



Förvärmning av ventilationsluft med ytjordvärmeslinga

Kevin Salwathura

Examensarbete
Energi- och miljöteknik
2021

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	7625
Författare:	Kevin Salwathura
Arbetets namn:	Förvärmning av ventilationsluft med ytjordvärmeslinga
Handledare (Arcada):	Kim Skön
Uppdragsgivare:	NIBE Energy Systems
<p>Sammandrag:</p> <p>För att nå målet med energisnåla småhus, så behöver man hitta på lösningar om hur en kan minska en byggnads energianvändning och hur man bättre kan utnyttja de energiresurser vi har. Det finns vanligtvis krav som till exempel hur hög energiförbrukningen för en byggnad får vara. För att bemöta dessa standarder, underlättar det att byggnader har energismarta lösningar där energianvändningen minimeras.</p> <p>I vanliga bostadshus är ventilationens energiandel en relativt stor del av byggnadens totala energibehov. Värmeåtervinning i ventilationen är ett system där byggnadens värme återvinns för att förvärma inkommande luft till byggnaden. För att den inkommande luften ska ha en så behaglig temperatur som möjligt för människorna som befinner sig i huset, finns det vanligtvis ett värmebatteri som höjer vid behov tilluftstemperaturen till önskat värde. Detta värmebatteri använder till exempel el, fjärrvärme eller värmepumpseffekt som energikälla. Under de kalla årstiderna är effektbehovet så stort i ventilationen att man förbrukar mycket energi i värmebatteriet. Beroende på värmekällan, kan kostnaderna vara betydliga i proportion till husets storlek.</p>	
Nyckelord:	VVS, Ytjordvärme, Energieffektivitet, Förnybar energi
Sidantal:	47
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	02.06.2021

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energi- och miljöteknik
Identification number:	7625
Author:	Kevin Salwathura
Title:	Ventilation preheating with geothermal ground loop
Supervisor (Arcada):	Kim Skön
Commissioned by:	NIBE Energy Systems
<p>Abstract:</p> <p>To achieve the goal of energy-efficient detached houses, you need to find solutions on how to reduce a building's energy use and how to make better use of the energy resources we have. There are usually requirements such as how high the energy consumption for a building can be. To meet these standards, it facilitates that buildings have energy-smart solutions where energy use is minimized.</p> <p>In ordinary residential buildings, the energy share of ventilation is a relatively large part of the building's total energy needs. Heat recovery in ventilation is a system where the building's heat is recovered to preheat incoming air to the building. In order for the incoming air to have as comfortable temperature as possible for the people who are in the building, there is usually a heating coil that raises the supply air temperature to the desired value. This pre-heating battery uses, for example, electricity, district heating or heat pump power as an energy source. During the cold seasons, the power requirement is so great in the ventilation that a lot of energy is consumed in the heating coil. Depending on the heat source, the costs can be significant in proportion to the size of the house.</p>	
Keywords:	Hvac, Renewable energy, Energyefficiency, Groundsource
Number of pages:	47
Language:	Swedish
Date of acceptance:	02.06.2021

Förord

Jag vill rikta ett tack till min uppdragsgivare Markus Olander från NIBE Energy Systems för vägledning och goda råd längs vägen. Jag vill också tacka min handledare Kim Skön från Yrkeshögskolan Arcada för all hjälp jag fått.

Jag vill även rikta ett stort tack till min familj. Min mamma, syster och sambo som stött och hjälpt mig under arbetes gång.

