	Mån-Fre 06:00-18:00	OVK	
EF13		350	Mån-Fre 06:00-18:00	OVK	
EF14		528	Mån-Fre 06:00-18:00	OVK	
TA-3 (Lärarrum)	81	-	Mån-Fre 06:00-17:00	OVK	
TA/FA10 (gymnastik)	250	250	Mån-Fre 08:00-21:00	OVK	
TA/FA11 (gymnastik)	250	250	Mån-Fre 08:00-21:00	OVK	
TA/FA1 (spånsug)	690	690	Mån-Fre 08:00-14:00	OVK	
Hus E					
TA/FA-1	1003-2860	1003-2860	Mån-fre 08.00-15.00	OVK	Energianvändningen för ventilationen är uträknad för hand och därmed har inte BV ² använts för ventilationen. SFP för TA/FA-1 är beräknad till 1,6 kW/(m ³ /s).
FF-2 (kåpa i kök)	-	400		OVK	
Hus F					
TA/FA1	1610	1620	Mån-Fre 06:00-18:00	OVK	Energianvändningen för ventilationen är uträknad för hand och därmed har inte BV ² använts för ventilationen. SFP för TA/FA1 är beräknad till 1,3 kW/(m ³ /s).

Extra elanvändare

Typ	Beräknad elenergi [MWh/år]	Kommentar
Hus A Pumpar	1,47	Pumpstopp för radsystem vid 17 grader. Även för pumpar gäller att energin till dessa har beräknats för hand.
Hus B Pumpar	0,42	
Hus C Pumpar	0,42	
Hus D Pumpar	5,64	
Hus E Pumpar	0,38	
Hus F Pumpar	1,84	

Internvärme

Hus A		Vardagar	Helger	Kommentar
		7.30-16.30	24 h	
Belysning W/m ²	Vinter	6,9	0	Baslasten i byggnaden är 0,8 W/m ² . Internvärme för personer samt belysning sätts till 0 W/m ² för juni juli samt augusti. *Sommar i BV ² motsvarar de varmaste dagarna på ett år, vilket i BV ² representerar 40 % av året och är därför inte detsamma som juni, juli och augusti.
	Sommar*	6,9	0	
Människor W/m ²	Vinter	5,6	0	
	Sommar*	5,6	0	
Maskiner W/m ²	Vinter	2,8	0,8	
	Sommar*	2,8	0,8	
Hus B		Vardagar	Helger	Kommentar
		14-17	24 h	
Belysning W/m ²	Vinter	8,3	0	Baslasten i byggnaden är 2,2 W/m ² . Internvärme för personer samt belysning sätts till 0 W/m ² för juni juli samt augusti. *Sommar i BV ² motsvarar de varmaste dagarna på ett år, vilket i BV ² representerar 40 % av året och är därför inte detsamma som juni, juli och augusti.
	Sommar*	8,3	0	
Människor W/m ²	Vinter	4,0	0	
	Sommar*	4,0	0	
Maskiner W/m ²	Vinter	4,7	2,2	
	Sommar*	4,7	2,2	
Hus C		Vardagar	Helger	Kommentar
		08-14.30	24 h	
Belysning W/m ²	Vinter	6,0	0	Baslasten i byggnaden är 0,3 W/m ² . Internvärme för personer samt belysning sätts till 0 W/m ² för juni juli samt augusti. *Sommar i BV ² motsvarar de varmaste dagarna på ett år, vilket i BV ² representerar 40 % av året och är därför inte detsamma som juni, juli och augusti.
	Sommar*	6,0	0	
Människor W/m ²	Vinter	5,6	0	
	Sommar*	5,6	0	
Maskiner W/m ²	Vinter	2,7	0,3	
	Sommar*	2,7	0,3	

Hus D		Vardagar 08-21	Helger 24 h	Kommentar
Belysning W/m ²	Vinter	6,0	0	Baslasten i byggnaden är 0,3 W/m ² . Internvärme för personer samt belysning sätts till 0 W/m ² för juni juli samt augusti. *Sommar i BV ² motsvarar de varmaste dagarna på ett år, vilket i BV ² representerar 40 % av året och är därför inte detsamma som juni, juli och augusti.
	Sommar*	6,0	0	
Människor W/m ²	Vinter	1,7	0	
	Sommar*	1,7	0	
Maskiner W/m ²	Vinter	1,4	0,3	
	Sommar*	1,4	0,3	
Hus E		Vardagar 7-15	Helger 24 h	Kommentar
Belysning W/m ²	Vinter	6,8	0	Baslasten i byggnaden är 1,4 W/m ² . Internvärme för personer samt belysning sätts till 0 W/m ² för juni juli samt augusti. *Sommar i BV ² motsvarar de varmaste dagarna på ett år, vilket i BV ² representerar 40 % av året och är därför inte detsamma som juni, juli och augusti.
	Sommar*	6,8	0	
Människor W/m ²	Vinter	4,5	0	
	Sommar*	4,5	0	
Maskiner W/m ²	Vinter	35,7	1,4	
	Sommar*	35,7	1,4	
Hus F		Vardagar 08-17	Helger 24 h	Kommentar
Belysning W/m ²	Vinter	7,9	0	Baslasten i byggnaden är 0,8 W/m ² . Internvärme för personer samt belysning sätts till 0 W/m ² för juni juli samt augusti. *Sommar i BV ² motsvarar de varmaste dagarna på ett år, vilket i BV ² representerar 40 % av året och är därför inte detsamma som juni, juli och augusti.
	Sommar*	7,9	0	
Människor W/m ²	Vinter	10,5	0	
	Sommar*	10,5	0	
Maskiner W/m ²	Vinter	3,9	0,8	
	Sommar*	3,9	0,8	

