



CHALMERS



Teknisk och ekonomisk utvärdering av värmelagringsystemet ASES

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet samhällsbyggnadsteknik

DENNIS LIND
ANTON LINDEROTH

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Teknisk och ekonomisk utvärdering av
värmelagringsystemet ASES

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

Dennis Lind
Anton Linderoth

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för installationsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2024

Teknisk och ekonomisk utvärdering av värmelagringsystemet ASES

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

DENNIS LIND

ANTON LINDEROTH

© DENNIS LIND & ANTON LINDEROTH 2024

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2024

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2024

Teknisk och ekonomisk utvärdering av värmelagringssystemet ASES

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

DENNIS LIND

ANTON LINDEROTH

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Uppvärmning av byggnader står idag för majoriteten av bygg- och fastighetssektorns energianvändning i Sverige. Med nya miljömål och kravställningar vill aktörer inom byggbranschen minska på denna energianvändning, och det letas ständigt efter nya metoder och tekniker för att energieffektivisera uppvärmningen. En av dessa tekniker är värmelagringssystemet Active solar energy storage (ASES), som säsongslagrar överskottsvärme från byggnadens solvärmesystem för senare användning när behovet är som störst. Värmen lagras i ett stenmjölslager under byggnaden via PEX-slangar som är kopplade till solfångare på byggnadens tak.

Syftet med detta arbete är att göra teknisk och ekonomisk utvärdering av en befintlig byggnad som använder ASES-systemet. Systemet ska jämföras med konventionella värmesystem för att fastställa lönsamheten ekonomiskt likvärd som energibesparingar av systemet.

Arbetet har utförts i tre steg. Inledningsvis sammanställdes och normalårskorrigerades fastighetens dokumenterade energianvändning. Därefter gjordes en överslagsmässig energibalansberäkning som användes för att få fram byggnadens basala uppvärmningsbehov. Resultatet från energibalansberäkningen användes senare för att få fram hur mycket inköpt el som krävs för att driva byggnaden med ASES, bergvärme respektive fjärrvärme. Slutligen gjordes en ekonomiberäkning som skulle visa återbetalningstiden för ASES-systemet.

Resultaten visar att den dokumenterade energianvändningen för uppvärmning, komfortkylla, tappvarmvatten och fastighetsel har varierat mellan 31–45 kWh/m² under de senaste åren. Energiberäkningarna visar att ASES-systemet använder sig av 9 kWh/m² för uppvärmning och varmvatten medan ett konventionellt bergvärmesystem hade behövt 17 kWh/m². Återbetalningstiden för ASES har fastställts till 26 år i jämförelse med bergvärme och 11–15 år i jämförelse med fjärrvärme.

Nyckelord: Värmelagring, solenergi, solfångare, säsongslagring, energisystem, förnyelsebar energi

Technical and economic evaluation of the thermal energy storage system ASES

Degree Project in the Engineering Programme

Civil and Environmental Engineering

DENNIS LIND

ANTON LINDEROTH

Department of Architecture and Civil Engineering

Building services engineering

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

Heating of buildings accounts for most of the energy usage within the construction and real estate sector in Sweden. With new environmental goals and requirements, stakeholders within the construction industry aim to reduce this energy consumption, constantly seeking new methods and technologies to improve heating efficiency. One of these technologies is the Active solar energy storage system (ASES), which stores surplus energy from the building's solar heating system for later use when the heating demand is higher. Heat is stored in a layer of stone dust beneath the building via PEX pipes connected to solar collectors on the building's roof.

The aim of this study is to conduct a technical and economical evaluation of an existing property utilizing the ASES system. This will involve comparing the system with conventional heating systems to determine its profitability.

The work has been carried out in three main steps. Firstly, the documented energy usage of the property was compiled and adjusted for typical year conditions. Following that, an energy balance calculation was done to establish the building's basic heating requirements. The results from the energy balance calculation were later utilized to ascertain the amount of purchased electricity needed to operate the building with ASES, geothermal, and district heating systems. Finally, an economic analysis was conducted to determine the payback period for the ASES system.

The result of the study shows that the energy usage for heating, cooling, domestic hot water and building electricity has ranged between 31-45 kWh/m² in recent years. The energy calculations indicate that the ASES system of the studied building utilizes 9 kWh/m² for heating and hot water, whereas a conventional geothermal system would have required 17 kWh/m². Furthermore, the payback period for ASES has been established at 26 years compared to geothermal and 11-15 years compared to district heating.

Key words: Solar energy, thermal energy storage, seasonal storage, energy systems, renewable energy, solar collectors

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	2
1.3 Frågeställning	2
1.4 Avgränsningar	2
1.5 Metod	2
Studiebesök	3
Litteraturstudie	3
Energi- och kostnadsanalyser	3
2 TEORI	4
2.1 Om ASES	4
Solfångare	5
Ackumulatortank	5
Markvärmelager	6
Bergvärmepump	7
2.2 Energianvändning och primärenergital	9
2.3 Bergvärme	10
2.4 Fjärrvärme	10
3 BERÄKNINGAR	12
3.1 Referensobjektet Fredriks yrkesgymnasium	12
3.2 Dokumenterad energianvändning	13
3.3 Energibalansberäkning för skolan	13
Värmeförluster	14
Värmetillskott	15
Värmelagrets kapacitet	16
3.4 Bergvärmepumparnas energianvändning	16

3.5	Ekonomiberäkningar	17
	Investeringskostnad	17
	Årlig kostnad	18
4	RESULTAT	19
4.1	Sammanställning av energidokumentation	19
4.2	Resultat från energibalansberäkningen	19
4.3	Jämförelse	20
	Energi	21
	Kostnadsberäkning	21
5	DISKUSSION	24
5.1	Fredriks yrkesgymnasium	24
5.2	Jämförelse mellan systemen	24
5.3	Framtidens energisystem	25
5.4	Felkällor	26
5.5	Förslag till vidare studier	26
6	SLUTSATS	27
7	APPENDIX	32
7.1	Sveby brukarindata för gymnasieskolor	32
7.2	Planritningar Fredriks yrkesgymnasium	33
7.3	Energideklaration Fredriks yrkesgymnasium	34
7.4	Energianvändning Fredriks yrkesgymnasium	43
7.5	Sammanställning energibehov, överskottsenergi och energi från solfångare	43
7.6	ASES COP och COP _C	44
7.7	Bergvärme COP och COP _C	44
7.8	COP för hela system, ASES och Bergvärme	44

Förord

Detta examensarbete utgör 15 högskolepoäng och är ett avslutande moment för högskoleingenjörsprogramet i samhällsbyggnadsteknik på Chalmers tekniska högskola. Arbetet har skrivits mellan januari till och med maj 2024. Idén till examensarbetet föreslogs av Tomas Utterhall från Norconsult.

Vi vill tacka våra handledare och examinatorer Anders Trüschel och Torbjörn Lindholm från Chalmers som bidragit med givande diskussioner och synpunkter kring ett system som är nytt såväl för dem som för oss. Därutöver vill vi rikta ett stort tack till vår externa handledare Torbjörn Falk på Norconsult som varit behjälplig under hela arbetet. Vi vill även tacka Norconsult som företag för att ha fått tillgång till deras lokaler. Vidare tackas Kaj Nilsson från Tornberget och Jan-Erik Eskilsby som möjliggjorde platsbesöket i Haninge. Till sist vill vi tacka övriga konsulter, rådgivare och experter som på ett eller annat sätt varit till hjälp under arbetets gång.

Göteborg, juni 2024

Dennis Lind
Anton Linderöth

Beteckningar

A_{temp}	Uppvärmd golvarea	[m ²]
BBR	Boverkets byggregler	
COP	Coefficient of performance	[-]
COP _{Carnot}	Carnot Coefficient of performance	[-]
C_p	Specifik värmelagringskapacitet	[$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$]
EP_{pet}	Byggnadens primärenergital	[$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2\cdot\text{år}}$]
$E_{uppv,i}$	Energi till uppvärmning	[kWh/år]
$E_{kyl,i}$	Energi till komfortkyla	[kWh/år]
$E_{tvv,i}$	Energi till tappvärme	[kWh/år]
$E_{f,i}$	Byggnadens fastighetsenergi	[kWh/år]
F_{geo}	Geografisk justeringsfaktor	[-]
m	Totala massan av materialet	[kg]
Q	Mängd energi lagrad i materialet	[kJ]
T_1	Temperaturen hos materialet efter uppladdningsfasen	[°C]
T_2	Temperaturen hos materialet innan uppladdningsfasen	[°C]
T_K	Temperatur på kondensorsidan	[K]
T_F	Temperatur på förångarsidan	[K]
U-värde	Värmegenomgångskoefficient	[$\frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$]
VF_i	Viktningsfaktor	[-]
V	Volym	[m ³]
\dot{V}_{vent}	Ventilationsluftflöde	[m ³ /s]
ρ	Densitet	[kg/m ³]

1 Inledning

Energipriserna har stigit markant under de senaste åren, vilket medför att det nu finns ett behov av nya metoder och tekniker för att energieffektivisera byggnader. I denna rapport kommer Norconsults patenterade värmelagringsystem Active Solar Energy Storage (ASES) behandlas. Med ASES lagras överproducerad solenergi från sommarhalvåret i ett marklager som är förlagt under eller bredvid en byggnad. Det resulterar i att byggnaden inte kräver lika mycket inköpt energi som i sin tur minskar kostnader för energin.

1.1 Bakgrund

Bygg- och fastighetssektorn utgjorde 34 procent av Sveriges totala energianvändning 2021 (Boverket, 2024a). Samma år uppgick bygg- och fastighetssektorns energianvändning för uppvärmning av byggnader till 73 procent, och har haft en liknande fördelning de senaste 15 åren (Boverket, 2024a). Samtidigt har EU satt upp mål om att minska energianvändningen med 32,5 procent innan år 2030 (Energimyndigheten, 2023). Aktörer inom bygg- och fastighetssektorn är överens om att byggnader behöver energieffektiviseras ytterligare för att nå dessa mål. Samtidigt behövs det ses över möjligheterna att utveckla användningen av förnybara energikällor.

Ofta delas energikällor in i två huvudgrupper, förnybara och icke förnybara energikällor (Naturskyddsföreningen, 2023). Förnybara energikällor är de som antingen fylls på snabbt eller inte tar slut. En icke förnybar energikälla har en bestämd mängd och förnyas inte, alternativt tar lång tid att förnyas. Idag finns det flera olika miljömål med hänsyn till förnybar energi såsom att Sverige ska vara fossilfritt 2040 och redan år 2030 ska användningen av fossila bränslen vara halverade (Regeringen, u.å.). Utöver energimålen så har det även skett en förändring på energimarknaden där rekordpriser för energipriser har uppnåtts de senaste åren (Europeiska rådet, 2024). Därav finns det ett större behov av att försöka hålla nere energianvändningen genom att använda sig av mer energieffektiva system.

Solenergi kan användas för att utvinna el såväl som värme, och är betraktad som en av de mest hållbara energikällorna eftersom den är förnyelsebar med låg miljöpåverkan. Ett problem som uppkommer i samband med att använda solenergi till uppvärmning av byggnader är att solen lyser som mest under sommarhalvåret då värmebehovet är som minst. Detta medför att fastigheter som använder solenergi till uppvärmning behöver ha tillgång till alternativa energikällor för att täcka upp värmebehovet. Eftersom värmebehovet är högre under kallare perioder då soltimmarna är färre blir det en utmaning att utnyttja solens potential fullt ut.

En möjlig lösning till detta problem är att lagra den överproducerade solenergin från sommaren till vintern. Norconsults patenterade värmelagringsystem ASES använder

denna metod. Namnet är akronym för ”Active Solar Energy Storage” och innebär att överskottsvärme från en byggnad säsongslagras i ett markvärmelager under byggnaden. Överskottsvärmen hämtas då huvudsakligen från solfångare som är placerade på husets tak. Syftet med systemet är att utöka användningen av solenergi samtidigt som byggnadens totala energianvändning minskar. Detta går då i linje med EU:s uppsatta mål som beskrivits ovan.

1.2 Syfte

ASES är ett förhållandevis nytt system som hittills använts i en ganska liten skala. Därav är Norconsult nu nyfikna på att se fördelarna med att använda denna typ av system. Syftet med examensarbetet är att studera lönsamheten av ASES-systemet med avseende på energianvändning och ekonomi. Rent konkret innebär detta att undersöka hur stor energibesparingen blir med ASES-systemet jämfört med berg- och fjärrvärmesystem. Vidare ska det undersökas om en investering i ett ASES-system är ekonomiskt fördelaktigt över tid.

1.3 Frågeställning

Nedan presenteras de frågeställningar som rapporten kommer behandla.

- Hur stor är befintliga ASES-systems energianvändning?
- Hur stor blir energibesparingen med ett ASES-system i jämförelse med konventionella värmesystem?
- Vad är återbetalningstiden för ett ASES-system?

1.4 Avgränsningar

Den energimässiga utvärderingen av systemet kommer endast omfatta användningsskedet, det vill säga under tiden byggnaden är i drift. Byggskede och slutskede utelämnas för detta arbete. I rapporten kommer enbart några värmesystem jämföras och dessa är ASES, konventionell bergvärme och fjärrvärme.

1.5 Metod

Examensarbetet har gått ut på att följa upp energianvändningen för en befintlig byggnad som använder sig av ASES-systemet. Byggnaden som studerats är Fredriks yrkesgymnasium i Haninge. Arbetet har bestått av följande delar; studiebesök, litteraturstudie samt energi- och kostnadsanalyser. För att studera lönsamheten av systemet var utgångspunkten att jämföra energilagringssystemet med alternativa värmesystem, och i detta arbete har det fokuserats på bergvärme och fjärrvärme. Genom att sammanställa resultaten från energi- och kostnadsberäkningar kunde ASES-systemet jämföras med dessa system.

Studiebesök

I början av projektet genomfördes ett studiebesök hos en befintlig byggnad som använder ASES. Detta gjordes för att få en förstahandsinsikt i ASES-systemet och dess ingående delar. Studiebesöket ägde rum på Fredriks yrkesgymnasium i Haninge och leddes av Kaj Nilsson från Tornberget som förvaltar fastigheten. Även Jan-Erik Eskilsby som grundade ASES-systemet var närvarande. Studiebesöket bidrog till en djupare förståelse för ASES-systemets uppbyggnad och funktion och markerade även en viktig startpunkt för projektet.

Litteraturstudie

Denna del av examensarbetet syftade till att skapa en bild av hur ASES-systemet fungerar, identifiera fördelar och nackdelar med ASES-systemet, bergvärme respektive fjärrvärme. I litteraturstudien granskades vetenskapliga artiklar, rapporter och andra studier gjorda inom området. Dessutom ingick att gå igenom dokument kring den studerade fastigheten och ASES som tillhandahölls av Norconsult.