Helsingfors, 30.05.2021

Kevin Salwathura

INNEHÅLL

1	Inledning.....	9
1.1	Problembeskrivning.....	10
1.2	Syfte och mål.....	10
1.3	Avgränsningar	10
2	Teori.....	11
2.1	Ytjordvärme	11
2.2	Ytjordvärmens funktion	12
2.2.1	<i>Markslingan</i>	13
2.2.2	<i>Fri kyla från markslingan</i>	13
2.2.3	<i>Kollektorvätska</i>	14
2.3	Ventilation.....	14
2.4	Värmeväxlare	15
2.4.1	<i>Analys av en värmeväxlare</i>	15
2.4.2	<i>Logaritmisk medeltemperaturskillnad</i>	17
2.5	Fövärmningsbatteri	18
2.5.1	<i>Fövärmningsbatteriets prestanda</i>	19
3	Genomförande.....	22
3.1	Exempelbostad.....	23
3.1.1	<i>Beräkning av energi för uppvärmning av läckluft:</i>	24
3.1.2	<i>Beräkning av värmeenergi som leds genom konstruktionen</i>	25
3.1.3	<i>Beräkning av energi för uppvärmning av ventilationsluft</i>	25
3.1.4	<i>Beräkning av årligt värmeenergibehov</i>	26
3.2	Systempresentation	27
3.3	Matematisk modellering av värmeväxlaren.....	28
3.3.1	<i>Beräkning av fövärmningsbatteriets värmeupptagningsförmåga</i>	29
3.3.2	<i>Beräkning av den aritmetiska medeltemperaturen</i>	30
3.3.3	<i>Beräkning av värmeöverföring i värmeväxlaren</i>	30
3.4	Matematisk modellering av ytjordvärmeslingan	32
3.5	Energibalans	34
4	Resultat	36
4.1	Energiberäkningarnas resultat	36
4.1.1	<i>Resultat: januari - april</i>	37
4.1.2	<i>Resultat: maj - augusti</i>	38
4.1.3	<i>Resultat: september - december</i>	39
4.2	Visuell presentation av resultat	40

4.3	Jämförelse av system med och utan förvärmning	41
5	Diskussion	42
6	Källor	43
7	Bilagor	45

Figurer

Figur 1. Finlands luft- och marktemperatur (Geologia.fi 2019).....	11
Figur 2. Värmepumpens funktion (Wikipedia.org 2012)	12
Figur 3, Schematisk bild över luftflödena i en bostad (Bostadsrätterna.se 2011)	14
Figur 4: Med- och motflödes värmeväxlare (Heat and mass transfer 2015).....	17
Figur 5. Vallox MLV Multi 200 förvärmningsbatteri (Vallox 2021).....	19
Figur 6, Kollektorvätskans nedkylning före och efter förvärmningsbatteri (Vallox).....	20
Figur 7, Förvärmningsbatteriets uppvärmningskapacitet (Vallox).....	21
Figur 8, Finlands klimatzoner (Ymparisto.fi 2021).....	23
Figur 9, System presentation (Salwathura, K 2021).....	27
Figur 10. Samband mellan tilluftens temperature före och efter förvärmningsbatteriet.	36
Figur 11. Förvärmningsbatteriets prestanda under undersökningsperiod: januari - april (Salwathura, K 2021).....	38
Figur 12. Förvärmningsbatteriets prestanda under undersökningsperiod: maj - augusti (Salwathura, K 2021).....	39
Figur 13. Förvärmningsbatteriets prestanda under undersökningsperiod: september - december (Salwathura, K 2021)	40
Figur 14. Visuell representation av användningen av förvärmning och förkylning under undersökningsperiod: januari - april (Salwathura, K 2021)	41
Figur 15. Visuell representation av användningen av förvärmning och förkylning under undersökningsperiod: maj - augusti (Salwathura, K 2021)	41
Figur 16. Visuell representation av användningen av förvärmning och förkylning under undersökningsperiod: september - december (Salwathura, K 2021).....	41

Tabeller

Tabell 1. Fastighetens U-värden, areor, lambdavärden samt längder	24
Tabell 2. Energiuttag under undersökningsperiod: januari - april (Salwathura, K 2021)	38
Tabell 3. Tabell 3. Energiuttag under undersökningsperiod: maj - augusti (Salwathura, K 2021).....	39
Tabell 4. Tabell 3. Energiuttag ur marken under undersökningsperiod: september - december (Salwathura, K 2021)	40
Tabell 5. Jämförelse av system med och utan förvärmning (Salwathura, K 2021).....	42

1 INLEDNING

I ett land som Finland där största delen av året spenderas i kalla förhållanden är uppvärmningen viktig, men inte ekonomisk eller miljövänlig. Det investeras i många nya olika alternativ för att få minimera energikonsumtionen. Det är ytterst viktigt att minska våra byggnaders energiförbrukning för att kunna nå målen om en minskad energianvändning och en ökad användning av förnybara energiresurser. I Finland består 30 % av allt växthusgasutsläpp av energiförbrukning i byggnader. Därför är det angeläget att begrunda energieffektivitet både vid renovering, reparation samt nybygge. Det är också viktigt att kontrollera elförbrukningen för att ha möjlighet att minska byggnadernas miljöpåverkan. Finland bidrar till EU:s arbete och mål att minska energianvändningen. Detta mål är att reducera elanvändningen med 50 % till år 2030, jämfört med vad den var 2005. Ett annat mål EU har skapat är att sänka nettoutsläppet av växthusgaser till noll år 2045. För att nå dessa mål behöver vår användning av fossila bränslen slopas. Samtidigt måste det skapas nya miljövänligare sätt att använda mindre energi. I och med att energipriserna ständigt ökar, har en ny marknad av energiproduktion skapats. Idag finns det ett betydligt större behov av skapande av nya förnybara lösningar som inte endast är miljövänligare, utan även betydligt mer energisnåla.