Varmvattenanvändning

Medelanvändningen av fjärrvärme för tre år (2011-2013) under juni, juli och augusti är **20 MWh/3 mån**. Det kan antas att den värme som använts under sommaren gått till uppvärmning av varmvatten och varmvattencirkulation. Kallvattenanvändningen under sommaren (juni-augusti) har i genomsnitt varit 70 m³/mån. En lämplig uppskattning är att 40 % av kallvattenanvändningen går till varmvatten, vilket betyder att varmvattenanvändningen i så fall är 28 m³/mån. enligt schablon åtgår 52 kWh/m³ kallvatten för att producera varmvatten. Detta ger ett värmebehov på **4,5 MWh/3 mån** (1,5 MWh/mån) för varmvattenproduktion. Detta innebär alltså att **4,5 MWh** går till varmvatten och resterande **15 MWh** går till varmvattencirkulation (inklusive förluster). Kallvatten övrig tid, alltså resterande 9 månader av året, är uppmätt till i medel **133 m³/mån**. Med samma antagande att varmvatten utgör 40 % av kallvattenanvändningen ger detta ett värmebehov på **25 MWh/9 månader**. För att ta reda på hur mycket som går till varmvattencirkulationen används samma förhållande som under sommaren. (15/3= 5 MWh/mån. För 9 månader blir vvc 45 MWh). Total energianvändning för tappvarmvatten och vvc (inklusive förluster) blir 25 MWh + 45 MWh = **70 MWh/9 mån**. Total energianvändning för tappvarmvatten och vvc (inklusive förluster) blir därmed 20 MWh + 70 MWh = 90 MWh. Total varmvattencirkulation (inklusive förluster) blir 45 MWh + 15 MWh = 60 MWh. Total tappvarmvattenanvändning blir 90 MWh – 60 MWh = 30 MWh.

Fördelningen mellan de sex byggnaderna är uppskattad enligt följande:

Hus A	Hus B	Hus C	Hus D	Hus E	Hus F
5 %	5 %	5 %	50 %	25 %	10 %

Ny referensnivå för hus B, C och D

De förändringar som gjorts i förhållande till ovanstående indata för att uppfylla dagens standard på inneklimatet ("Åtgärd 0") är enligt följande:

Hus B

För hus B bedömdes ventilationsflöden som icke tillräckliga för att uppfylla dagens standard. Enligt projekteringsritningar borde totalflödet vara ca 720 l/s, vilket är betydligt högre än vad OVK visar. Enligt uppgraderingen skall till- och frånluftsflödena ökas till projekterade nivåer.

"Åtgärd 0" har fokus på förbättring av inneklimatet och innebär att erforderliga utbyten/tillägg av komponenter görs så enkelt som möjligt utan att ta hänsyn till energieffektivitet. Det förutsatts att ökning av flödena kräver byte av tilluftsaggregat och byte av frånluftsfläkt med tillhörande byte av kanaler i aggregatrummet samt eventuell byte av shuntgrupp.

Energiberäkningar för nya referenslinjen baseras på följande: till- och frånluftsflöde 720 l/s, SFP värde 2,5 kW/(m³/s), tilluftstemperatur (+19 C) och drifttid (M-F 07-20) ändras inte.

Hus C

I hus C ändras indata i energiberäkningar genom att sätta in ett CAV-system (konstantflödessystem med till- och frånluft). Projekterade flöden 2.2/2.2 m³/s baseras på dimensionerat luftflöde för ett klassrum ca 245 l/s (32 personer per klassrum och area 60 kvm) och ett kapprum ca 45 l/s. Totalflödet blir ca 2 200 l/s (245 l/s * 8 klassrum + 45 l/s * 4 kapprum). Det har förutsatts att uppgradering av ventilationssystemet inte berör kemisalen och tillhörande kapprum eftersom där finns idag redan ett FTX system.