Energi- och kostnadsanalyser

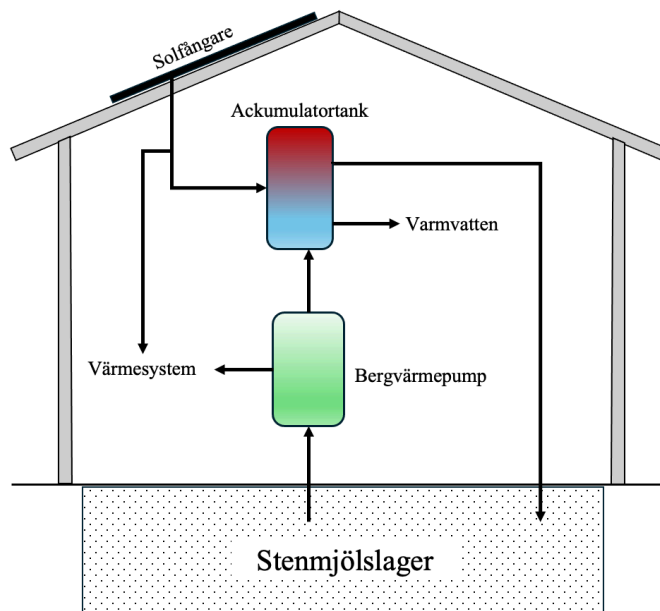
Genom att hämta relevant data från litteraturstudien kunde byggnadens energianvändning för uppvärmning och varmvatten beräknas för de tre olika värmesystemen. På så sätt kunde ASES energianvändning analyseras och jämföras med bergvärme och fjärrvärme. Efter beräkningen av energin kunde den totala ekonomiska kostnaden för systemen tas fram. Där togs det hänsyn till installationskostnader och driftkostnader för systemet.

Dessutom sammanställdes den studerade byggnadens dokumenterade energianvändning och jämfördes med den projekterade energianvändningen som togs fram innan byggnaden togs i bruk. På så sätt kunde det verkliga utfallet av ett ASES-system utvärderas.

2 Teori

2.1 Om ASES

Active solar energy storage är ett värmelagringssystem som är patenterat av Norconsult. Huvudkomponenterna i systemet utgörs av solfångare, markvärmelager, ackumulatortankar och bergvärmepumpar. Solfångarna på byggnadens tak kopplas samman till PEX-slangar som går ner i ett markvärmelager av stenhjöl. Under sommarhalvåret lagras solfångarnas överproducerade värmeenergi i marklagret, för att under vintern ha möjlighet att utvinna den lagrade värmen via en eller flera värmepumpar för uppvärmning och varmvatten. Figur 1 visar en principskiss på hur ett ASES-system kan se ut.



Figur 1 Principskiss av ASES-systemet.

ASES-systemet riktar sig framför allt in på nybyggnationer, men går även att implementera på befintliga byggnader (Norconsult, 2016). I det fallet förläggs markvärmelagret bredvid byggnaden. Sedan 2008 har tekniken använts i praktiken för att bygga energisnåla byggnader, där bland annat villor, mindre industrier och skolor har byggts med ASES. En villa med ASES använder omkring 15–25 kWh/m²år (Norconsult & Brahed, 2021). År 2022 uppgick energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten till 44–55 kWh/m²år för småhus som använde ett bergvärmesystem (Energimyndigheten, 2024).

Solfångare

För att utvinna solens energi för uppvärmning och varmvatten används solfångare. En vattenbaserad vätska i solfångaren absorberar solens instrålade energi och värms upp (Wang & Zhai, 2018). Vanligtvis består vätskan av vatten blandat med propylenglykol för att undvika att vätskan fryser vid kallare utetemperaturer. Plana solfångare, vakuumrörsolfångare och koncentrerade solfångare är tre typer som finns, där plana solfångare är den vanligaste. Solfångare omvandlar solstrålning direkt till värme, och genererar 500–700 kWh/m²år (Free energy, u.å).



Figur 2. Solfångare placerade på Fredriks yrkesgymnasiums tak. FOTO: Dennis Lind

Akkumulatortank

Anläggningar som utnyttjar solvärmeenergi använder sig i de flesta fall av en eller flera ackumulatortankar. Dessa korttidslagrar värme i form av vatten för att användas när behov finns (Energimyndigheten, 2011). Ackumulatortankar kan även användas i kombination med andra värmekällor än solenergi. På Fredriks yrkesgymnasium finns fyra ackumulatortankar placerade i värmecentralen, som tillsammans innehåller en total vattenvolym på sex kubikmeter, se figur 3. När temperaturen i ackumulatortankarna överstiger 60 °C så leds värmen vidare till markvärmelagret.



Figur 3. Ackumulatortankar i värmecentralen på Fredrika Bremergymnasiet. FOTO: Dennis Lind

Markvärmelager

Vanligtvis placeras markvärmelagret under hela byggnaden, indraget en meter från ytterväggarna. Lagret är omkring 1,5–1,6 meter djupt och består av stenmjöl med en kornfraktion mellan 0–8 mm. Lagret isoleras endast ovanifrån och har ingen isolering på sidorna eller undertill. Under stenmjölet förläggs parallellkopplade PEX-slangar som laddar värmelagret med den överskottsenergi som inte används direkt i byggnaden. På Fredriks yrkesgymnasium utgår slangarna från tre olika kassuner och kräver drygt 30 km slangar totalt.



Figur 4. PEX-slangar som går ner i stenmjöslagret på Fredriks yrkesgymnasium. FOTO: Dennis Lind

Det finns i huvudsak tre olika metoder för att lagra energi. Latent värmelagring lagrar energi som smältvärme genom en fasomvandling av lagringsmaterialet. Mängden värme som kan lagras beror då på materialets fasomvandlingsentalpi och smältpunkt (Abdullah m.fl., 2024). En annan metod är termokemisk värmelagring, där lagras energi

i en omvänd kemisk reaktion genom att bryta molekylära bindningar. En sista metod är sensibel värmelagring, där energin lagras genom att höja temperaturen på lagringsmaterialet. Det som i huvudsak styr mängden lagrad energi vid sensibel värmelagring är materialets värmelagringskapacitet C_p . Den avgör hur mycket energi som materialet innehåller vid en given massa och temperaturdifferens. En högre värmelagringskapacitet ökar energitätheten hos materialet och därmed mängden energi (Alva m.fl., 2017). Mängden energi som kan lagras kan uttryckas med sambandet i ekvation 1.

$$Q = m \cdot C_p \cdot (T_1 - T_2)$$

Ekvation 1. Ekvation för värmeenergi

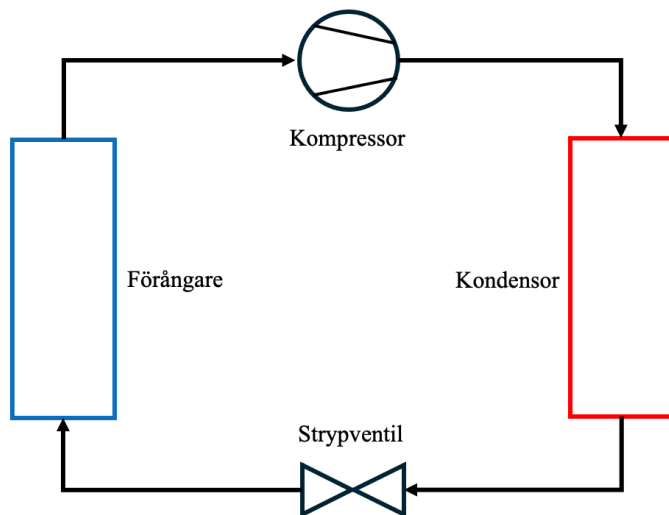
Där:

- Q = lagrad energi i materialet [kJ]
- m = massan hos lagringsmaterialet [kg]
- C_p = materialets specifika värmelagringskapacitet $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$
- T_1 = temperatur efter uppladdningsfas [°C]
- T_2 = temperatur innan uppladdningsfas [°C]

ASES-systemet använder sig av sensibel värmelagring där temperaturen på stenslagret successivt höjs från omkring 10 °C under våren till 23 °C under hösten. Enligt Abdullah m.fl. (2024) är sensibel värmelagring den mest utvecklade metoden, men kan däremot drabbas av höga värmeförluster i förhållande till andra metoder. ASES-systemet förlorar i regel 20% av energin som tillförs stenslagret. Detta är en siffra som kommer från Norconsult och används när Norconsult projekterar denna typ av system.

Bergvärmepump

För att utvinna energi från marken installeras en eller flera bergvärmepumpar. Dessa består av förångare, kompressor, kondensor och strypventil (Warfvinge & Dahlbom, 2020). Figur 5 visar en schematisk skiss över värmepumpens delar. Köldmediet som strömmar genom systemet förångas vid låga temperaturer och kondenserar vid höga temperaturer. I förångaren upptas värme från värmekällan. Kompressorn drivs av el och ökar trycket och därmed temperaturen på mediet. I kondensorn avges värme när den högtempererade ångan kondenserar. Därefter går mediet genom en strypventil där trycket och temperaturen sänks igen.



Figur 5. Bergvärmepumpens ingående delar.

Förhållandet mellan avgiven effekt vid kondensor och tillförd eleffekt i kompressorn benämns Coefficient of Performance (Warfvinge & Dahlbom, 2020). Denna förkortas COP och är en värmefaktor som indikerar hur effektiv värmepumpen är. Ju mindre temperaturskillnaden är mellan förångare och kondensor, desto högre blir värmefaktorn. Om en värmepump har en COP på 4 innebär det att för varje kW el som tillförs till kompressorn erhålls 4 kW värme från kondensorn. Värmepumpens teoretiskt maximala effektivitet benämns Carnot-COP och utgår från temperaturen på förångarsidan respektive kondensornsida:

$$COP_{carnot} = \frac{T_K}{T_K - T_F}$$

Ekvation 2. Carnot-COP

Där: T_K = temperatur på kondensornsida [K]
 T_F = temperatur på förångarsida [K]

I verkligheten finns det en rad olika värmeförluster i systemet som påverkar värmepumpens effektivitet negativt. Därför kan det verkliga COP-talet beskrivas med sambandet:

$$COP = COP_{carnot} \cdot \eta$$

Ekvation 3. COP

Där faktorn η indikerar systemets verkliga effektivitet, som i regel hamnar mellan 40–60%. Dessutom bör det ha i åtanke att COP-talet är en momentan verkningsgrad för värmepumpen och varierar över året. Därav bör SCOP, *seasonal coefficient of performance*, användas, om värmepumpens verkningsgrad studeras över en längre period. SCOP-värdet är ett genomsnittsvärde av COP över året.

2.2 Energianvändning och primärenergital

En byggnads energianvändning omfattar den energi som används till uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel under ett år (Boverket, 2022). Resterande energianvändning klassas som verksamhetsenergi och utgör den energi som krävs för att verksamheten i byggnaden ska fungera, men ingår ej i grundkravet för byggnaden (Boverket, 2021). I appendix 8.1 finns en tabell från Sveby med schablonvärden för verksamhetsenergi.

För att bedöma en byggnads energiprestanda används primärenergital. Det avgör vilken energiklass som byggnaden får vid en energideklaration. I primärenergitalet ingår all köpt energi som behöver levereras till byggnaden under ett normalår. Energi som produceras i anslutning till byggnaden och används till uppvärmning, komfortkyla, varmvatten och fastighetsel ingår inte i primärenergitalet (Boverket, 2020b). Detta innebär exempelvis att en bergvärmeanläggning endast behöver tillgodoräkna den inköpta elen som driver värmepumpen i primärenergitalet, men inte den genererade energin från marken. Primärenergital har enheten kWh/m² år och beräknas enligt:

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left(\frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvp,i} + E_{f,i} \right) \cdot VF_i}{A_{temp}}$$

Ekvation 4. Ekvation för primärenergital

Primärenergital infördes i BBR 2017, och viktningsfaktorer för de olika energibärarna infördes 2020. Viktningsfaktorerna beror på vilken energibärare som används samt geografisk plats. Primärenergitalet gör därmed skillnad på vilken typ av energi som används och var i landet som energin används (Boverket, 2020a). För Stockholm är den geografiska justeringsfaktorn 1,0 och viktningsfaktorn för el 1,8 (Boverket, 2020b). I BBR ställs det krav på energiprestandan för nybyggnationer, vilket för lokaler ligger på 70 kWh/m²A_{temp}. Detta krav får däremot utökas med 40 · (q_{medel} - 0,35) om ventilationsflödet överstiger 0,35 l/sm². Här betecknar q_{medel} medelvärdet av ventilationsflödet under uppvärmningssäsongen.

Primärenergitalet bestämmer vilken energiklass som en byggnad får vid en energideklaration (Boverket, 2024b). Det finns totalt sju olika energiklasser A-G som utgår från de krav som ställs om byggnaden hade uppförts idag. Energitklass A har lägst energital medan G har högst. I tabell 1 listas intervallen för några av energiklasserna.

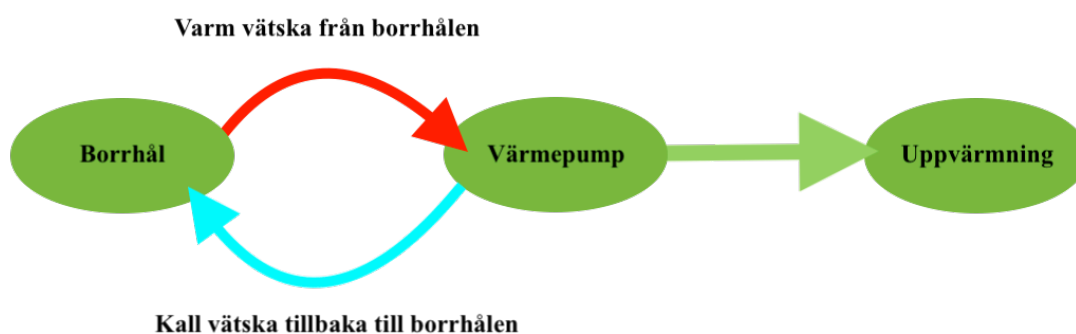
Tabell 1. Intervall för energiklassifikation baserat på energiprestanda.

Energitklass	Energitprestanda (EP)
A	EP ≤ 50 procent av nybyggnadskrav
B	50 < EP ≤ 75 procent av nybyggnadskrav
C	75 < EP ≤ 100 procent av nybyggnadskrav
D	100 < EP ≤ 135 procent av nybyggnadskrav

2.3 Bergvärme

I Sverige är bergvärme en vanlig teknik för uppvärmning av byggnader. Bergvärme används främst för att värma upp mindre bostadshus och villor, men används till viss del i större fastigheter (Erlström m.fl., 2016).