Ventilationen i småhus står typiskt för upp till 20-40 % av husets uppvärmningsenergi (Vallox, 2021). Vid kalla utetemperaturer måste luften värmas innan den tillförs byggnaden vilket höjer på energianvändningen rejält. Uppvärmningsprocessen sker vanligtvis i ventilationsagregat som är kopplad till elnätet.

I detta projekt har en bostad i Österbotten i Finland utvärderats. Under projekteringen av bostaden har det utförts energiberäkningar för att göra en grundligare utredning av bostadens energibehov. I bostaden förvärms tilluften med ett förvärmingsbatteri som använder en ytjordvärmeslinga med marken som energikälla med syfte att sänka husets energianvändning. I arbetet har tilluftens förvärmning med ytjordvärmeslinga utvärderats med fokus på energibesparing.

1.1 Problembeskrivning

Ett vanligt problem med frånluftsvärmepumpar är att kompressorerna går på högre varvtal under låga uteluftstemperaturer. Detta leder till att frånluftsvärmepumpen i det långa loppet kommer att ha en kortare användningstid. Inte nog med det, så kostar det även betydligt mer under vintermånaderna, eftersom den kalla luften behöver bli uppvärmd. Detta betyder att energianvändningen ökar under dessa perioder. Detta problem skall lösas med hjälp av förvärmning av uteluften innan den går in i värmeväxlaren. Uteluften förvärms i ett förvärmningsbatteri under de månaderna som det är kallare ute, det vill säga då värmebehovet i bostaden är som störst. Genom att förvärma luften med nästan gratis värme från en markslinga är tanken att byggnadens energianvändning och effektopparna i frånluftspumpen skall minska. Under sommarmånaderna är det även tänkt att man ska kunna använda systemet till att förkyla den varma uteluften för att få ett bra inomhusklimat samt för att återladda markslingan med värme.

1.2 Syfte och mål

Intresset med denna studie är att utvärdera energibesparningen i systemet. Arbetets syfte är att besvara följande frågeställning: Hur mycket kan fastighetens energianvändning minskas med uppvärmning av tilluft med en ytjordvärmeslinga?

Resultatet av denna utvärdering är av intresse för NIBE Energy System som planerar att använda sig av den utvärderade förvärmningstekniken.

1.3 Avgränsningar

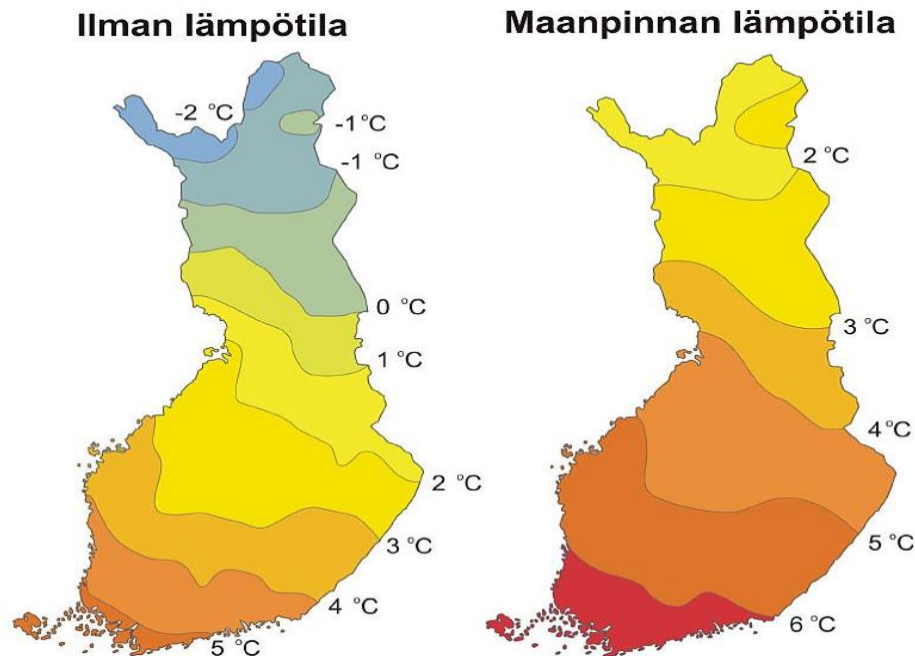
I detta arbete har det endast tagits i beaktande småhuset i frågas energiförbrukning och förvärmningssystemet. Energin som används till utformningen av markslingan, såsom grävning, transporter, materialanvändning och energianvändning för nödvändiga komponenter har inte tagits i beaktande. Vid bedömningen av om energiförbrukningen minskas eller ej menas endast fastighetens energianvändning.