Fokus med "Åtgärd 0" ligger på förbättring av inneklimatet och tar inte direkt hänsyn till energieffektivitet, men enligt dagens teknik är det enklaste alternativet för dagens frånluftssystem i Hus C från- och tilluftssystem bestående av ett enhetsaggregat med inbyggd värmeåtervinning. Därför har värmeåtervinning räknats med i basfallet i Hus C. Uppskattad temperaturverkningsgrad för värmeåtervinning är 75 %. Drifttiden på ventilationen är 07.00-17.00 M-F och fläktarna ger ett SFP värde på 2,0 kW/(m³/s). Med FTX system minskas också ventilationsförluster via infiltration. Uppskattad minskning av infiltration är ca 25 %, från 0,4 oms/h till 0,3 oms/h.

Hus D

I hus D liknande hus C ansätts ett CAV-system (konstantflödessystem med till- och frånluft) som basfall för uppgradering. Projekterade flöden för systemet är ca 5.0/5.0 m³/s. Dimensionerat luftflöde för ett klassrum är ca 245 l/s (32 personer per klassrum och area 60 kvm) och totalt ökas luftflödena i 7 klassrum (rum 130, 131, 132, 136, 221, 222, 223), i ett grupprum (rum 127) och i bibliotek (rum 218) och två lärarrum/mötesrum (rum 117, 206/207). I övriga rum förutsatts att luftflödena blir samma som dagens projekterade. Fokus med "Åtgärd 0" ligger på förbättring av inneklimatet och tar inte direkt hänsyn till energieffektivitet, men enligt dagens teknik är det enklaste alternativet för dagens frånluftssystem i hus C från- och tilluftssystem bestående av ett enhetsaggregat med inbyggd värmeåtervinning. Därför har värmeåtervinning räknats med i basfallet i hus D. Uppskattad temperaturverkningsgrad för värmeåtervinning är 75 %. Drifttiden på ventilationen är 06.00-18.00 M-F och fläktarna ger ett SFP värde på 2,0 kW/(m³/s).

Med FTX system minskas också ventilationsförluster via infiltration. Uppskattad minskning av infiltration är ca 20 %, från 0,3 oms/h till 0,25 oms/h.

Bilaga 2. Åtgärd 0. Uppgradering av dagens ventilationssystem i Hus B, C och D

”Åtgärd 0” i hus B

I hus B behöver ventilationsflöden ökas jämfört med det som står i OVK. Enligt ”Åtgärd 0” skall till- och frånluftsflödena ökas till projekterade nivåer. Det förutsatts att det behövs byte av tilluftsaggregat och byte av frånluftsfläkt med tillhörande byte av kanaler i aggregatrummet samt eventuell byte av shuntgrupp. Kanaler och don på rumsnivå skall inte bytas men luftflödena till varje allrum, lektrum, dagrum, etc. skall ses över och justeras vid behov. Nytt FT system har max flöde 0.72/0.72 m³/s, SFP värde 2.0 kW/(m³/s) och en temperaturverkningsgrad på 75 % vid max flöde.

Investeringskostnad

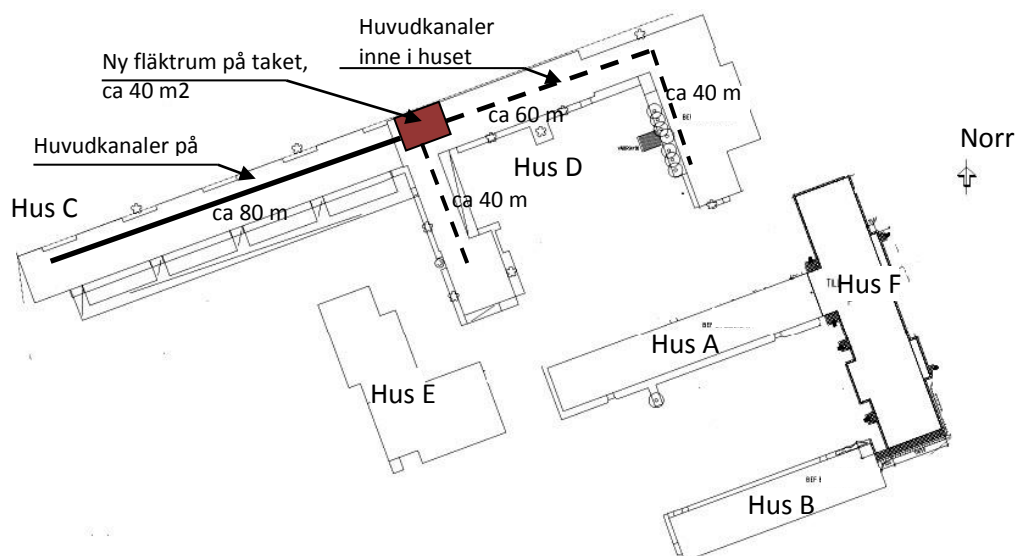
Investeringskostnader för ombyggnation av ventilationssystem i Hus B uppskattas till 516 kSEK. Kostnader inkluderar installation av ett större tilluftsaggregat och större frånluftsfläkt, kanalarbete i fläktrummet, ny shuntgrupp, el, styr och regler, injustering, demontering och byggkostnader. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (25 %) har tagits med.