Bergvärme utnyttjar solenergi som lagras i grundvattnet, marken och berget under de varma månaderna av året. Med hjälp av en bergvärmepump går det att nyttja den lagrade värmen. Bergvärmepumpen består av en värmepump och ett kollektorsystem (NIBE, u. å.). Det finns en kollektorslang i borrhålen för att utvinna värme från marken.



Figur 6. Förenklad bild av hur bergvärme fungerar

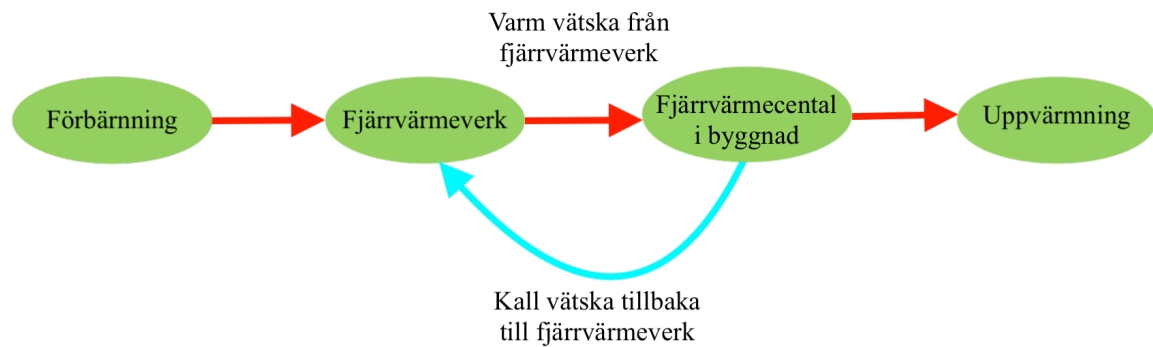
Bergvärme är ett energisystem som använder en stor del förnybar energi, på grund av att solen värmer upp marken och berget under byggnaden (NIBE, u. å.). Dessutom är bergvärme i drift ett billigt system, den största kostnaden är investeringen och i drift är den enda kostnaden el till värmepumpen. Dessvärre kan bergvärme komma att påverka grundvattnet och andra vattentäkter i marken vid borring av borrhålet (Erlström m.fl., 2016).

I Sverige finns det fler än 300 000 bergvärmeanläggningar, där det vanligaste borrhålets djup ligger mellan 100–300 meter djupt (Sveriges geologiska undersökning, 2023). I en bergvärmeanläggning placeras borrhålen minst 20 meter från närmsta borrhål, detta för att undvika termisk kortslutning. Den termiska påverkan är väldigt viktigt i ett bergvärmesystem, då det ska vara en balans men energin som tas ur från systemet och energin som tillförs (Erlström m.fl., 2016). Energin som tillförs kan vara naturlig eller med laddning av till exempel solenergi. Om borrhålen återladdas med solvärme kan de placeras med mindre avstånd från varandra än vid en vanlig bergvärmeanläggning.

2.4 Fjärrvärme

I Sverige är fjärrvärme den teknik som är vanligast för uppvärmning av byggnader, det är ungefär 90% av alla fastigheter i svenska tätorter (Vattenfall, u.å.). Fjärrvärme är en

teknik som har ett centralt värmeverk som distribuerar ut värmeenergi till byggnader. Detta resulterar i att fjärrvärme är en mycket effektiv källa för värmeenergi.



Figur 7. Förenklad version av hur fjärrvärme fungerar

Den huvudsakliga metoden för att producera värmen i ett fjärrvärmesystem är förbränning av bränslen. I Sverige är den stora delen av bränslena förnyelsebara, men det förekommer även användning av fossila bränslen. Utöver enbart förbränning så kan överskottsvärme från industrier användas samt integrera solenergi.

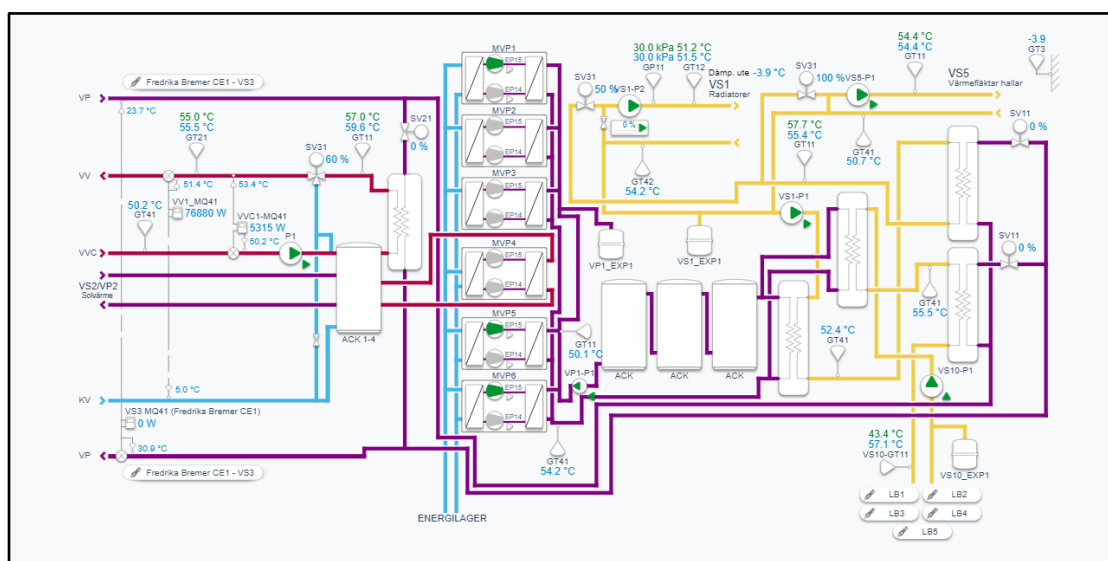
I byggnaderna som tar emot värmeenergin från värmeverket finns det en värmecentral, där en av delarna i värmecentralen är en värmeväxlare (Vattenfall, u.å.). Detta gör det möjligt att utnyttja värmen utan att använda vattnet från fjärrvärmeverket. När vattnet från fjärrvärmeverket har passerat genom värmeväxlaren så återgår det till värmeverket för att åter värmas upp.

3 Beräkningar

3.1 Referensobjektet Fredriks yrkesgymnasium

Skolan som studeras är Fredriks yrkesgymnasium och är belägen i Haninge, strax utanför Stockholm. Det är en utbyggnad av Fredrika Bremergymnasiet som genomfördes 2016 och är den största byggnaden som använder ASES i Sverige. Uppvärmd golvyta A_{temp} är 9500 m² fördelat över två våningar. Solfångarna på byggnadens tak har en totalarea på 1050 m². Markvärmelagret har ett djup på 1,6 meter och är fördelat under hela byggnaden indraget 1 meter från yttervägg, vilket ger en volym på 9600 m³ stensmjöl. Fredriks yrkesgymnasium bedriver energikrävande verksamheter och har bland annat bilverkstad, svetsbås och ett storkök i byggnaden. Planritning för fastigheten finns i appendix 8.2. Innan skolan byggdes projekterades skolans energianvändning till 27,8 kWh/m²år.

Värmesystemet består av solfångare, ackumulatortankar, markvärmepumpar och värmeväxlare. Figur 8 visar en driftbild över värmesystemet.



Figur 8. Driftbild över värmesystemet på Fredriks yrkesgymnasium.

I värmecentralen finns fyra ackumulatortankar som tillsammans har en volym på sex kubikmeter. När temperaturen i ackumulatortankarna överstiger 60 °C så leds värmen vidare till markvärmelagret under byggnaden. Skolan använder sig av sex värmepumpar av typen NIBE F1345 och har en total driveffekt på 240 kW. Värmepumparna är så kallade on/off värmepumpar, vilket innebär att kompressorerna arbetar med en konstant hastighet och slås på och av utefter värmebehovet. En del av värmeenergi från solfångarna kan användas direkt för att täcka uppvärmningen av byggnaden, när detta inte räcker till hämtas energi från marklagret.

3.2 Dokumenterad energianvändning

Tornberget som förvaltar fastigheten har delgett uppgifter över den energimängd som skolan köpt in under åren 2019–2023, se appendix 8.4. Dessa värden innefattar all energi för uppvärmning, varmvatten, fastighetsel och verksamhetsenergi. Energimängden som en byggnad använder för uppvärmning är kopplad till rådande väder och temperatur utomhus. Detta medför att uppvärmningsbehovet skiljer sig från år till år, och behöver normalårskorrigeras vid en energiuppföljning för att få jämförbara värden (SMHI, u.å). Detta innebär att uppvärmningsbehovet korrigeras till vad det hade motsvarat under ett normalår.

För att normalårskorrigera energianvändningen går det att använda antingen graddagar eller energi-index. Graddagar tar endast hänsyn till hur utomhustemperaturen under ett år skiljer sig från normalårets temperatur. Energi-index väger in även andra faktorer, såsom solstrålning, molnighet och vind (SMHI, u.å). Därav kan energi-index ge en noggrannare normalårskorrigerad energi. För att få fram energin som används för uppvärmning dras energin för varmvatten, verksamhetsel och fastighetsel av. För varmvatten och verksamhetsel har Svebys schablonvärden för gymnasieskolor använts, se appendix 8.1. Fastighetselen hämtades från skolans energideklaration som genomfördes 2020, se appendix 8.3. Därefter divideras uppvärmningsbehovet med en korrigeringsfaktor för att få den normalårskorrigerade energin för uppvärmning:

$$\text{Normalårskorrigerad energi} = \frac{\text{Energi för uppvärmning}}{\text{Korrigeringsfaktor}}$$

Ekvation 5. Normalårskorrigerad energi.

Korrigeringsfaktorn skiljer sig åt beroende på om graddagar eller energi-index används. I detta arbete har energi-index använts för att ta hänsyn till fler faktorer än endast utomhustemperaturen. SMHI tillhandahöll korrigeringsfaktorer för Tyresö, som kan antas vara snarlika de för Haninge. När den normalårskorrigerade energin för uppvärmning beräknats, adderas energi för varmvatten och fastighetsel återigen för att få byggnadens normalårskorrigerade energianvändning.

3.3 Energibalansberäkning för skolan

Vid en energibalansberäkning räknas differensen fram mellan energiförluster och interntillskott av värme. Denna differens utgör den energi som behöver tillföras via värmesystemet i byggnaden. Den är densamma oavsett om byggnaden använder ASES eller bergvärme. Det som avgör skillnaderna i energiåtgång mellan systemen är i stället den inköpta elen som driver kompressorerna i värmepumparna.

Indata för energibalansberäkningen kommer från Tornberget som förvaltar fastigheten samt från Svebys brukarindata för gymnasieskolor. Rådande utomhustemperatur och solstrålning är taget från SMHI:s klimatdatafil för åren 1991–2020. Verksamhetstimmarna är antagna till kl. 07-17 måndag-fredag, 44 veckor om året. Vidare har det antagits att ingen verksamhet sker under kvällar, helger och sommaruppehåll. Inomhustemperaturen är satt till 22 °C.

Värmeförluster

En byggnads huvudsakliga värmeförluster är transmissionsförluster genom klimatskalet, läckageförluster genom otätheter i klimatskalet samt uppvärmning av ventilationsluft och varmvatten (Petersson, 2018). Energin för tappvarmvatten inklusive VVC-förluster är satt till 15 kWh/m²år enligt brukarindata från Sveby (Sveby, 2016).

Transmissionsförluster beskrivs med ett U-värde som har enheten W/m² och är den värmetransport som sker genom klimatskärmen, dvs. väggar, tak, fönster och dörrar (Petersson, 2018). Byggnadens U-värden och areor listas i tabell 2.

Tabell 2. UA-värden för transmissionsförluster på Fredriks yrkesgymnasium.

Byggnadsdel	U-värde [W/m ² K]	Area [m ²]	UA-värde [W/K]
Vägg	0,18	2 382,2	428,8
Fönster + takfönster	1,2	1 052,3	1262,8
Dörrar och portar	1,2	98,5	118,2
Tak	0,13	5 780	751,4
Golv	0,15	5 904,7	885,7
Golv förbindelsegång	0,2	155	31
Totalt	-	15 372,7	3477,8

Värmeförluster från ventilation avser den energimängd som krävs för att värma upp inkommande luft till rätt inomhustemperatur. Hur mycket energi som krävs för att värma upp ventilationsluften är beroende av storleken på luftflödet och temperaturdifferensen mellan inomhusluften och utomhusluften. Om systemet använder FTX-aggregat går det att återvinna värme från frånluften till inkommande uteluft, vilket minskar behovet av att värma upp ventilationsluften. Skolan använder sig av sju FTX-aggregat som har temperaturverkningsgrad och luftflöden enligt tabell 3. Drifttiderna har antagits till måndag-fredag kl. 07-17 och att ventilationen körs på full effekt under denna tid.

Tabell 3. Luftflöden och temperaturverkningsgrader för FTX-aggregaten.

Aggregat	η_t	V_{vent} [m ³ /s]
LB01	0,76	3,1
LB02	0,76	2,7
LB03	0,76	3
LB04	0,76	3
LB05	0,75	2
LB06	0,75	4
LB07	0,75	4

Värmeförluster via luftläckage sker då klimatskalet inte är helt tätt (Petersson, 2018). Mängden värme som förloras styrs av tryckskillnaden mellan inomhusluften och utomhusluften. I energibalansberäkningen har klimatskalets luftinfiltration ansatts till 1,6 l/sm² vid en tryckskillnad på 50 Pa (Petersson, 2018).

Samtliga framräknade värmeförluster listas i tabell 4.

Tabell 44. Energiförluster från byggnaden.

Energiförluster	[kWh/år]	[kWh/m ² , år]
Transmission	445 515	46,9
Ventilation	231 841	24,4
Luftläckage	232 663	24,5
Tappvarmvatten	142 500	15
Totalt	1 052 519	110,8

Värmetillskott

Värmetillskottet eller ”gratisvärme” till en byggnad, måste tas hänsyn till vid energiberäkningar (Boverket, 2021). Internvärmens är den energi som genereras i byggnaden av människor, belysning, utrustning och solinstrålning genom fönster. Det interna värmetillskottet minskar behovet av uppvärmning från externa energikällor. Effektagivningen från människor är ungefär 80 W/person och det har räknats med en persontäthet på 0,067 personer/m² enligt brukarindata för gymnasieskolor (Sveby, 2016). Effektagivning från belysning och utrustning står tillsammans för 10 W/m² (Sveby, 2016). Vidare kan solstrålningens effekt beräknas med:

$$P_{solinstrålning} = 0,65 \cdot I_{global,medel} \cdot g_{fönster} \cdot A_{fönster} \text{ [W]}$$

Ekvation 6 Interneffekt från solinstrålning

Där $I_{global,medel}$ är solstrålningens effekt i W/m^2 och $g_{fönster}$ betecknar solenergitransmissionen, dvs. hur mycket av solenergin som kommer in genom fönstret.