2 TEORI

Under denna rubrik beskrivs den bakgrund samt nödvändiga teori som ligger till grund för detta arbete.

2.1 Ytjordvärme

Ytjordvärme är ett kostnadseffektivt och miljövänligt sätt att värma upp ett hus. En jordvärmepump bygger på samma princip som sjövärme eller bergvärme. Ytjordvärme innebär kortfattat att en värmepump sammankopplas med en kollektorslang som är nergrävd cirka en meter under markytan. I marken finns det värme som har lagrats året runt av solen. I figur 1 nedan visas genomsnittlig lufttemperatur samt markens yttemperatur för olika temperaturzoner i Finland. Vid dom sydligaste delarna av Finland uppgår markens yttemperatur till 6 °C och vid dom kallaste delarna endast 2 °C.

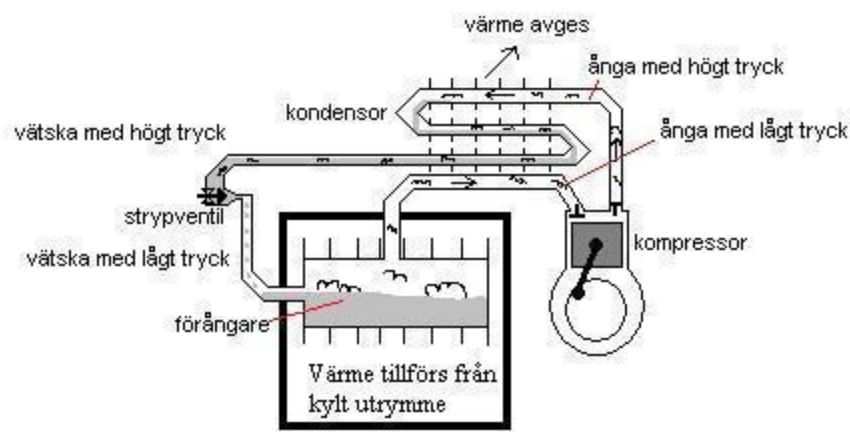


Figur 1. Finlands luft- och marktemperatur (Geologia.fi 2019)

2.2 Ytjordvärmens funktion

Utgångspunkten för alla värmepumpar är att man utnyttjar den värme som naturligt finns i exempelvis marken, sjöbotten eller luften. När det kommer till ytjordvärme så är idén att uppsamla värme över en yta av marken. Detta fungerar i praktiken genom att man gräver upp en yta mark, där en kollektorslang blir placerad. Exakt hur djup och hur kollektorslingan blir placerad beror på förutsättningarna för tomten och vilken jordtyp jorden är. Generellt sett blir slingan placerad på en meters djup och med ungefär en och en halv meters mellanrum mellan slangens slingor.

I kollektorslangen finns det en köldbärare, som strömmar genom hela slangen. Oftast består blandningen av vatten och etanol eller etylenglykol. Denna vätska fryser inte förrän riktigt låga temperaturer och har en väldigt god förmåga att uppta värme. På vägen genom marken så värms denna kalla vätska i kollektorslangen upp oavsett hur kallt det är ute. När slangen har fångat upp värmen runt hela slangen så förs den vidare till värmepumpen. Värmepumpen tar då emot köldbärarvätskan där vätskan omvandlas till gasform. Detta innebär att gasen som nu bildas, sätts under tryck av värmepumpens kompressor. Kompressorn ökar på trycket av gasen och höjer samtidigt dess temperatur till en nivå som är användbar för byggnadens värmedistributionssystem.