”Åtgärd 0” i hus C

Hus C har frånluftssystem i de flesta klassrum (förutom kemisal). Med en sådan systemlösning finns det en begränsning avseende hur mycket kall luft som kan dras in via uteluftsspalter utan risk för drag i rummet. För att förbättra inneklimatet i klassrum i hus C behövs byte av frånluftssystem till från- och tilluftssystem. Enligt åtgärden skall befintligt frånluftssystem i hus C bytas till ett till- och frånluftssystem med konstantflöde i klassrum (konstantflödessystem).

Fokus med ”Åtgärd 0” ligger på förbättring av inneklimatet och tar inte direkt hänsyn till energieffektivitet, men enligt dagens teknik är det enklaste alternativet för dagens frånluftssystem i hus C från- och tilluftssystem bestående av ett enhetsaggregat med inbyggd värmeåtervinning. Ett enhetsaggregat med roterande värmeväxlare och tryckstyrda fläktar skall därför installeras. Nytt FTX system har max flöde 2.2/2.2m³/s, SFP värde 2.0 kW/(m³/s) och en temperaturverkningsgrad på 75 % vid max flöde. Beräkningar baseras på dimensionerat luftflöde för ett klassrum ca 245 l/s (32 personer per klassrum och area 60 kvm). Åtgärden berör inte kemisal i hus C som idag försörjs av separata FTX aggregat.

Vid byte till ett till- och frånluftssystem behövs installation av nytt kanalsystem med till- och frånluftsdon på rumsnivå. Eftersom det inte finns ett fläktrum idag i hus C och det inte finns plats för att bygga ett fläktrum i hus C har det därför förutsatts att det är möjligt att bygga ett fläktrum på taket i hus D. Rekommenderad placering visas i figuren nedan. Det rekommenderas att isolerade huvudkanaler installeras på taket i hus C och grenkanaler dras in till varje klassrum via taket. Exakt systemutformning, val av komponenter och styrparametrar ska göras vid projekteringen.



Investeringskostnad

Investeringskostnaden för byte av ventilationssystem i hus C uppskattas till 2 352 kSEK. Kostnader inkluderar installation av ett enhetsaggregat med roterande värmeväxlare på taket i nybyggd flätrum i hus D, kanalarbete i fläktrummet, ny shuntgrupp och rördragning från undercentral, kanaldragning på taket i hus C, installation av till- och frånluft på rumsnivå (totalt ca 20 rum varav 8 klassrum, 4 kapprum), el, styr och regler, injustering, demontering och byggkostnader. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (25 %) har tagits med. Ekonomisk livslängd för investeringen uppskattas till 20 år.

"Åtgärd 0" i hus D

För att förbättra inneklimatet i klassrum i hus D och även administrativa delen i hus D behövs byte av frånluftssystem till från- och tilluftssystem. Enligt åtgärden skall befintliga frånluftssystem i D bytas till ett till- och frånluftssystem med konstantflöde på rumsnivå (konstantflödessystem). Fokus med "Åtgärd 0" ligger på förbättring av inneklimatet och tar inte direkt hänsyn till energieffektivitet, men enligt dagens teknik är det enklaste alternativet för dagens frånluftssystem i hus D från- och tilluftssystem bestående av ett enhetsaggregat med inbyggd värmeåtervinning. Därför ett enhetsaggregat med roterande värmeväxlare och tryckstyrda fläktar skall installeras och skall försörja klassrum, kontor, omklädningsrum och biareor i hus D. Nytt FTX system har max flöde 5.0/5.0 m³/s, SFP värde 2.0 kW/(m³/s) och en temperaturverkningsgrad på 75 % vid max flöde. Beräkningar baseras på dimensionerat luftflöde för ett klassrum ca 245 l/s (32 personer per klassrum och area 60 kvm). Vid byte till ett till- och frånluftssystem behövs installation av nytt kanalsystem med till- och frånluftsdon på rumsnivå. Eftersom det inte finns plats för att installera ett centralt aggregat i D, förutsatts att det är möjligt att bygga ett flätrum på taket i hus D. Rekommenderad placering visades i figuren ovan. Exakt systemutformning, val av komponenter och styrparametrar ska göras vid projekteringen.