Samtliga internlasters värmertilskott listas i tabell 5.

Tabell 55. Energertilskott från internvärme.

Energertilskott	[kWh/år]	[kWh/m ² , år]
Belysning	104 500	11
Utrustning	104 500	11
Solinstrålning	178 429	18,8
Personer	89 760	9,4
Totalt	477 189	50,2

Värmelagrets kapacitet

Den överskottsvärme som kan lagras ner i markvärmelagret beror på uppvärmningsbehovet och hur mycket energi som solfångarna ger. Uppvärmningsbehovet för skolan, E_{upp} , är differensen mellan värmeförlusterna och det interna tillskottet:

$$E_{upp} = (E_{trans} + E_{vent} + E_{läck} + E_{tvv}) - (E_{bel} + E_{utr} + E_{sol} + E_{människor}) \text{ [kWh]}$$

Energi kan endast lagras under de dagar då energin från solfångarna överstiger uppvärmningsbehovet för den dagen, vilket kan observeras med sambandet:

$$E_{överskott} = E_{solfångare} - E_{upp} \text{ [kWh]}$$

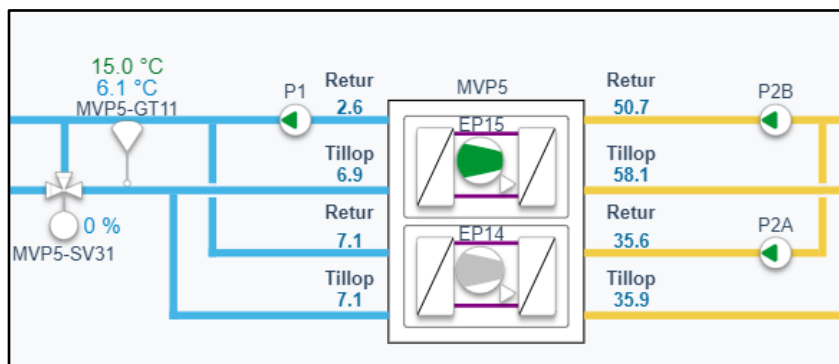
När $E_{överskott}$ blir negativt innebär det att värme behöver hämtas upp från lagret.

3.4 Bergvärmepumparnas energianvändning

Det som skiljer ASES-systemet från en konventionell anläggning med bergvärme är att temperaturen i markvärmelagret är högre än temperaturen hos den omgivande marken. Temperaturen i stenmjölslagret har en medeltemperatur på 16,5 °C medan temperaturen i marken har ett antaget värde på 7 °C över året, då temperaturen i marken förändras med genomsnittstemperaturen utomhus (SGU, 2023). Denna temperaturskillnad gör att en bergvärmepump som är installerad i ASES-systemet kan arbeta med en högre COP än en likadan värmepump hos ett konventionellt bergvärmesystem. Det beror på att temperaturskillnaden mellan förångare och kondensor blir mindre, vilket gör att den

eldrivna kompressorn hos ASES kräver en mindre mängd el för att producera samma mängd värme som ett konventionellt bergvärmesystem.

Figur 9 visar en driftbild över en värmepump på skolan. Tilloppstemperaturen ut till värmesystemet ligger på 58 °C, därav har köldmediets temperatur på kondensorsidan antagits till 60 °C och att denna är konstant över året. Temperaturen på förångarsidan har antagits variera i intervallet 10–23 °C för ASES och 5–10 °C för bergvärmeanläggningen.



Figur 9. Driftbild på värmepump 5 på Fredriks yrkesgymnasium.

3.5 Ekonomiberäkningar

Utifrån energiberäkningar för ASES-systemet och bergvärme går det att beräkna den årliga driftkostnaden för systemet. Genom att räkna ut tillförd elenergi till värmepump multiplicerat med energipriserna. Elpriserna är ett medelvärde mellan 2017–2024 för elområde tre där Haninge ligger. 2017 valdes som startdatum då det var så nära som möjligt från att byggnaden togs i bruk.

Fjärrvärme skiljer sig åt de andra två energisystemen, då värmeenergin köps in direkt utan att ha en värmepump. Den inköpta värmeenergin ska täcka hela byggnadens energibehov, samtidigt som i dagens energimarknad är fjärrvärmepriset högre än elpriset.

Investeringskostnad

Installations- och montagekostnader för de olika systemen kommer vara en uppskattning för bergvärme och fjärrvärme, vilket går att läsa av i tabell 6. För ASES-systemet på skolan fanns det en kalkyl med alla kostnader för installation och montering som tillhandahölls av Norconsult. För att få fram en kostnad för bergvärmesystemet togs priser från Greenmatch (Hemming, 2024). Investeringskostnaden för fjärrvärme är tillhandahållna av Vattenfall (Oebius, 2024), vilket är det företag som har fjärrvärmenätet i Haninge. Alternativ 1 är om byggnaden ligger på den plats där den gör idag, vilket då kräver utschaktning på grund av att fjärrvärmeledningen ligger en

bit bort. Detta gör att priset blir högre jämfört med alternativ 2, då det inte behövs någon utschaktning och byggnaden är placerad så det direkt går att ansluta till fjärrvärmenätet.

Tabell 66. Investeringskostnader för de olika energisystemen för Fredriks yrkesgymnasium.

[kr]	ASES	Bergvärme	Fjärrvärme alt. 1	Fjärrvärme alt. 2
Investering	7 145 000	5 526 000	2 250 000	1 000 000

Årlig kostnad

Den årliga kostnaden kommer bestå av priset för energi som köps till uppvärmning eller hur mycket energi som krävs till byggnaden.

$$\text{Kostnad energi} \left[\frac{\text{kr}}{\text{kWh}} \right] \cdot \text{Årlig energiförbrukning} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{år}} \right] = \text{Kostnad per år} \left[\frac{\text{kr}}{\text{år}} \right]$$

Ekvation 7 Årligt energipris

Den årliga energin för bergvärme och ASES-systemet kommer bestå av tillförd el till värmepumparna, för fjärrvärme kommer det att vara uppvärmningsbehovet för byggnaden. Elpriserna har tagits ett medelvärde mellan januari 2017 till och med mars 2024 och är tagna från Vattenfall (2024). Priser för fjärrvärme är högre än för el, fjärrvärmepreiserna är tagna från Vattenfall (2024). För fjärrvärme tillkommer det en kostnad årligen på 4 234 kr. Priserna för energi går att avläsas i tabell 7.

Tabell 77. Enerkipriser inkl. skatt, moms och elcertifikatsavgift

	Elpris	Fjärrvärmepreis
[kr/kWh]	0,75	0,92

Utöver detta kommer det att ske reparationer och utbyte av komponenter i systemen, men detta kommer inte vara en del av beräkningarna. Till exempel värmepumpar, vilka kommer behövs bytas efter cirka 25 år.

4 Resultat

Nedan presenteras resultat från sammanställning av energidata, energi- och kostnads kalkyler. För det sistnämnda har en överslagsmässig energibalansberäkning genomförts.

4.1 Sammanställning av energidokumentation

Energianvändningen för skolan innefattar energi för uppvärmning, varmvatten, komfortkyla och fastighetsel. Normalårskorrigerade värden för skolan listas i tabell 8. Där listas också de framräknade primärenergitalen för samma år.

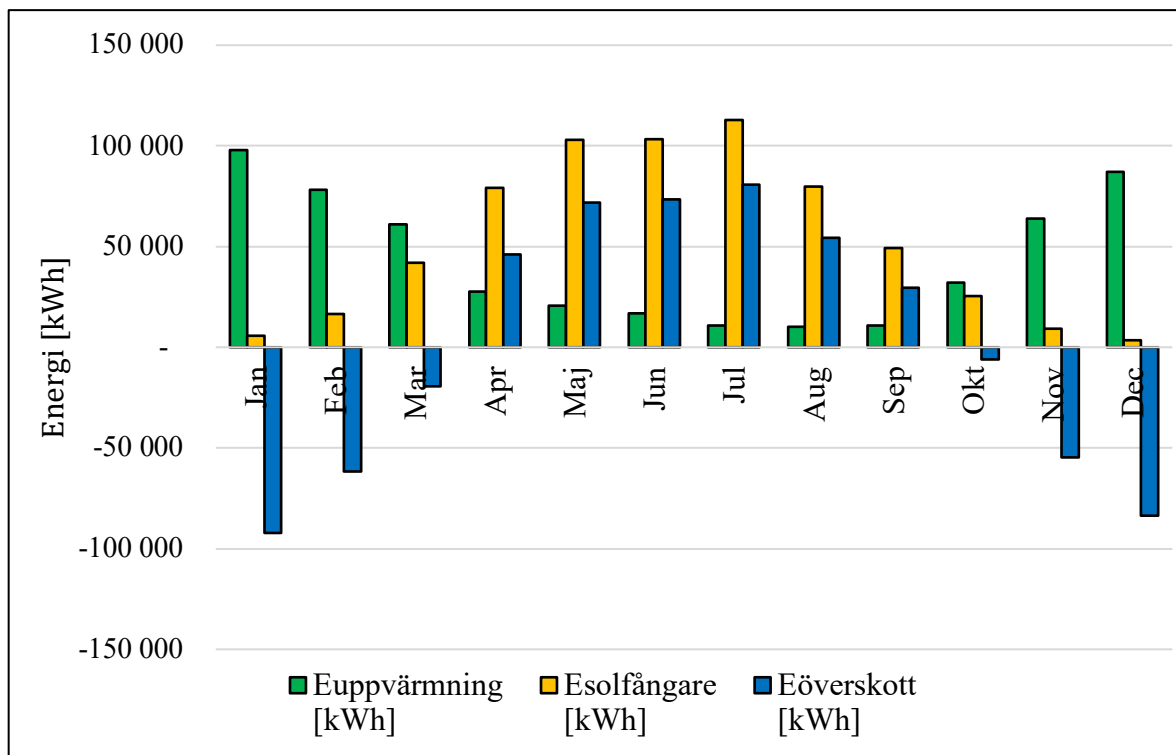
Tabell 88. Normalårskorrigerad energianvändning och energiprestanda för Fredriks yrkesgymnasium under åren 2019–2023.

År	Energianvändning [kWh/år]	Energianvändning [kWh/m ² år]	Energiprestanda [kWh/m ² år]	Energiklass
2023	426 723	44,9	80,9	C
2022	420 846	44,3	79,7	C
2021	380 415	40,0	72,1	B
2020	291 126	30,6	55,2	B
2019	312 905	32,9	59,3	B

Energianvändningen har varierat mellan 31–45 kWh/m²år under åren 2019–2023. Anledningen till att energiprestandan blir så mycket högre än den faktiska energianvändningen är att all denna energianvändning kommer från inköpt el, vilket har en viktningsfaktor på 1,8. Energiprestandans nybyggnadskrav för denna typ av byggnad hamnar på 96 kWh/m²år efter ventilationstillägg. Byggnaden hamnar därmed någonstans inom intervallen för energiklass B och C.

4.2 Resultat från energibalansberäkningen

Uppvärmningsbehovet för byggnaden har räknats fram för en 365-dagarsperiod och uppgår till 517 MWh/år, vilket motsvarar 54,4 kWh/m²år. Detta inkluderar energi för uppvärmning och tappvarmvatten. Figur 10 visar hur uppvärmningsbehovet, energin från solfångare och överskottsenergin fördelar sig för varje månad under ett normalår.



Figur 10. Energibalans för Fredriks yrkesgymnasium över ett normalår.

Uppvärmningsbehovet är som störst under vintern och solfångareenergin är som störst under sommaren. Eöverskott visar differensen mellan solfångareenergin och uppvärmningsbehovet, och är den energi som antingen laddas ner i stenmjöslagret eller som plockas upp via värmepumparna. De månader som solfångareenergin överstiger uppvärmningsbehovet laddas stenmjöslagret, vilket blir tidsperioden april till september. Urladdningsperioden blir resterande delen av året, oktober till mars. Beräkningarna visar även att det är något mer energi som lagras ner i marklagret än vad som plockas upp via värmepumparna, vilket innebär att solfångarna på skolan är något överdimensionerat. Totalt bidrar den lagrade solenergin i stenmjöslagret med 32 kWh/m²år. Detta innebär att om byggnaden hade haft samma mängd solfångare på taket men ingen möjlighet att lagra överskottsenergin så hade det behövts köpas in 32 kWh/m²år. Resterande del av uppvärmningsbehovet utgörs av den direktanvända solenergin från solfångarna.

4.3 Jämförelse

Att jämföra ASES mot bergvärme och fjärrvärme innebär att hänsyn måste tas till energianvändning, effektivitet och kostnad. Emellertid måste hänsyn även tas till andra variabler såsom geografisk plats och geologiska förhållanden som kan påverka valet av energisystem. I följande delkapitel kommer resultat från energi- och kostnadsjämförelser presenteras.

Energi

Resultatet från energiberäkningarna är det som ligger till grund för hela resultatets del. Uppvärmningsbehovet på 517 MWh/år användes för att ta fram hur mycket el som kompressorerna i värmepumparna kräver. En viktig notering är att en del av energin från solfångarna kommer att distribueras direkt ut i värmesystemet, utan att gå via värmelagret. De dagar man behöver plocka upp energi från värmelagret kommer all solfångarenergi skickas direkt ut i värmesystemet. Utgångspunkten är att använda så mycket som möjligt av energin från solfångarna direkt i byggnaden för att minska på energiåtgången. Skolans direktanvända solenergi uppgår till 204 MWh/år. Detta medför i sin tur att ASES-systemet behöver plocka upp mindre energi från marken än ett bergvärmesystem.