Figur 2. Värmepumpens funktion (Wikipedia.org 2012)

2.2.1 Markslingan

Under sommaren deponeras solvärme i markens ytskikt. Att använda denna energi för uppvärmning är en mycket praktisk lösning för boenden med stora energibehov i Finland. Ytjordvärme används istället för bergvärme vid områden var man inte har lov att borra kollektorbrunn eller ifall man har tillgång till en större markyta. Ytjordvärme utvinns genom nergrävda plastslangar som fylls med en speciell vätska. Denna vätska kallas för kollektorvätska eller i vissa fall köldbärare och består ofta av en vatten och glykol blandning. Plaströren grävs ner på ca. 1 meters djup och placeras med 1,5 m avstånd från varandra. I vissa fall med brist om markyta kan även kollektorslangarna placeras i olika lager ända ned till ca. 5-10 m djup.

I detta arbete använder man samma teknik, fast genom ett fritt flödande system. Kollektorvätskan cirkulerar genom kollektorslangen som senare förs vidare till förvärmningsbatteriet som är placerat i uteluft/tilluftskanalen där vätskan går igenom en värmeväxlare. När uteluften strömmar genom värmeväxlaren värms den upp med ett flertal grader, vilket rent teoretiskt resulterar i att värmepumpen inte behöver jobba lika hårt. Detta resulterar då i andra hand även att fastighetens energianvändning sänks.

2.2.2 Fri kyla från markslingan

Markslingans krets kan också användas för kylning, eftersom kretsens kylmedietemperatur är relativt låg på sommaren. När markslingans krets är ansluten till förvärmningssystemet fungerar den automatiskt som en källa för både markvärme och markkyla, beroende på utetemperatur.

Under kylningssäsonger lagrar markkretsen värme i jorden och hjälper marken återhämta sig från de temperaturer som sjönk under värmesäsongen. Samtidigt håller den markkretsen varmare i början av värmesäsongen och förbättrar effektiviteten hos till exempel en markvärmepump eftersom värmepumpen då inte behöver höja temperaturen på den värmeenergi man får ur jorden lika mycket.

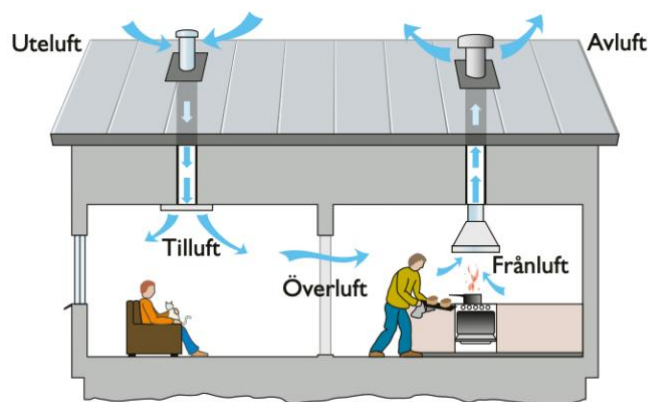
2.2.3 Kollektorvätska

En kollektorvätska är en energibärare som används för att förflytta värme från en kall plats till en varm och vice versa. Kollektorvätskan används både i värme- och kylutrustning för till exempel värmepumpar, kylskåp och luftkonditionering.

Vid användning av kollektorvätskan och en värmepump, så pumpas vätskan runt i kollektorslangen av värmepumpen. Vid sin resa ut och in i kollektorslangen värmer jordens varmare temperatur upp vätskan och när den väl är vid slutdestination så är den några grader varmare än när den åkte ut. Köldbäraren, det vill säga vätskan från kollektorslangen, pumpas in i värmepumpens förångare och värmer upp en annan vätska. Denna vätska kallas för köldmedium och dess egenskap är att den har en väldigt låg kokpunkt.

2.3 Ventilation

Ventilation är en process där man avsiktligt inför ny och ren uteluft till ett utrymme, samtidigt som man avlägsnar gammal luft. Denna process kan åstadkommas med naturliga eller mekaniska ventilationssystem. Grundprincipen för alla ventilationssystem är att den använda luften, frånluft sugas ut från luktbelastade rum såsom badrum och kök. Luften som tillförs i byggnaden kallas för tilluft eftersom den tillförs i utrymmen för dagligsamvaro såsom vardagsrum eller sovrum. Avluft är den luft som lämnar byggnaden, till exempel luften passerat värmeåtervinningen.