Investeringskostnad

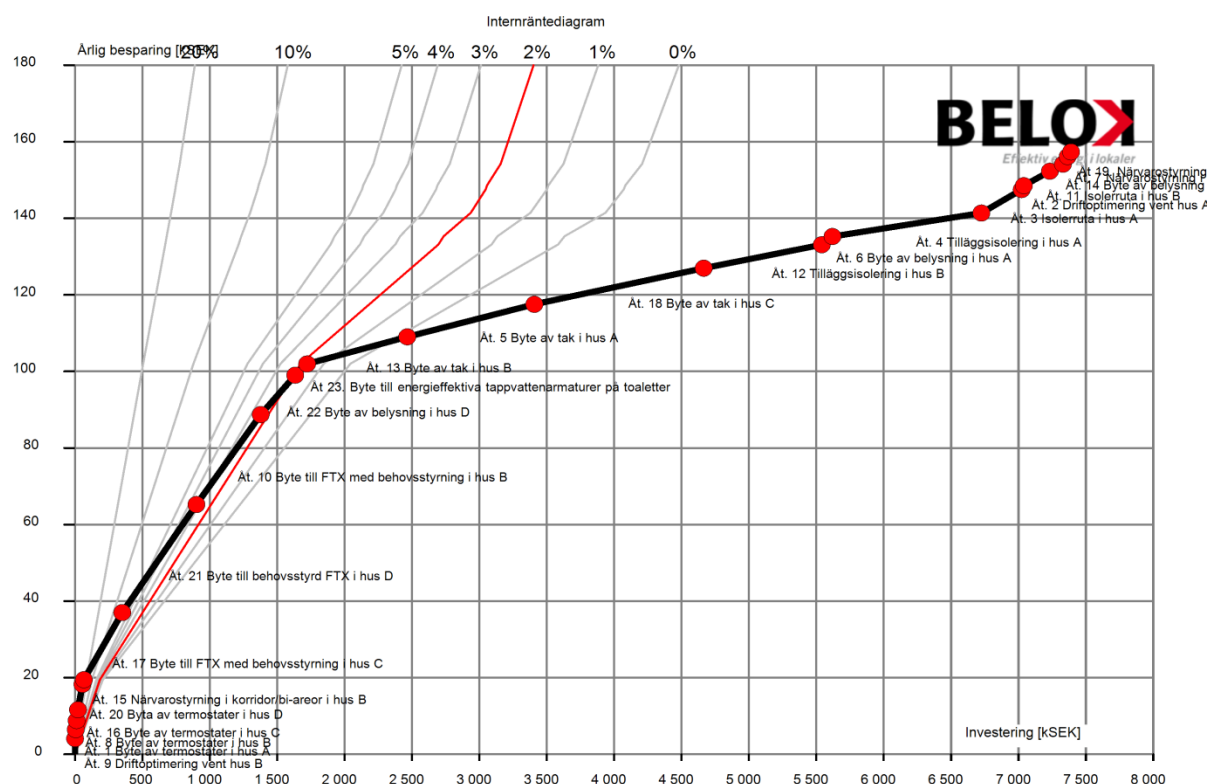
Investeringskostnaden för byte av ventilationssystem i Hus D uppskattas till 3 732 kSEK. Kostnader inkluderar installation av ett enhetsaggregat med roterande värmeväxlare på taket i ett nybyggd flätrum, kanalarbete i fläktrummet, ny shuntgrupp och rördragning från undercentral, kanaldragning och installation av till- och frånluft på rumsnivå, el, styr och regler, injustering, demontering och byggkostnader. Påslag för byggherrekostnader inklusive projektering (18 %) har tagits med. Beräknad investeringskostnad för demontering och bygg har större osäkerhet och beror på hur det nya fläktrummet skall placeras och byggas. Ekonomisk livslängd för investeringen uppskattas till 20 år.

Bilaga 3. Sammanställning av alla åtgärder

Åtgärds paket om alla identifierade åtgärder genomförs

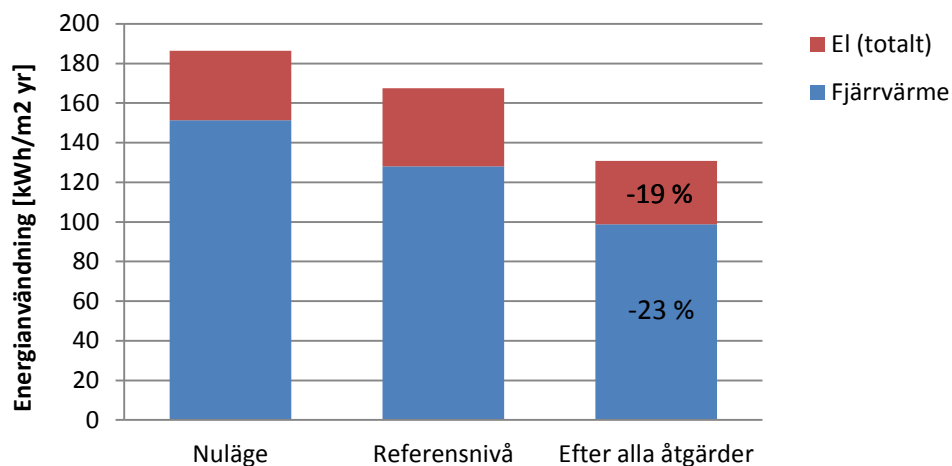
Beräknas total kostnadsbesparing	158 kSEK/år
Beräknad energiinvesteringskostnad	7 390 kSEK
Internränta för åtgärds paketet	-3.1 %
Beräknad energibesparing – fjärrvärme	158 MWh/år
Beräknad energibesparing - el	40 MWh/år

Lönsamheten för åtgärds paketet och energibesparingspotentialen med alla identifierade åtgärder visas i figur B3.1 och B3.2.