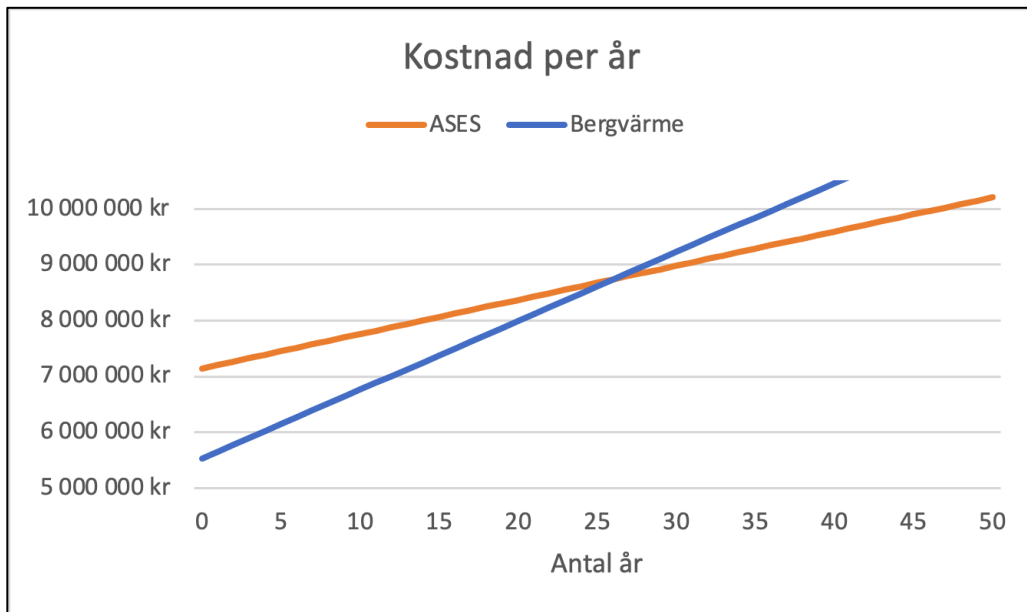
Tabell 9.9 El tillförd till kompressor för ASES och bergvärme

	ASES	Bergvärme
Energibehov från mark [kWh]	312 692	517 119
Bergvärmepumpens SCOP [-]	3,83	3,14
El till kompressor [kWh/år]	81 653	164 524
El till kompressor [kWh/m²år]	8,6	17,32

Tabell 9 redovisar resultaten för hur mycket el som behöver köpas in för att driva värmepumparna. Det är den inköpta elen som ingår i byggnadens energianvändning. Fredriks yrkesgymnasium använder alltså 8,6 kWh/m² för uppvärmning, medan för samma anläggning hade behövt 17,3 kWh/m² om byggnaden hade installerat ett bergvärmesystem. Detta innebär en energibesparing på 9 kWh/m²år. Om byggnaden hade använt sig av fjärrvärme så hade den inköpta energin motsvarat hela uppvärmningsbehovet, dvs. 54,4 kWh/m²år.

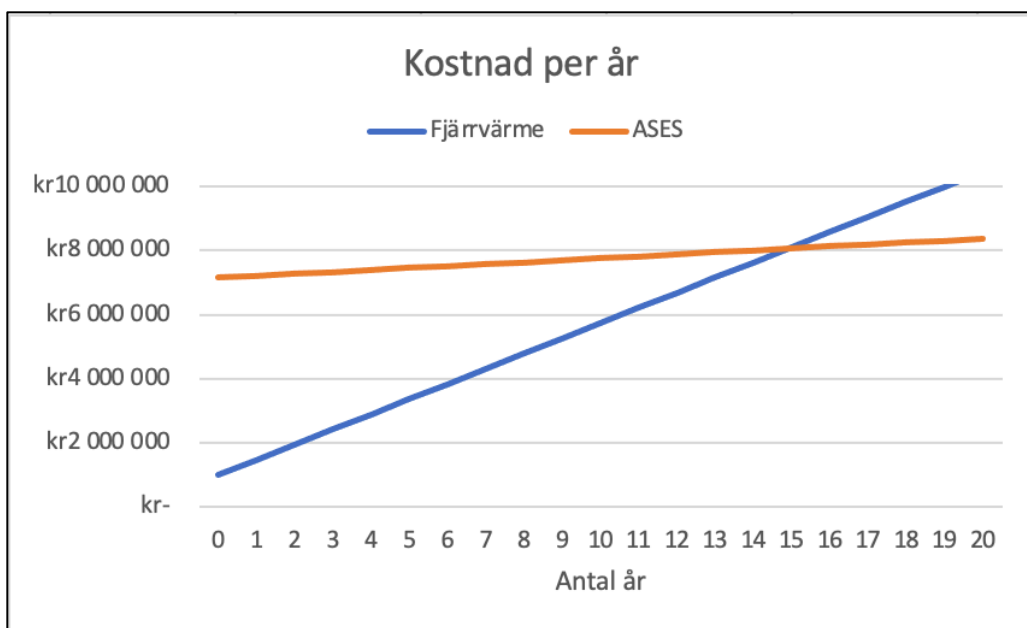
Kostnadsberäkning

Kostnadsberäkning är gjord i syfte för att kunna jämföra systemen över tid. Nedan presenterats resultaten och bygger på energiberäkningarna från tidigare kapitel.

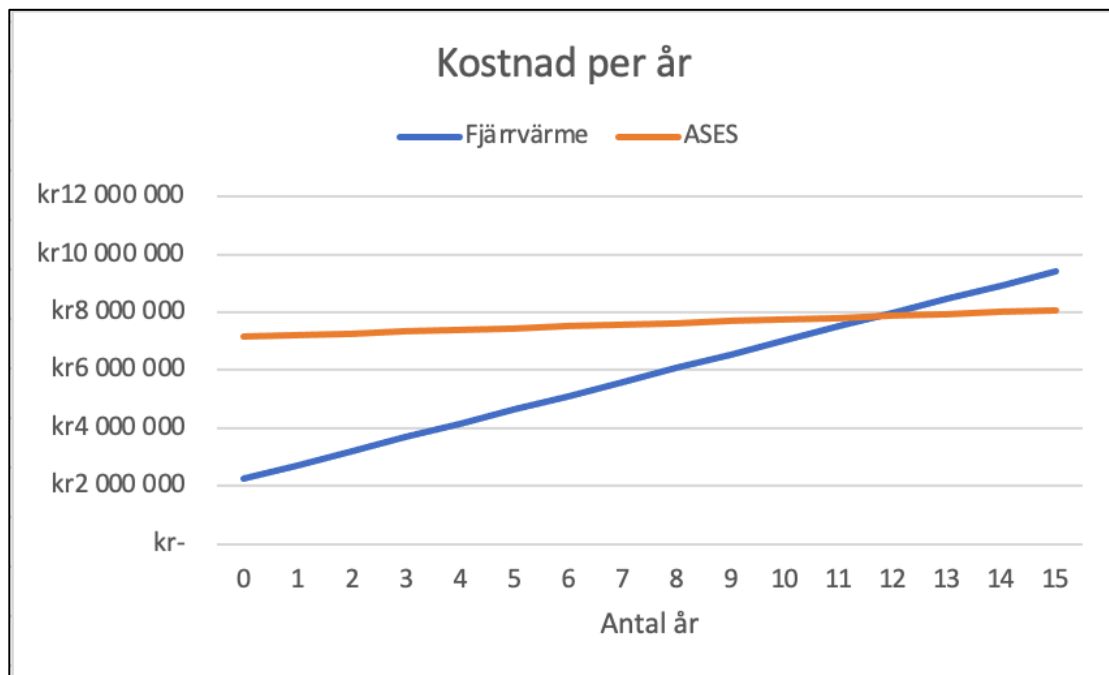


Figur 11. Kostnaden per år mellan systemen ASES och Bergvärme.

Figur 11 visar att det tar 26 år innan ASES-systemets investering blir ekonomiskt fördelaktigt i jämförelse med bergvärme.



Figur 12. Kostnaden per år mellan systemen ASES och Fjärrvärme alternativ 2.



Figur 13. Kostnaden per år mellan systemen ASES och Fjärrvärme alternativ 1.

I figur 12 och 13 så finns resultatet av en jämförelse kostnadsmässigt mellan ASES och fjärrvärme. Där investeringskostnaden för ASES är mycket högre än för fjärrvärme, men det lönar sig redan efter 11 eller 15 år vilket går att läsa av i figur 12 respektive 13.

Tabell 1010. Kostanden för de olika energisystemen i drift per år.

Kostnad per år	ASES	Bergvärme	Fjärrvärme
[kr/år]	61 240	123 393	473 681

Utan investeringskostnaden så är ASES ungefär 50% billigare varje år än bergvärme och ungefär åtta gånger så billigt som fjärrvärme i drift, se tabell 10.

5 Diskussion

I denna diskussionsdel av rapporten ska en fördjupad diskussion behandla de frågor och områden som har behandlats under rapporten.

5.1 Fredriks yrkesgymnasium

Skolans energianvändning under åren 2019–2023 överskrider det projekterade värdet som togs fram innan skolan byggdes. En möjlig förklaring till detta kan vara att skolans faktiska verksamhetsenergi är högre än Svebys schablonvärden som användes i detta arbete. Eftersom skolan har bilverkstad, svetsbås och lackeringsbox bör dess verksamhetsenergi vara högre än för en skola som inte bedriver den typ av verksamhet. Samtidigt är en energianvändning på 31–45 kWh/m²A_{temp} fortfarande väldigt lågt för denna typ av byggnad. Statistik från Energimyndigheten (2024) visar att lokalers energianvändning för uppvärmning och varmvatten uppgick till 119 kWh/m²A_{temp} under samma tidsperiod. Skolans energianvändning är därmed betydligt lägre än genomsnittet. Däremot var byggnadens energianvändning för åren 2021–2023 betydligt högre än för åren 2019–2020. Om detta beror på en förändring i skolans verksamhet eller att systemets prestanda förändrats är svårt att säga, men det är viktigt att fortsätta utvärdera befintliga ASES-systems energiförbrukning framöver för att avgöra prestandan över en längre tidsperiod.

5.2 Jämförelse mellan systemen

Resultaten från energiberäkningarna visar att ASES-systemet på skolan har en lägre energiförbrukning jämfört med om ett bergvärmesystem hade installerats i stället. Detta beror till viss del på att värmepumpens COP blir högre i ASES-systemet än i bergvärmesystemet, vilket medför att värmepumpen kan arbeta med en högre effektivitet. Däremot skiljer sig inte COP-talen mellan systemen sig åt avsevärt mycket. Den största bidragande orsaken till skolans låga energiförbrukning har i stället att göra med den direktanvända solenergin från solfångarna, dvs. den energi som distribueras ut i värmesystemet utan att gå via stenmjölslagret. Den direktanvända solenergin täcker hela 40% av byggnadens totala energibehov för uppvärmning och varmvatten. Detta medför i sin tur att energibehovet från marken reduceras kraftigt med ASES-systemet i jämförelse med bergvärmesystemet, och att kompressorns årliga elförbrukning därmed minskar.

ASES återbetalningstid uppgår till 26 år i jämförelse med bergvärme. Livslängden för en byggnad räknas ofta till minst 50 år, vilket innebär att ASES återbetalningstid ligger inom spannet för byggnadens livslängd. En investering i ASES visar sig därmed vara lönsam över en längre tidsperiod.

Detta arbete redovisar en jämförelse mellan ASES och en konventionell bergvärmeanläggning. Det förutsattes att bergvärmeanläggningen hämtar all energi från berggrunden och att temperaturen i borrhålen håller en konstant temperatur över året. I verkligheten finns däremot möjligheten att även i en bergvärmeanläggning lagra solenergi i borrhålen för att på så sätt öka temperaturen i marken. Om jämförelsen hade gjorts med ett sådant system hade skillnaden mellan ASES och bergvärmeanläggningens energiförbrukning troligtvis inte blivit lika stor.

Jämförs ASES i stället med fjärrvärmesystemet framträder större skillnader. Fjärrvärmesystemets energiförbrukning för värme utgörs av totala uppvärmningsbehovet medan den för ASES endast består av den inköpta elen som driver kompressorerna i värmepumparna. Detta medför att fjärrvärmesystemets årliga energianvändning blir påtagligt större än ASES. Detta innebär att fjärrvärmesystemet är ett mindre energieffektivt system och kostnaderna i längden kan komma att bli väldigt höga för större byggnader. Med en återbetalningstid på 11–15 år i jämförelse med fjärrvärme är ASES en lönsam investering över en längre tidperiod.

Till sist bör det tilläggas att ASES-systemet inte använts i lika stor utsträckning som bergvärme och fjärrvärme. En möjlig orsak till detta är att investeringskostnaden för ett ASES-system är mycket högre i jämförelse med bergvärme och fjärrvärme, vilket kan medföra att färre anser att det är ekonomiskt försvarbart att investera i ett ASES-system. Utöver den stora investeringskostnaden så går det inte att avgöra hur ett ASES-system kommer att prestera i framtiden, då tekniken är relativt ny och inte är beprövad i lika stor utsträckning som övriga värmesystem. Detta gör att en bergvärmeanläggning eller fjärrvärmeanläggning blir mer attraktiva värmesystem än ASES vid nybyggnation.

5.3 Framtidens energisystem

I framtiden förutses att ASES-systemet kan komma att vara ett betydelsefullt värmeenergisystem. Tekniken skapar möjligheter att använda solens energi i en större utsträckning än vad som görs idag, samtidigt som energianvändningen för byggnaden minskar. Om energipriserna fortsätter att stiga i den nuvarande takten som sker idag, kommer behovet av energieffektiva system öka drastiskt. Detta medför att system som ASES blir mer attraktiva och efterfrågan ökar.

För att möjliggöra en bredare tillämpning av ASES-systemet och förbättra dess effektivitet är det avgörande att fortsätta forskningen och utvecklingen inom områden som identifierar och övervinner dessa utmaningar. Genom att förstå och hantera dessa begränsningar går det att öka systemets tillgänglighet och öppna upp nya möjligheter för användning och vidare utveckling av konceptet och det kan komma att tillämpas på flera byggnader.

5.4 Felkällor

Det har det funnits begränsade driftdata för ASES-systemet på skolan, då det finns väldigt lite mätdata. Detta har lett till att en stor del av beräkningarna har skett antingen med schablonvärden eller antaganden. Dessutom gjordes energibalansberäkningen baserade på medelutetemperaturer mellan 1991–2020. Detta gjorde att det enligt energiberäkningarna inte behövdes någon spetsvärme. I verkligheten dimensioneras värmesystemen utefter dimensionerande vinterutetemperatur, vilket inte gjordes i detta arbete.

Den inköpta elen är den energi som värmepumparna kräver och det har bortsatts från andra komponenter i systemet som även kräver el för att systemet ska fungera, såsom pumpar.

5.5 Förslag till vidare studier

Detta arbete har gått ut på att göra en energi- och kostnadsuppföljning av en byggnad som använder ett ASES-system. Eftersom systemet är relativt stort där många olika faktorer spelar in, så har inte allt kunnat tagits i beaktande. Under arbetets gång har det dykt upp ett par punkter som hade varit intressant att undersöka vid en vidare studie.