Figur 3, Schematisk bild över luftflödena i en bostad (Bostadsrätterna.se 2011)

Frånluftsvärmepumparnas teknik bygger på att först ventileras fastigheten och sedan återföra värmeenergin från ventilationsluften för att värma upp tappvattnet och värmesystemet. Frånluftsvärmepumpen hämtar energin från den redan förbrukade luften som transporteras från byggnadens olika utrymmen via ett kanalsystem. Med denna metod återvinner en frånluftsvärmepump energi från tidigare förbrukad luft, så kallat frånluft. För att effektivisera frånluftsvärmepumpen kan man bygga in ett förvärmingsbatteri system i tilluftkanalen. Detta förvärmingsbatteri kräver naturligtvis en energikälla för att värma upp den kalla luften och minska på frånluftsvärmepumpens energiförbrukning.

2.4 Värmeväxlare

En värmeväxlare används för att överföra värme från en vätska, gas eller luft till en annan. Värmeväxlare används i en mängd olika användningsområden, allt från hemuppvärmnings- och kylsystem till kemisk raffinering och kraftproduktion i stora anläggningar. Syftet med en värmeväxlare är att ta vara på den värme eller kyla som hittas i luft, gas eller vätskeflöden, för att den inte skall bli förlorad. Värmeöverföringen i en värmeväxlare åstadkoms typiskt genom att ett varmare flöde överför värme till ett kallare flöde. Vid värmeväxlaranalys är det nödvändigt att använda en genomsnittlig värmeöverföringskoefficient (U) som redovisar bidraget för effekterna för värmeöverföringen.

2.4.1 Analys av en värmeväxlare

Värmeväxlare arbetar vanligtvis under långa perioder utan att dess driftstid ändras. Därför kan dessa modelleras som steady-flow-enheter. Som sådan förblir massflödes hastigheten för varje flöde konstant såsom temperatur och hastighet vid varje inlopp eller utlopp förblir densamma. Fluidströmmarna upplever också en liten eller ingen förändring i deras hastigheter eller höjder, och därmed är de kinetiska och potentiella energiförändringarna försumbara. Den specifika värmekapaciteten hos en vätska förändras i allmänhet med temperaturen. Men inom ett angivet temperaturintervall kan den behandlas som en konstant med något medelvärde med liten förlust i noggrannhet. Slutligen antas

värmeväxlarens yttre yta vara perfekt isolerad, så att det inte finns någon värmeförlust till det omgivande mediet och eventuell värmeöverföring sker endast mellan de två flödena.

De idealiseringar som anges ovan är nära tillnärmelsevis som i praktiken, och de förenklar analysen av en värmeväxlare avsevärt. Därför används de ofta. Enligt dessa antaganden kräver termodynamikens första huvudsats att värmeflödet från det heta flödet är lika med värmeflödet till den kalla, enligt formlerna (1.1) och (1.2).

$$\dot{Q} = \dot{m}_c \cdot c_{pc} \cdot (T_{c,out} - T_{c,in}) \quad (1.1)$$

och

$$\dot{Q} = \dot{m}_h \cdot c_{ph} \cdot (T_{h,in} - T_{h,out}) \quad (1.2)$$

där:

\dot{m}_c, \dot{m}_h	=	Massflödes hastighet [kg/s]
c_{pc}, c_{ph}	=	Specifik värmekapacitet [$\frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$]
$T_{c,out}, T_{h,out}$	=	Utloppstemperatur [$^\circ\text{C}$]
$T_{c,in}, T_{h,in}$	=	Inloppstemperatur [$^\circ\text{C}$]

Observera att värmeflödet \dot{Q} anses vara en positiv kvantitet, och dess riktning förstås vara från den heta vätskan till den kalla sidan i enlighet med termodynamikens andra huvudsats. Med värmekapacitetsflöde avses produkten av massflödet och den specifika värmekapaciteten och beräknas enligt (1.3) och (1.4).

$$C_h = \dot{m}_h c_{ph} \quad (1.3)$$

och

$$C_c = \dot{m}_c c_{pc} \quad (1.4)$$

Värmeflödet i en värmeväxlare kan också uttryckas på ett analogt sätt med Newtons kylningslag som (1.5).