Figur B3.1 Lönsamheten för åtgärds paketet med alla identifierade åtgärder. Lönsamhetskravet är 2 % och energipriserna antas stiga med 2 % årligen utöver inflationen. Internräntan för åtgärds paketet med alla åtgärder är -3,0 %.

Fastighetens totala energianvändning före och efter alla åtgärder



Figur B3.2 Energianvändningen före och efter alla identifierade åtgärder. Som referensvärde för energibesparing har den beräknade energianvändningen för fastighetens referensnivå använts.

Med åtgärdspaketet med alla samtliga åtgärder kan värmebehovet minskas med ca 23 % och den totala elanvändningen med ca 19 % jämfört med referensnivån. Åtgärdspaketet med alla åtgärder förbättrar energiprestanda från referensnivåns 167 kWh/m² till 131 kWh/m² år, inklusive verksamhetsel och 109 kWh/m² år, exklusive verksamhetsel.

Tabell B3.1 Sammanställning av alla identifierade åtgärder på Segevångsskolan.

Åtgärd nr	Åtgärdsbeskrivning	Värme- besparing	Värmeeffek- t besparing	Värme- besparing	El- besparing	Eleffekt besparing	El- besparing	Övrig besparing	Total besparing	Investering	Kalkyltid	Intern- ränta
		MWh/år	kW	kk/år	MWh/år	kW	kk/år	kk/år	kk/år	kSEK	År	%
9	Driftoptimering av ventilation i Hus B	7	0,0	3	1	0	1	0	4	0	10	
1	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus A	4	0,5	2	0	0	0	0	2	5	10	50%
8	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus B	4	0,5	2	0	0	0	0	2	6	10	39%
16	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus C	5	0,5	3	0	0	0	0	3	10	10	29%
20	Byte/tillägg av radiatortermostater och injustering av värmesystem i Hus D	12	1	7	0	0	0	0	7	34	10	16%
15	Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i Hus B	0	0,0	0	1	1	1	0	1	11	10	3%
17	Byte till behovstyrd FTX system i Hus C	10	7	11	8	0	6	0	18	285	20	3%
21	Byte till behovstyrd FTX system i Hus D	18	11	19	12	0,0	9	0	28	550	20	2%
10	Byte till FTX ventilation med behovstyrning i Hus B	21	12	21	3	0	2	0	23	477	20	1%
22	Byte av belysning i Hus D	0	0	0	8	4,5	10	1	11	255	20	-2%
23	Byte till energieffektiva tappvattenarmaturer i toaletter	4	0	2	0	0	0	1	3	88	20	-3%
13	Byte av tak i Hus B	11	2	7	0	0	0	0	7	743	40	-4%
5	Byte av tak i Hus A	14	2	8	0	0	0	0	8	943	40	-4%
12	Tilläggsisolering av fasad i Hus B	9	2	6	0	0	0	0	6	876	40	-5%
18	Byte av tak i Hus C	14	3	9	0	0	0	0	9	1257	40	-5%
4	Tilläggsisolering av fasad i Hus A	9	2	6	0	0	0	0	6	1105	40	-6%
6	Byte av belysning i klassrum, grupprum och allrum i Hus A	0	0	0	2	1	2	0	2	79	20	-6%
11	Komplettering av fönster med isolerruta i Hus B	6	1	4	0	0	0	0	4	193	20	-7%
3	Komplettering av fönster med isolerruta i Hus A	9	2	6	0	0	0	0	6	299	20	-7%
14	Byte av belysning i Hus B	0	0	0	1	1	2	0	2	97	20	-7%
2	Driftoptimering av ventilation i Hus A	1	0	0	1	0	1	0	1	16	10	-7%
7	Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i Hus A	0	0	0	2	1	2	0	2	35	10	-9%
19	Närvarostyrning av belysning i korridorer och bi- areor i Hus C	0	0	0	1	1	1	0,0	1	25	10	-14%
	Totalt	157,5	45,7	118	40	7,5	38	2	158	7390		

Bilaga 4. Inomhusklimatutredning

Rumstemperaturmätningar

Vid första besökstillfället på skolan, den 19 september, sattes ett antal TinyTags upp i de olika byggnaderna på skolan för att mäta inomhustemperaturen. Totalt sattes sju TinyTags upp, en i matsalen, en i gymnastikhallen, en i bildsalen i hus D, en i ett klassrum i hus C, en i ett klassrum i hus A, en i pingisrummet i hus B samt en i en förskoleklass i hus F. Givaren som var placerad i gymnastikhallen försvann dessvärre under mätperioden, varför inga resultat finns för detta utrymme. Resultatet för detta syns i tabell 1.

Tabell B4.1 Rumstemperaturer i olika rum under mätperiod 2014-09-19 till 2014-10-10.