Den första punkten är hur de geologiska förutsättningarna påverkar användningen av ASES. Går det enbart att använda systemet där det finns berggrund eller jordarter med bra värmeledningsförmåga? Försämras prestandan så pass mycket att det inte kommer vara lönsamt? Kommer ASES att fungera över hela Sverige eller endast på vissa platser?

Ett andra förslag är att undersöka miljöavtrycket från ASES systemet sett ur ett livscykelperspektiv där även byggskede och slutskede för fastigheten inkluderas. Hur ser miljöavtrycket ut från ASES jämfört med andra energisystem?

En sista punkt är huruvida det hade lönat sig att komplettera systemet med solceller för att dra ner på energianvändningen ytterligare. Skulle det generera tillräckligt för att byggnaden ska bli en netto noll byggnad med hänsyn till inköpt energi? Hur hade det fungerat med att ersätta de nuvarande solfångarna med hybrider mellan solfångare och solceller?

6 Slutsats

I detta kapitel presenteras de främsta slutsatserna som har framkommit i studien med hänsyn till ovannämnda frågeställningarna:

- Hur stor är befintliga ASES-systems energianvändning?

ASES-systemet levererar egentligen lika bra som vilket energisystem som helst, men det som skiljer ASES-systemet åt från de andra är den inköpta energin som kommer att bli mycket lägre. Detta är på grund av att majoriteten av energin produceras i byggnaden och lagras, vilket gör att man hämtar energi därifrån i stället för att köpa in. Den energi som behövs köpas till byggnaden är enbart el till värmepumpar och vid behov spetsvärme från andra energikällor. Vilket även resulterar i att den årliga driftkostnaden för ett ASES-system blir lägre än bergvärme och fjärrvärme.

- Hur stor blir energibesparingen med ett ASES-system i jämförelse med konventionella värmesystem?

Besparingen för uppvärmning per år mellan ASES och bergvärme blir en skillnad på 9 kWh/m²år. Den huvudsakliga anledningen till att skillnaden är så pass stor är på grund av direktanvändningen av solenergi i ASES systemet, utan direktanvändningen så hade skillnaden enbart blivit 3,1 kWh/m²år. Det är därför ASES-systemet blir så effektivt, med en kombination av markvärmelager där värmepumpar utvinner värme från lagret samtidigt som direktanvändning av solenergin sker.

- Vad är återbetalningstiden för ett ASES-system?

ASES-systemet kommer att vara lönsamt ur ett ekonomiskt perspektiv, men det kommer ta lång tid innan investeringen blir ekonomiskt lönsamt. I jämförelse med bergvärme kommer det ta uppemot 26 år innan det är ekonomiskt lönsamt och mot fjärrvärme tar det uppemot 15 år. I längden lönar sig ASES ekonomiskt, dock krävs det att byggnaden är i bruk under en längre tid för att ASES-systemets fördelar ska synas.

Avslutningsvis kan det fastställas att ett ASES-system kommer att vara ekonomiskt lönsamt på lång sikt samtidigt som besparingarna för uppvärmning i ett ASES-systemet är betydligt större än de andra energisystemen på en årlig basis.

Litteraturförteckning

- Abdullah, Koushaeian, M., Shah, N., & Chung, J. (den 02 Januari 2024). A review on thermochemical seasonal solar energy storage materials and modeling methods. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*.
- Alva, G., Liu, L., Huang, X., & Fang, G. (Februari 2017). Thermal energy storage materials and systems for solar energy applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Arnell, M., Saagi, R., Wärff, C., Ahlström, M., & Jeppsson, U. (2021). *Värmeåtervinning ur avloppsvatten*. Bromma: Svenskt Vatten Utveckling.
- Boverket. (den 30 September 2020a). *Vad är primärenergital?* Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/energi-hushallning/vad-ar-primarenergital/>
- Boverket. (2020b). 9:2 Bostäder och lokaler. i *Boverkets byggregler BBR*. Boverket.
- Boverket. (den 21 April 2021). *Beräkning av byggnadens energiprestanda*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/for-energiexperter/berakning-av-byggnadens-energianvandning/>
- Boverket. (den 1 juni 2022). *Primärenergital och byggnadens energiprestanda*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energi-hushallningskrav/primarenergital-och-byggnadens-energi-prestanda/>
- Boverket. (den 23 Januari 2024a). *Bygg- och fastighetssektorns energianvändning uppdelat på förnybar energi, fossil energi och kärnkraft*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/energianvandning/>
- Boverket. (den 17 januari 2024b). *Energideklarationens innehåll*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/>
- E.ON. (den 15 februar 2024). *Fjärrvärmepriser*. Hämtat från E.ON: <https://www.eon.se/fjarrvarme/priser>
- Energimyndigheten. (2011). *Akkumulatortankar - Får värmen att räckta längre*. Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (den 2 Maj 2017). *Fjärrvärme*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/snabblankar/lattlast/hur-varmer-du-uppditt-hus/fjarrvarme/>
- Energimyndigheten. (den 21 juni 2023). *Sveriges energi- och klimatmål*. Hämtat från Energimyndigheten: <https://www.energimyndigheten.se/klimat--miljo/sveriges-energi--och-klimatmal/>
- Energimyndigheten. (den 12 Mars 2024). Hämtat från Energistatistik för lokaler: <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-lokaler/>

- Energimyndigheten. (den 13 Februari 2024). *Energistatistik för småhus*. Hämtat från <https://www.energimyndigheten.se/statistik/den-officiella-statistiken/statistikprodukter/energistatistik-for-smahus/>
- Erlström, M., Mellqvist, C., Schwarz, G., Gustafsson, M., & Dahlqvist, P. (2016). *Geologisk information för geoenergianläggningar - en översikt*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.
- Europeiska rådet. (den 17 Januari 2024). *Infografik - Ökningarna i energipriserna sedan 2021*. Hämtat från Europa.eu: <https://www.consilium.europa.eu/sv/infographics/energy-prices-2021/>
- Free energy. (u.å.). *Free energy*. Hämtat från Solen som drivkraft: <https://www.free-energy.com/se/solenergi>
- Hemming, S. (den 9 april 2024). *Vad kostar det att installera bergvärme 2024*. Hämtat från Greenmatch: <https://www.greenmatch.se/blogg/2016/03/vad-kostar-det-att-installera-bergvaerme>
- Johansson, A.-S., & Mauritzson, L. (2024). *Tekniska krav och anvisningar Storkök*. Göteborg: Göteborgs Stad.
- Naturskyddsföreningen. (den 13 December 2023). *Vad är energikällor?* Hämtat från Naturskyddsföreningen: <https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-energikallor/>
- Naturvårdsverket. (den 26 januari 2024). *Överskottsvärme är en viktig resurs för omställning*. Hämtat från Naturvårdsverket: <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/klimatklivet/omstallning/overskottsvarme-ar-en-viktig-resurs-for-omstallning/>
- NIBE. (u. å.). *Bergvärme*. Hämtat från NIBE: <https://www.nibe.eu/sv-se/kunskapsbank/sa-fungerar-det/bergvarme>
- NIBE. (u.å.). *NIBE F1345*. Hämtat från NIBE: <https://www.nibe.eu/sv-se/produkter/varmepumpar/bergvarmepumpar/f1345>
- Norconsult. (den 14 September 2016). *Norconsult huvudägare till ASES*. Hämtat från Norconsult : <https://norconsult.se/aktuellt/norconsult-huvudaegare-till-ases/>
- Norconsult, & Brahed, T. (den 17 Maj 2021). ASES. Sverige.
- Nordic Climate Group. (den 23 januari 2024). *Eskilstuna kommun sparar 450 000 kWh genom värmeåtervinning i skolkök*. Hämtat från Nordic Climate Group: <https://www.nordicclimategroup.se/nyheter/2024/01/eskilstuna-kommun-sparar-450-000-kwh-genom-vaermeaatervinning-i-skolkoek/>
- Oebius, S. (den 7 maj 2024). Installationskostnad fjärrvärme Fredriks yrkesgymnasium. (A. Linderoth, & D. Lind, Intervjuare)
- Petersson, B.-Å. (2018). *Tillämpad byggnadsfysik*. Studentlitteratur.
- Regeringen. (u.å.). *Mål för energipolitiken*. Hämtat från Regeringen: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/mal-och-visioner-for-energi/>
- Regeringskansliet. (u. å.). *Mål för energipolitiken* . Hämtat från Regeneringskansliet.se: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/energi/mal-och-visioner-for-energi/>

- Salman Hassan. EKS Consulting. (2014). *Värmelagring*. Luleå: Norrbottens energikontor AB.
- SGU. (den 15 november 2023). *Temperaturmätningar i djupa borrhål*. Hämtat från Sveriges Geologiska Undersökning: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/energi/Geoenergi-geotermi-och-energilagring/temperaturmatningar-i-djupa-borrhål/>
- SMHI. (den 7 mars 2023). *Klimatindikator - solinstrålning*. Hämtat från SMHI.se: <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/stralning-1.17841>
- SMHI. (u.å). *Guide normalårskorrigerering - värme*. SMHI.
- Sveby. (2016). *Brukarindata undervisningebyggnader*. Stockholm: Sveby.
- Svenska Kyl & Värmepump föreningen. (u. å.). *Värmepumpar - Villa*. Hämtat från skvp.se: <https://skvp.se/varmepumpar/villa>
- Sveriges geologiska undersökning. (den 15 Maj 2023). *Bergvärme*. Hämtat från SGU: <https://www.sgu.se/samhallsplanering/energi/Geoenergi-geotermi-och-energilagring/bergvarme/>
- Wang, R., & Zhai, X. (2018). *Handbook of energy systems in green buildings*. Berlin: Springer.
- Warfvinge, C., & Dahlbom, M. (2020). *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Vattenfall. (2024). *Beräkna ditt fjärrvärmepris*. Hämtat från Vattenfall: <https://www.vattenfall.se/fjarrvarme/priser/se-ditt-pris/>
- Vattenfall. (2024). *Prishistorik över rörligt elpris*. Hämtat från Vattenfall: <https://www.vattenfall.se/elavtal/elpriser/rorligt-elpris/prishistorik/>
- Vattenfall. (u.å.). *Så fungerar fjärrvärme*. Hämtat från Vattenfall.se: <https://www.vattenfall.se/fjarrvarme/sa-fungerar-fjarrvarme/>

Ekvationsförteckning

Ekvation 1. Ekvation för värmeenergi	7
Ekvation 2. Carnot-COP	8
Ekvation 3. COP	8
Ekvation 4. Ekvation för primärenergital	9
Ekvation 5. Normalårskorrigerering.	13
Ekvation 6 Interneffekt från solinstrålning	15
Ekvation 7 Årligt energipris.....	18

Figurförteckning

Figur 1 Principskiss av ASES-systemet.....	4
Figur 2. Solfångare placerade på Fredriks yrkesgymnasiums tak. FOTO: Dennis Lind	5

Figur 3. Ackumulatortankar i värmecentralen på Fredrika Bremergymnasiet. FOTO: Dennis Lind.....	6
Figur 4. PEX-slangar som går ner i stenslagret på Fredriks yrkesgymnasium. FOTO: Dennis Lind	6
Figur 5. Bergvärmepumpens ingående delar.	8
Figur 6. Förenklad bild av hur bergvärme fungerar.....	10
Figur 7. Förenklad version av hur fjärrvärme fungerar	11
Figur 8. Driftbild över värmesystemet på Fredriks yrkesgymnasium.	12
Figur 9. Driftbild på värmepump 5 på Fredriks yrkesgymnasium.....	17
Figur 10. Energibalansen för Fredriks yrkesgymnasium över ett normalår.	20
Figur 11. Kostnaden per år mellan systemen ASES och Bergvärme.	22
Figur 12. Kostnaden per år mellan systemen ASES och Fjärrvärme alternativ 2.	22
Figur 13. Kostnaden per år mellan systemen ASES och Fjärrvärme alternativ 1.	23
Figur 14 Våning 1	33
Figur 15 Våning 2	33

Tabellförteckning

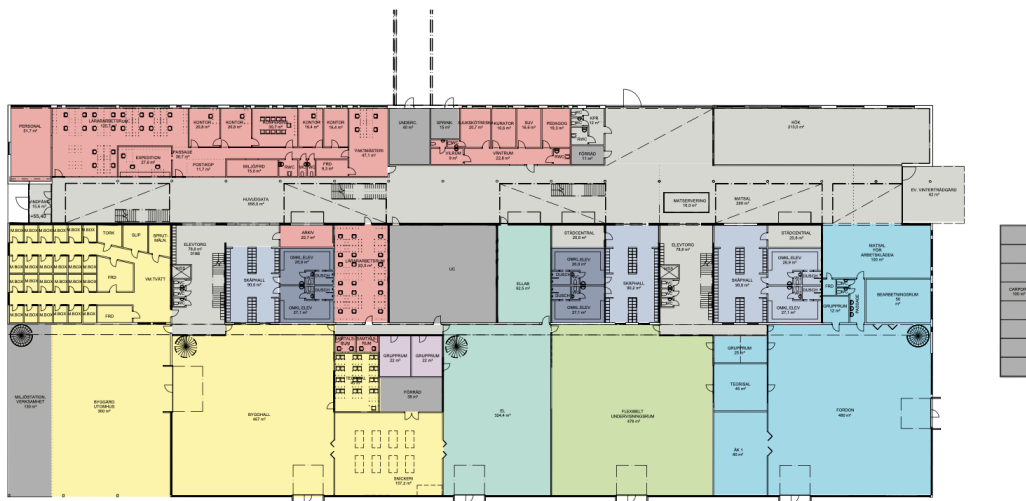
Tabell 1. Intervall för energiklassifikation baserat på energiprestanda.	9
Tabell 2. UA-värden för transmissionsförluster på Fredriks yrkesgymnasium.	14
Tabell 3. Luftflöden och temperaturverkningsgrader för FTX-aggregaten.	15
Tabell 4. Energiförluster från byggnaden.	15
Tabell 5. Energitillskott från internvärme.....	16
Tabell 6. Investeringskostnader för de olika energisystemen för Fredriks yrkesgymnasium.	18
Tabell 7. Energipriser inkl. skatt, moms och elcertifikatsavgift	18
Tabell 8. Normalårskorrigerad energianvändning och energiprestanda för Fredriks yrkesgymnasium under åren 2019–2023.	19
Tabell 9. El tillförd till kompressor för ASES och bergvärme	21
Tabell 10. Kostanden för de olika energisystemen i drift per år.....	23