$$\dot{Q} = UA_s \Delta T_{am} \quad (1.5)$$

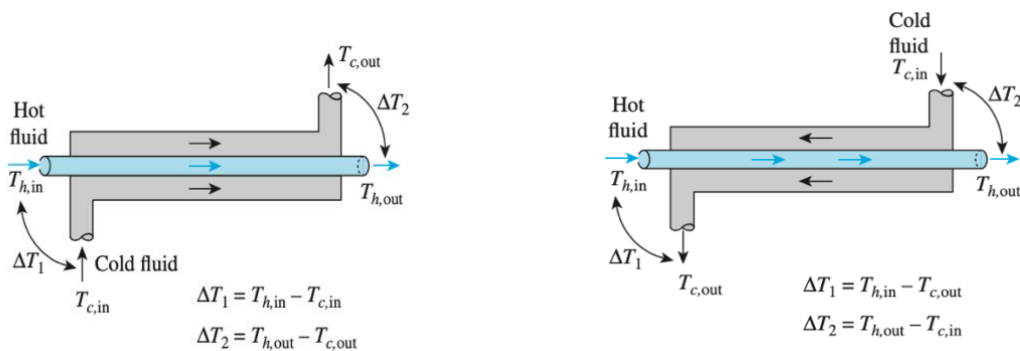
där

\dot{Q}	=	Värmeflödet [kW]
U	=	Värmegenomgångskoefficient [W/(m ² °C)]
A_s	=	Värmeöverföringsyta [m ²]
ΔT_{am}	=	Genomsnittlig temperaturskillnad mellan de två flödena [°C]

2.4.2 Logaritmisk medeltemperaturskillnad

I detta stycke redogörs den logaritmiska medeltemperaturskillnaden, som är lämplig som den genomsnittliga temperaturskillnaden för användning vid analys av värmeväxlare. Här representerar ΔT_1 och ΔT_2 temperaturskillnaden mellan de två flödena i värmeväxlarens två ändar (in- och utlopp). Det spelar ingen roll vilken ände av värmeväxlaren som är betecknad som inlopp eller utlopp (Figur 1). Den logaritmiska medeltemperaturen beräknas nedan enligt formeln (1.6) samt beskrivning enligt (Figur 4).

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad (1.6)$$



Figur 4: Med- och motflödes värmeväxlare (Heat and mass transfer 2015)

Temperaturskillnaden mellan de två vätskorna minskar från ΔT_1 vid inloppet till ΔT_2 vid utloppet. Den logaritmiska medeltemperaturen ger det exakta värdet men beräkningarna blir mer komplicerade. I det här arbetet används emellertid den aritmetiska medeltemperaturen enligt följande formel (1.7) för att ekvationerna skall vara lösbara.

$$\Delta T_{am} = \frac{1}{2} \cdot (\Delta T_1 + \Delta T_2) \quad (1.7)$$

som den genomsnittliga temperaturskillnaden. Den logaritmiska medeltemperaturskillnaden ΔT_{lm} erhålls genom att spåra den faktiska temperaturprofilen för vätskorna längs värmeväxlaren och är en exakt representation av den genomsnittliga temperaturskillnaden mellan de varma och kalla flödena. I detta fall finns det dock goda skäl att använda den aritmetiska medeltemperaturen istället för den logaritmiska för att förenkla modellen.

Observera att ΔT_{lm} alltid är mindre än ΔT_{am} (Heat and mass transfer 2015). Användning av ΔT_{am} i beräkningar istället för ΔT_{lm} kommer därför att överskatta värmeöverföringshastigheten i en värmeväxlare mellan de två flödena. När ΔT_1 skiljer sig från ΔT_2 med högst 40 procent är felet vid användning av den aritmetiska medeltemperaturskillnaden mindre än 1 procent. Men felet ökar till oönskade nivåer när ΔT_1 skiljer sig från ΔT_2 med större mängder.

2.5 Förvärmningsbatteri

Uppvärmningen av ventilationsluft står typiskt för största delen av fastighetens energiförbrukning. Detta är även en av boendens största bekymmer. För att minimera kostnaden och förbrukningen installerar man idag förvärmningsbatteri i fastigheters ventilationssystemens kanaler, för att värma upp den kalla uteluften till en behagligare temperatur. Genom att förvärma den kalla uteluften, så minskar man på energianvändningen och kapar effekttopparna, vilket gör att när luften kommer fram till ventilationsmaskinen, så är den redan några grader varmare. Vid förvärmning används oftast elektricitet som uppvärmningsmetod, men eftersom den kostar och inte alltid är skapad på det mest miljövänliga sättet, så blir det alltmer vanligt med nya olika förnybara uppvärmningsmetoder, för att sänka uppvärmningskostnaderna.