Rum	Medel temp [°C]	Max temp [°C]	Min temp [°C]
klassrum hus A	21,4	28,5	18,5
pingisrum hus B	21,3	30,4	18,7
klassrum hus C	21,8	28,1	19,7
klassrum hus D	22,7	27,5	21,3
matsal hus E	22,4	27,6	20,3
förskoleklass hus F	20,5	26,6	19,3

Den högsta temperaturen uppmättes i pingisrummet i hus B till 30,4 grader. Den högsta maxtemperaturen låg inte under 26,5 grader i något av de kontrollerade rummen. Lägst temperatur under mätperioden uppmättes även den i pingisrummet (18,7 °C).

Medeltemperaturen i rummen/salarna låg på ca 21,5 grader, sett över hela dygnet, under mätperioden. Medeltemperaturen utomhus under mätperioden var ca 14 grader. Detta innebär att det inte fanns något stort uppvärmningsbehov (pumpstopp är satt till 17 grader).

Under besiktningen den 2014-12-08 mättes momentana temperaturer upp i några delar av skolan. I hus B uppmättes en temperatur på 19,4 grader i korridoren och i hus D på andra våningen (lärarutrymme) uppmättes 19,3 grader.

Medeltemperaturen utomhus under mätperioden (2014-09-19 till 2014-10-10) var ca 14 grader. Detta innebär att det inte fanns något stort uppvärmningsbehov (pumpstopp är satt till 17 grader). Den högsta registrerade temperaturen under mätperioden var 30,5 grader, en temperatur som uppmättes i pingisrummet i hus B. Den högsta maxtemperaturen låg inte under 26,5 grader i någon utav de kontrollerade rummen. Lägst temperatur under mätperioden uppmättes även den i pingisrummet (18,7 °C). Medeltemperaturen i rummen/salarna låg på ca 21,5 grader, sett över hela dygnet, under mätperioden.

Under den andra besiktningen 2014-12-08 mättes momentana temperaturer upp i några delar. I hus B uppmättes en temperatur på 19,4 grader i korridoren och i hus D på andra våningen (lärarutrymme) uppmättes 19,3 grader.

Koldioxidmätningar

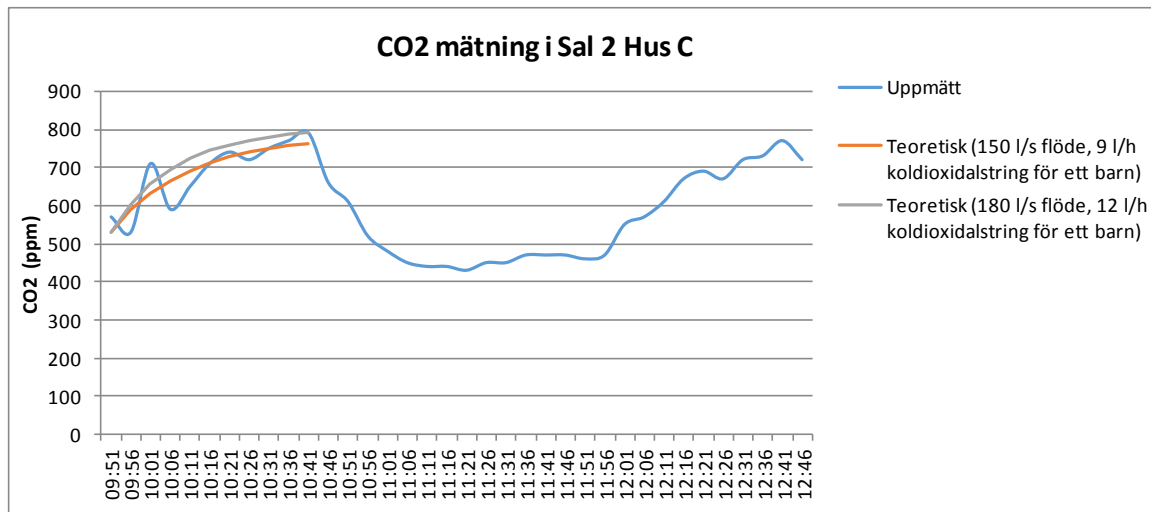
Koldioxidmätningar genomfördes i två klassrum: ett klassrum i hus C och ett klassrum i hus D. Dörrar och fönster var stängda under lektionstiden. Koldioxidhalten i luften används oftast som indikator för bioföroreningar (gaser) som kommer från människor och som påverkar luftkvaliteten inomhus.

Klassrum i hus C

Klassrummet i hus C hade 19 personer i rummet: 17 barn och 2 lärare. Koldioxidmätningen gjordes under två lektionsperioder: första lektionen pågick mellan 9:40 och 10:40 och andra

lektionen mellan 11:40 och 12:50. Barnen hade lunchrast mellan lektionerna och var då rummet tomt.