7 Appendix

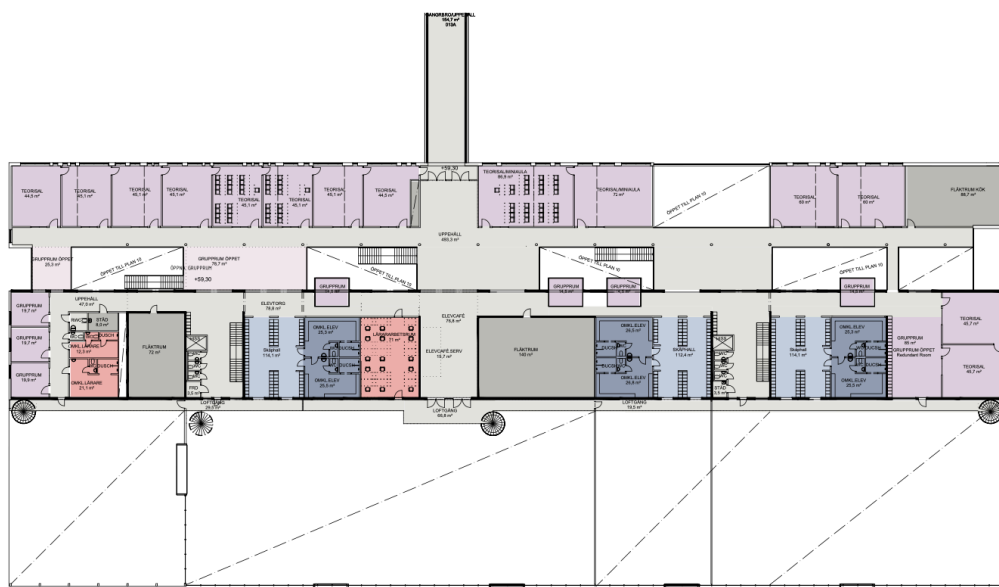
7.1 Sveby brukarindata för gymnasieskolor

Grund- och gymnasieskolor		Kök och matsal	Idrott, dusch mm.	Klassrum, grupprum mm.	Övr, teknik, förråd mm.
Rumstemperatur, börvärde Inom/ utanför drifttid (se kap 4)	Lägsta lufttemperatur (°C)	22	22	22	18
	Timmar/dygn/veckor	24/7/52	24/7/52	24/7/52	24/7/52
	Högsta lufttemperatur (°C)	-	-	-	-
	Timmar/dygn/veckor	-	-	-	-
Luftflöden (se kap 5)	Grund/forc. (l/sm ²)	2,0/4,0	2,0/4,0	3,0	0,35
	(h/d/v)/(h/d/v)	(5/5/44)/(5/5/44)	(5/5/44)/(5/5/44)	10/5/44	10/5/44
Solavskärmning (se kap 7)	Beteendestyrd avskärmning, g-värde	0,65	0,65	0,65	0,65
Tappvarmvatten-användning exkl. vvc-förluster (se kap 10)	(kWh/m ² ,år)	10	10	10	10
Verksamhetsel internlast (se kap 8)	(kWh/m ² ,år)	22	22	22	0
	Belysning (W/m ²)	5,0	5,0	5,0	0,0
	(Timmar/dygn/veckor)	(10/5/44)	(10/5/44)	(10/5/44)	-
	Utrustning (W/m ²)	5,0	5,0	5,0	0
	(Timmar/dygn/veckor)	(10/5/44)	(10/5/44)	(10/5/44)	-
Personvärme (se kap 9)	Persontäthet (p/m ²)	0,067	0,067	0,067	0
	Timmar/dygn/veckor	(6/5/44)	(6/5/44)	(6/5/44)	(6/5/44)
Vädringspåslag (se kap 6)	(kWh/m ² ,år)	4,0 (adderas till beräknad energiprestanda)			

7.2 Planritningar Fredriks yrkesgymnasium



Figur 14 Våning 1



Figur 15 Våning 2

7.3 Energideklaration Fredriks yrkesgymnasium

sammanfattning av

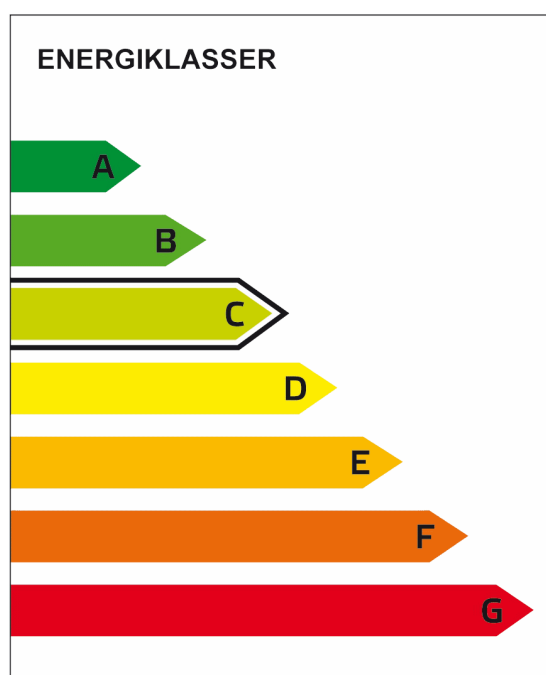
ENERGIDEKLARATION

Dalarövägen 62, 136 46 Handen

Haninge kommun

Nybyggnadsår: 2016

Energideklarations-ID: 1144252



DENNA BYGGNADS
ENERGIKLASS

Energiprestanda, primärenergital:
61 kWh/m² och år

**Krav vid uppförande av
ny byggnad, primärenergital:**
Energiklass C, 76 kWh/m² och år

**Specifik energianvändning
(tidigare energiprestanda):**
43 kWh/m² och år

Uppvärmningssystem:
Fjärrvärme och markvärmepump (el)

Radonmätning:
Utförd

Ventilationskontroll (OVK):
Delvis utförd

Åtgärdsförslag:
Har lämnats

Energideklarationen är utförd av:
Triac Sieb, EFK AB, 2020-11-25

Energideklarationen är giltig till:
2030-11-25

**Energideklarationen i sin helhet
finns hos byggnadens ägare.**

För mer information:
www.boverket.se

Sammanfattningen är upprättad enligt
Boverkets föreskrifter och allmänna råd
(2007:4) om energideklaration för byggnader.

Byggnaden - Identifikation

Län	Kommun	OBS! Småhus i bostadsrätt ska deklarerars av bostadsrättsföreningen.		
Stockholm	Haninge	<input type="checkbox"/> Egna hem (privatägda småhus)		
Fastighetsbeteckning (anges utan kommunnamn)		Egen beteckning		
Söderbymalm 8:2		Fredrika Bremergymnasiet yrkesskola		
Husnummer	Prefix byggnadsid	Byggnadsid	Orsak till avvikelse	
9	1	770962	Adressuppgifter är fel/saknas <input type="radio"/>	
Adress		Postnummer	Postort	Huvudadress
Dalarövägen 64		13646	Handen	<input type="radio"/>

Husnummer	Prefix byggnadsid	Byggnadsid	Orsak till avvikelse	
21	6	491247	Adressuppgifter är fel/saknas <input type="radio"/>	
Adress		Postnummer	Postort	Huvudadress
Dalarövägen 62		13646	Handen	<input checked="" type="radio"/>

Byggnaden - Egenskaper

Typkod 825 - Specialenhet, skolbyggnad		Byggnadskategori Lokalbyggnader	
Byggnadens komplexitet <input checked="" type="radio"/> Enkel <input type="radio"/> Komplex		Byggnadstyp Friliggande	
		Nybyggnadsår 2016	
Atemp (exkl. Avarmgarage) <input type="text" value="9999"/> m ²		Verksamhet Fördela enligt nedan:	
Avarmgarage <input type="text" value="0"/> m ²		Bostäder (inkl. biarea, t.ex. trapphus och uppvärmd källare) <input type="text"/>	
Antal källarplan uppvärmda till >10°C (exkl. garageplan) <input type="text" value="0"/>		Hotell, pensionat och elevhem <input type="text"/>	
Antal våningsplan ovan mark <input type="text" value="2"/>		Restaurang <input type="text"/>	
Antal trapphus <input type="text" value="0"/>		Kontor och förvaltning <input type="text"/>	
Antal bostadslägenheter <input type="text" value="0"/>		Butiks- och lagerlokaler för livsmedelshandel <input type="text"/>	
Finns till övervägande del lägenheter med boarea om högst 35 m ² vardera? <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej		Butiks- och lagerlokaler för övrig handel <input type="text"/>	
Projekterat genomsnittligt hygieniskt uteluftsflöde i lokalbyggnader eller flerbostadshus <input type="text" value="0,5"/> l/s,m ²		Köpcentrum <input type="text"/>	
Finns installerad eleffekt >10 W/m ² för uppvärmning och varmvattenproduktion <input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nej		Vård, dygnet runt <input type="text"/>	
Är byggnaden skyddad som byggnadsminne eller en sådan särskilt värdefull byggnad som avses i 8 kap 13 § PBL? <input checked="" type="radio"/> Nej <input type="radio"/> Ja, enligt 3 kap KML <input type="radio"/> Ja, enligt SBM-förordningen <input type="radio"/> Ja, är utpekad i detaljplan eller områdesbestämmelser <input type="radio"/> Ja, är utpekad i annan typ av dokument <input type="radio"/> Ja, egen bedömning		Vård, dagtid (samt serviceboende, frisersalong o. dyl) <input type="text"/>	
		Skolor (förskola-universitet) <input type="text" value="100"/>	
		Bad-, sport-, idrottsanläggningar (ej utomhusarenor) <input type="text"/>	
		Teater-, konsert-, biograflokaler och övriga samlingslokaler <input type="text"/>	
		Övrig verksamhet - ange vad <input type="text"/>	
		Summa <input type="text" value="100"/>	

Energianvändning

Mätperiod Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)		Beräknad energianvändning Beräknad energianvändning vid normalt brukande och ett normalår anges för byggnader där det inte går att få fram uppgifter om den uppmätta energianvändningen.																																																	
1910 - 2009		<input type="checkbox"/>																																																	
Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BFS 2016:12) Angivna värden ska inte vara normalårskorrigerade.		Övrig el som ingår i energiprestanda																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Energi för</th> <th></th> </tr> <tr> <th></th> <th>uppvärmning</th> <th>tappvarmvatten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fjärrvärme (1)</td> <td>122221</td> <td>11107 kWh</td> </tr> <tr> <td>Olja, fossil (2)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Gas, fossil (3)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Ved (4)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Flis/pellets/briketter (5)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Övrigt biobränsle (6)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (vattenburen) (7)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (direktverkande) (8)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (luftburen) (9)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Markvärmepump (el) (10)</td> <td>109817</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-frånluft (el) (11)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/luft (el) (12)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/vatten (el) (13)</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Tappvarmvatten (el) (14)</td> <td></td> <td>3940 kWh</td> </tr> </tbody> </table>		Energi för				uppvärmning	tappvarmvatten	Fjärrvärme (1)	122221	11107 kWh	Olja, fossil (2)		kWh	Gas, fossil (3)		kWh	Ved (4)		kWh	Flis/pellets/briketter (5)		kWh	Övrigt biobränsle (6)		kWh	El (vattenburen) (7)		kWh	El (direktverkande) (8)		kWh	El (luftburen) (9)		kWh	Markvärmepump (el) (10)	109817	kWh	Värmepump-frånluft (el) (11)		kWh	Värmepump-luft/luft (el) (12)		kWh	Värmepump-luft/vatten (el) (13)		kWh	Tappvarmvatten (el) (14)		3940 kWh	Fjärrkyla (15) kWh El för komfortkyla (16) kWh Fastighetsel ¹ (17) 145160 kWh	
Energi för																																																			
	uppvärmning	tappvarmvatten																																																	
Fjärrvärme (1)	122221	11107 kWh																																																	
Olja, fossil (2)		kWh																																																	
Gas, fossil (3)		kWh																																																	
Ved (4)		kWh																																																	
Flis/pellets/briketter (5)		kWh																																																	
Övrigt biobränsle (6)		kWh																																																	
El (vattenburen) (7)		kWh																																																	
El (direktverkande) (8)		kWh																																																	
El (luftburen) (9)		kWh																																																	
Markvärmepump (el) (10)	109817	kWh																																																	
Värmepump-frånluft (el) (11)		kWh																																																	
Värmepump-luft/luft (el) (12)		kWh																																																	
Värmepump-luft/vatten (el) (13)		kWh																																																	
Tappvarmvatten (el) (14)		3940 kWh																																																	
		Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel																																																	
		Summa ² (1-17) 392245 kWh																																																	
		Övrig energi (ingår inte i energiprestanda)																																																	
		Hushållsel ³ (18) kWh Verksamhetsel ⁴ (19) 254977 kWh																																																	
		Finns solvärme? Ange solfångararea Beräknad energiproduktion <input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nej 1032 m ² 176000 kWh/år																																																	
		Finns solcellssystem? Ange solcellsarea Beräknad elproduktion <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej m ² kWh/år																																																	
		Byggnadens energianvändning ⁵ (Normalårskorrigerat värde (Energi-index)) 432630 kWh/år																																																	
Ort (Energi-Index) Haninge		Byggnadens primärenergianvändning ⁶ 608674 kWh/år																																																	
Energiprestanda (primärenergital) 61 kWh/m ² , år	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav) 76 kWh/m ² , år	Referensvärde 2 (liknande byggnader) 126 kWh/m ² , år	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad) kWh/m ² , år																																																

¹ Den el som ingår i fastighetsenergin.

² Den energimängd som levereras till byggnaden vid normalt brukande.

³ Den el som ingår i hushållsenergin.

⁴ Den el som ingår i verksamhetsenergin.

⁵ Enligt definition i Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd.

⁶ Underlag för energiprestanda.