Resultatet av mätningarna visas i Figur 3.2. Koldioxidhalter i klassrummet i hus C visade sig inte överskrida rekommenderade nivåer och luftflödena verkar vara på rimliga nivåer. Den högsta halten som uppmättes under tiden var 790 ppm. Teoretiska beräkningar visar att uppskattat luftflöde i rummet under mätperioden var ca 150-180 l/s, vilket motsvarar ca 3-4 oms/timme och ca 7-10 l/s per person. Beräkningar baseras på förutsättningar att koldioxidhalstring för ett barn är ca 9 -12 l/h och för en vuxen 19 l/h. Klassrummets area är 63 m² och rumsvolym 176 m³.



Figur B4.1 Mätning av koldioxidkoncentration i ett klassrum i hus C. I klassrummet vistades 17 elever och 2 lärare. Figuren visar uppmätta värdena jämfört med teoretiska värden.

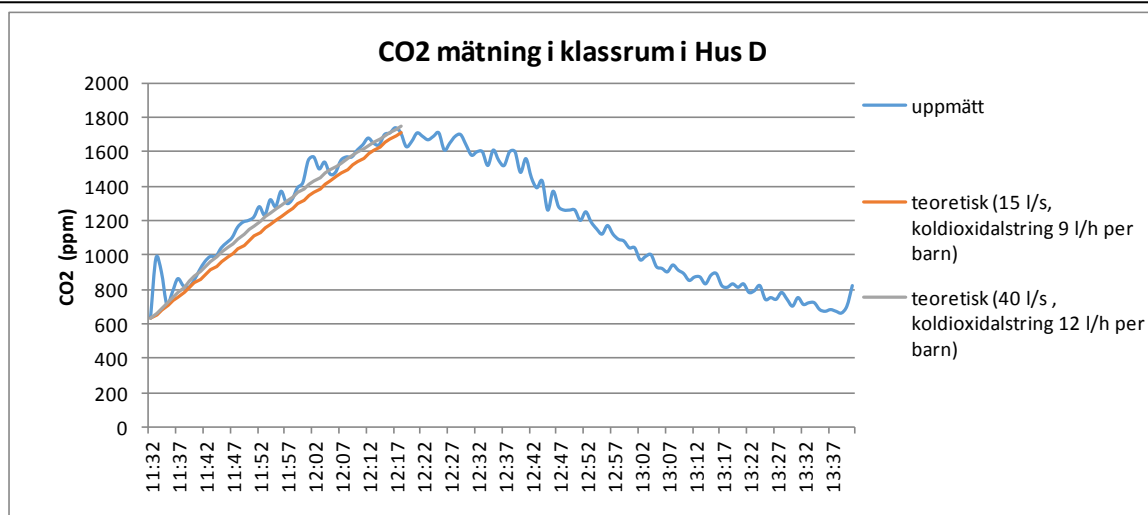
Klassrum i hus C försörjs av frånluftsystem. Det finns ett frånluftsfäkt i varje klassrum. Det senaste OVK protokollet visar att det projekterade flödet per fläkt är ca 220-300 l/s. Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift borde luftflödet vara 0,35 l/s,m² plus 7 l/s per person, vilket sammanlagt skulle ge det totala flödet för ett ca 60 m² stort klassrum med 17 barn och 2 lärare på ca 155 l/s.

Klassrum i hus D

Klassrummet i hus D hade 30 personer i rummet:28 barn (klass 4-5) och 2 lärare. Lektionen pågick i ungefär 1 timme efter det att mätningen påbörjades. Alla fönster och dörrar var stängda under mätningen. Resultatet från mätningen visas i Figur 2. Enligt figuren överstiger CO₂-koncentration 1000 ppm under mätperioden. Den högsta halten mätt under mätperioden var 1740 ppm.

Luftkvalitetsundersökningar tyder på att luftflödena i klassrum i hus D är för låga för att hålla luftkvalitetskraven 1000 ppm CO₂. Personalen nämnde också att luften i klassrummen snabbt upplevs instängd efter det att lektionen börjat och dörren mot korridoren och fönster måste oftast hållas öppna för vädring.

Teoretiska beräkningar visar att uppskattat luftflöde i rummet under mätperioden var ca 15-40 l/s, vilket motsvarar ca 0,3-0,8 oms/timme och ca 0,5-1,0 l/s per person. Beräkningar baseras på förutsättningar att koldioxidhalstring för ett barn är ca 9 - 12 l/h och för en vuxen 19 l/h. Klassrummets area är ca 60 m² och rumsvolym 190 m³.



Figur B4.1 Mätning av koldioxidkoncentration i ett klassrum i hus D. I klassrummet vistades 28 elever och 2 lärare. Figuren visar uppmätta värdena jämfört med teoretiska värden.

Det senaste OVK protokollet visar ingen information om att luftflödesmätningar har genomförts i klassrum eller andra rum. Projekterat flöde för klassrummet är 110 l/s, med ett frånluftssystem. Enligt Arbetsmiljöverkets föreskrift borde luftflödet vara 0,35 l/s,m² plus 7 l/s per person, vilket sammanlagt skulle ge det totala flödet för ett 63 m² stort klassrum med 30 barn och 2 lärare på ca 245 l/s.