Energianvändning

Mätperiod Vilken 12-månadersperiod avser energiuppgifterna? (ange första månaden i formatet ÅÅMM)		Beräknad energianvändning Beräknad energianvändning vid normalt brukande och ett normalår anges för byggnader där det inte går att få fram uppgifter om den uppmätta energianvändningen.																																																																	
1910 - 2009		<input type="checkbox"/>																																																																	
Hur mycket energi har använts för värme och varmvatten angiven mätperiod? Värdena ska vara korrigerade för normalt bruk. (BFS 2016:12) Angivna värden ska inte vara normalårskorrigerade.		Övrig el som ingår i energiprestanda																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="2">Energi för</th> <th></th> </tr> <tr> <th></th> <th>uppvärmning</th> <th>tappvarmvatten</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fjärrvärme (1)</td> <td>122221</td> <td>11107</td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Olja, fossil (2)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Gas, fossil (3)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Ved (4)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Flis/pellets/briketter (5)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Övrigt biobränsle (6)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (vattenburen) (7)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (direktverkande) (8)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>El (luftburen) (9)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Markvärmepump (el) (10)</td> <td>109817</td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-frånluft (el) (11)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/luft (el) (12)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Värmepump-luft/vatten (el) (13)</td> <td></td> <td></td> <td>kWh</td> </tr> <tr> <td>Tappvarmvatten (el) (14)</td> <td></td> <td>3940</td> <td>kWh</td> </tr> </tbody> </table>			Energi för				uppvärmning	tappvarmvatten		Fjärrvärme (1)	122221	11107	kWh	Olja, fossil (2)			kWh	Gas, fossil (3)			kWh	Ved (4)			kWh	Flis/pellets/briketter (5)			kWh	Övrigt biobränsle (6)			kWh	El (vattenburen) (7)			kWh	El (direktverkande) (8)			kWh	El (luftburen) (9)			kWh	Markvärmepump (el) (10)	109817		kWh	Värmepump-frånluft (el) (11)			kWh	Värmepump-luft/luft (el) (12)			kWh	Värmepump-luft/vatten (el) (13)			kWh	Tappvarmvatten (el) (14)		3940	kWh	Fjärrkyla (15) <input type="text"/> kWh El för komfortkyla (16) <input type="text"/> kWh Fastighetsel ¹ (17) 145160 kWh	
	Energi för																																																																		
	uppvärmning	tappvarmvatten																																																																	
Fjärrvärme (1)	122221	11107	kWh																																																																
Olja, fossil (2)			kWh																																																																
Gas, fossil (3)			kWh																																																																
Ved (4)			kWh																																																																
Flis/pellets/briketter (5)			kWh																																																																
Övrigt biobränsle (6)			kWh																																																																
El (vattenburen) (7)			kWh																																																																
El (direktverkande) (8)			kWh																																																																
El (luftburen) (9)			kWh																																																																
Markvärmepump (el) (10)	109817		kWh																																																																
Värmepump-frånluft (el) (11)			kWh																																																																
Värmepump-luft/luft (el) (12)			kWh																																																																
Värmepump-luft/vatten (el) (13)			kWh																																																																
Tappvarmvatten (el) (14)		3940	kWh																																																																
		Energi för uppvärmning, tappvarmvatten, komfortkyla och fastighetsel																																																																	
		Summa ² (1-17) 392245 kWh																																																																	
		Övrig energi (ingår inte i energiprestanda)																																																																	
		Hushållsel ³ (18) <input type="text"/> kWh Verksamhetsel ⁴ (19) 254977 kWh																																																																	
		Finns solvärme? <input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nej																																																																	
		Ange solfångararea 1032 m ²	Beräknad energiproduktion 176000 kWh/år																																																																
		Finns solcellssystem? <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej																																																																	
		Ange solcellsarea <input type="text"/> m ²	Beräknad elproduktion <input type="text"/> kWh/år																																																																
		Byggnadens energianvändning ⁵ (Normalårskorrigerat värde (Energi-index)) 432630 kWh/år																																																																	
Ort (Energi-Index) Haninge		Byggnadens primärenergianvändning ⁶ 608674 kWh/år																																																																	
Energiförbrukning (primärenergital) 61 kWh/m ² ,år	Referensvärde 1 (enligt nybyggnadskrav) 76 kWh/m ² ,år	Referensvärde 2 (liknande byggnader) 126 kWh/m ² ,år	Referensvärde 3 (nybyggnadskrav för denna byggnad) <input type="text"/> kWh/m ² ,år																																																																

¹ Den el som ingår i fastighetsenergin.

² Den energimängd som levereras till byggnaden vid normalt brukande.

³ Den el som ingår i hushållsenergin.

⁴ Den el som ingår i verksamhetsenergin.

⁵ Enligt definition i Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd.

⁶ Underlag för energiprestanda.

Uppgifter om ventilationskontroll

Finns det krav på återkommande ventilationskontroll i byggnaden?	<input checked="" type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nej		
Typ av ventilationssystem	<input checked="" type="checkbox"/> FTX	<input type="checkbox"/> FT	<input type="checkbox"/> F med återvinning	
	<input type="checkbox"/> F	<input type="checkbox"/> Självdrag		
Är ventilationskontrollen utförd vid tidpunkten för energideklarationen?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nej	<input checked="" type="radio"/> Delvis ⁷	37 %
Är ventilationskontrollen utan anmärkning vid tidpunkten för energideklarationen?	<input type="radio"/> Ja	<input checked="" type="radio"/> Nej		

⁷ Avser när byggnaden har fler ventilationsaggregat.

Inspektion av uppvärmningssystem

Finns det ett uppvärmningssystem eller kombinerat rumsuppvärmnings- och ventilationssystem med en nominell effekt på rumsuppvärmning på över 70 kW?	<input checked="" type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nej	
Bedömningsgrund för fastställande av nominell effekt	Märkplåt		
Omfattas byggnaden av inspektionsskyldighet?	<input checked="" type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nej	
Ange systemets nominella effekt	415 kW	Ange yta som betjänas	10478 m ²
Är värmegenerators storlek och verkningsgrad lämplig för byggnadens behov?	<input checked="" type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nej	
Kommentar	6 Stycken värmepumpar a 60 kW styck använder sandlager under markplatta som värmesänka. Sandlager värms med 344m ² solfångare. Fjärrvärmväxlare 175 kW spetsar. Månadsmätning av värmepumpar saknas. likaså mätare för fjärrvärme, solvärme och sandlager.		
Om värmegenerators storlek är olämplig eller om verkningsgraden bedöms som alltför låg, ange lämpliga åtgärder under "Rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder" nedan.			

Inspektion av luftkonditioneringsystem

Finns det ett luftkonditioneringsystem eller kombinerat luftkonditionerings- och ventilationssystem med en nominell effekt på över 70 kW?	<input type="radio"/> Ja	<input checked="" type="radio"/> Nej
Bedömningsgrund för fastställande av nominell effekt	Saknas	

Uppgifter om radon

Är radonhalten mätt?	<input checked="" type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nej	
Radonhalt	150 Bq/m ³	Typ av mätning ⁸	Datum för radonmätning
		Långtidsmätning enligt SSM	2018-05-07

⁸ Korttidsmätning har inte samma noggrannhet som en långtidsmätning. Korttidsmätningen kan inte heller ligga till grund för att söka radonbidrag eller andra myndighetsbeslut.

Utförda energieffektiviseringsåtgärder sedan föregående energideklaration

Rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder

Åtgärdsförslag (Dekl.id: 1144252)

Styr- och reglerteknik	Installationsteknik	Byggnadsteknik
<p>Värme</p> <p><input type="checkbox"/> Nya radiatorventiler</p> <p><input type="checkbox"/> Injustering av värmesystem</p> <p><input type="checkbox"/> Tids-/behovsstyrning av värmesystem</p> <p><input type="checkbox"/> Rengöring och/eller luftning av värmesystem</p> <p><input type="checkbox"/> Maxbegränsning av innetemperatur</p> <p><input type="checkbox"/> Ny inomhusgivare</p> <p><input type="checkbox"/> Byte/installation av tryckstyrda pumpar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Annan åtgärd</p> <p>Ventilation</p> <p><input type="checkbox"/> Injustering av ventilationssystem</p> <p><input type="checkbox"/> Tidsstyrning av ventilationssystem</p> <p><input type="checkbox"/> Behovsstyrning av ventilationssystem</p> <p><input type="checkbox"/> Byte/installation av varvststyrda fläktar</p> <p><input type="checkbox"/> Annan åtgärd</p> <p>Belysning, kylning m.m.</p> <p><input type="checkbox"/> Tids-/behovsstyrning av belysning</p> <p><input type="checkbox"/> Tids-/behovsstyrning av kyla</p> <p><input type="checkbox"/> Annan åtgärd</p>	<p><input type="checkbox"/> Varmvattenbesparande åtgärder</p> <p><input type="checkbox"/> Energieffektiv belysning</p> <p><input type="checkbox"/> Isolering av rör och ventilationskanaler</p> <p><input type="checkbox"/> Byte/installation av värmepump</p> <p><input type="checkbox"/> Byte/installation av energieffektiva värmekälla</p> <p><input type="checkbox"/> Byte/komplettering av ventilationssystem</p> <p><input type="checkbox"/> Återvinning av ventilationsvärme</p> <p><input type="checkbox"/> Installation av solvärme</p> <p><input type="checkbox"/> Installation av solceller</p> <p><input type="checkbox"/> Annan åtgärd</p>	<p><input type="checkbox"/> Tilläggsisolering vindsbjälklag/tak</p> <p><input type="checkbox"/> Tilläggsisolering väggar</p> <p><input type="checkbox"/> Tilläggsisolering källare/mark</p> <p><input type="checkbox"/> Byte till energieffektiva fönster/fönsterdörrar</p> <p><input type="checkbox"/> Komplettering fönster/fönsterdörrar med innerruta</p> <p><input type="checkbox"/> Tätning fönster/fönsterdörrar/ytterdörrar</p> <p><input type="checkbox"/> Annan åtgärd</p>
<p>Minskad energianvändning</p> <p>2400 kWh/år</p>	<p>Kostnad per sparad kWh</p> <p>0,17 kr/kWh</p>	
<p>Beskrivning av åtgärden</p> <p>Teknisk isolering ledning i värmeväxlare.</p>		

Övrigt

Har byggnaden besiktigats på plats?	Vid nej, vilket undantag åberopas
<input checked="" type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Nej	<div style="background-color: #cccccc; height: 15px; width: 100%;"></div>
Kommentar	
Uppmätt rumstemperatur plan 2 20201117: 21°C. Oisolerade ledningar i värmväxlare. Specifik Ep enligt energibalans 20140328 35,4 kWh/m ² ·år varav fjärrvärme 0,4 kWh/m ² ·år. Mätpunkter bör utökas.	

Uppgift om anställning hos uppdragsgivaren

Är du anställd hos den som är skyldig att se till att det finns en energideklaration eller ett inspektionsprotokoll?	<input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nej
--	---

Expert

Förman	Efternamn	
Triac	Sieb	
Datum för godkännande	E-postadress	
2020-11-25	enfore@hotmail.com	
Certifikatnummer	Certifieringsorgan	Behörighetsnivå
3817	Kiwa Swedcert	Kvalificerad
Företag		
EFK AB		

Byggnaden - Identifikation

Län Stockholm	Kommun Haninge	Dekl.id 1144252
Fastighetsbeteckning Söderbymalm 8:2		Energideklarationen upprättad 2020-11-25
Adress Dalarövägen 62	Postnummer 136 46	Postort Handen

Endast huvudadressen från energideklarationen visas.

Information om byggnadens energiprestanda och verifiering av energikrav

Vid vissa tillfällen kan det vara viktigt att ha information om byggnadens energiprestanda enligt tidigare gällande regler, exempelvis om energideklarationen används för verifiering i ett bygglovsärende. Byggnadens energiprestanda och energiklass följer kraven i Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd (BBR). Hur energiprestanda har beräknats och uttryckts i BBR har ändrats vid några tillfällen. Därför kan information i energideklarationer vara olika över tid. I denna bilaga finns en översikt över byggnadens energiprestanda beräknat enligt olika versioner av BBR.

Det är primärenergitalet och energiklassen i energideklarationens sammanfattning som är den gällande energiprestandan för byggnaden.

Byggnadens energiprestanda

I tabellen finns byggnadens energiprestanda enligt olika versioner av BBR.

Boverkets byggregler	Energiprestanda
Specifik energianvändning enligt BBR 24 ¹ och tidigare	43 kWh/m ² och år
Primärenergital enligt BBR 25 ²	60 kWh/m ² och år
Primärenergital enligt BBR 29 ³	61 kWh/m ² och år

Varför skiljer sig energiprestandan åt?

Du hittar mer information om byggnadens energiprestanda på Boverkets webbplats. Besök webbsida:
www.boverket.se/energi eller skanna QR-koden.



7.4 Energianvändning Fredriks yrkesgymnasium

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	kWh/m ² år
2023	76 998	78 442	85 715	63 712	58 221	41 488	35 082	43 104	51 469	62 947	70 509	72 176	77,88
2022	76 512	76 973	71 597	61 702	55 366	40 205	34 442	42 947	53 549	55 587	74 624	85 363	76,72
2021	66 320	75 328	65 488	55 504	56 390	42 877	35 302	43 299	53 886	52 310	63 478	84 998	73,18
2020	61 344	61 856	63 875	46 947	48 282	42 349	35 731	43 462	51 306	39 459	56 582	52 925	63,59
2019	81 552	64 080	59 325	47 094	50 669	36 259	30 307	40 563	48 080	54 131	56 317	56 794	65,81

7.5 Sammanställning energibehov, överskottsenergi och energi från solfångare

Månad	E _{uppvärmning} [kWh]	E _{solfångare} [kWh]	E _{överskott} [kWh]
Jan	138 380	6 670	- 105 368
Feb	193	19 180	- 75 210
Mar	93 518	48 785	- 35 787
Apr	37 787	92 529	42 752
Maj	8 616	120 277	85 372
Jun	2 045	120 550	89 807
Jul	208	131 803	99 237
Aug	794	92 997	67 933
Sep	14 210	57 585	32 410
Okt	56 792	29 552	- 21 791
Nov	97 863	10 729	- 69 707
Dec	125 772	4 156	- 97 293
Summa	689 178	734 812	12 354

7.6 ASES COP och COP_c

Temp lager [°C]	23	23	10	10	16,5	16,5
Temp efter [°C]	60	40	60	40	60	40
COP _c	9,00	18,42	6,66	10,44	7,66	13,33
Verkningsgrad	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
COP	4,50	9,21	3,33	5,22	3,83	6,66

7.7 Bergvärme COP och COP_c

Temp lager [°C]	10	10	5	5	7	7
Temp efter [°C]	60	40	60	40	60	40
COP _c	6,66	10,44	6,06	8,95	6,29	9,49
Verkningsgrad	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
COP	3,33	5,22	3,03	4,47	3,14	4,75

7.8 COP för hela system, ASES och Bergvärme

60 °C	Behöver täcka [kWh]	COP medel-temp	COP hög-temp	COP låg-temp	Tillfört medel [kWh]	Tillförd hög [kWh]	Tillförd låg [kWh]	COP syst. Medel	COP syst. Hög	COP syst. Låg
ASES	492 625	3,83	4,50	3,33	128 638	109 416	147 860	5,36	6,30	4,66
Bergvärme	689 178	3,14	3,33	3,03	219 266	206 855	227 540	3,14	3,33	3,03



CHALMERS