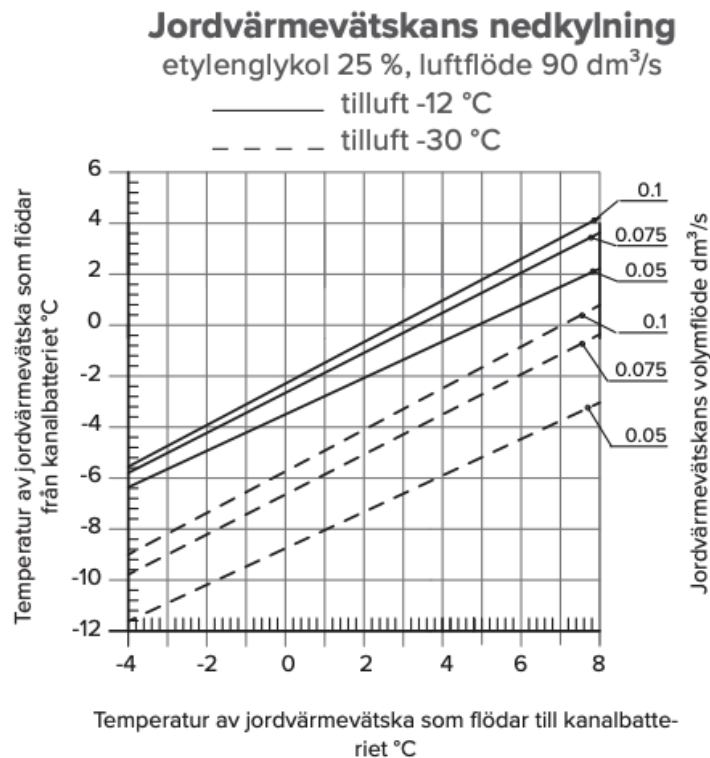
Figur 5. Vallox MLV Multi 200 förvärmningsbatteri (Vallox 2021)

2.5.1 Förvärmningsbatteriets prestanda

I detta kapitel presenteras förvärmningsbatteriets uppvärmningskapacitet samt kollektorvätskans nedkylning.

För att redogöra kollektorvätskans nedkylning bör man avläsa diagrammet nedan. Diagrammet representerar kollektorvätskans temperatur när den flödar från samt återvänder till förvärmningsbatteriet. Beroende på vilket flöde vätskan cirkulerar genom förvärmningsbatteriet kan man avgöra vilken temperatur vätskan är efter att den lämnat batteriet vid en viss temperatur och kommit tillbaka till förvärmningsbatteriet.

Som exempel antas det att jordvärmvätskans temperatur som flödar till kanalbatteriet är 2 °C, kollektorvätskans volymflöde är 0,1 dm³/s samt tillufttemperatur på -12 °C. Korsningen av kollektorvätskans temperatur och volymflöde på x-axeln resulterar i kollektorvätskans temperatur som flödar från förvärmningsbatteriet på y-axeln. I detta exempel kommer kollektorvätskan flöda i väg igen från förvärmningsbatteriet som -0,7 °C.

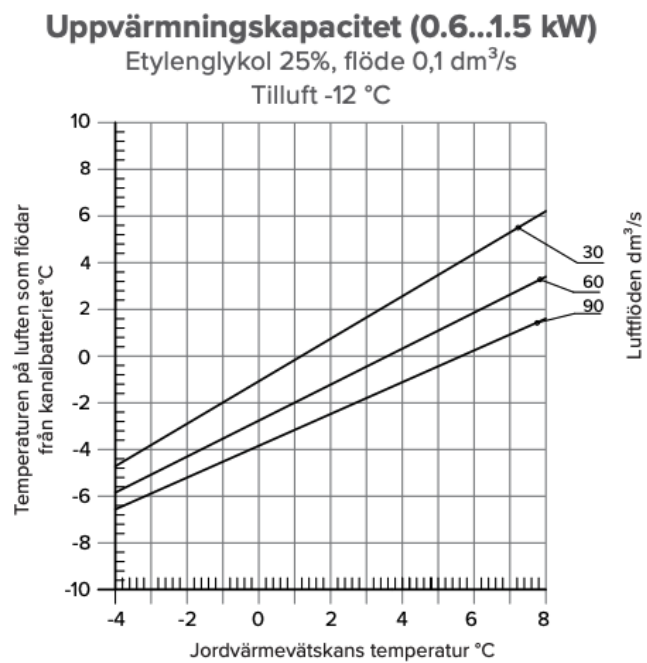


Figur 6, Kollektorvätskans nedkylning före och efter förvärmningsbatteri (Vallox)

För att redogöra förvärmningsbatteriets uppvärmningskapacitet bör man avläsa diagrammet nedan. Diagrammet representerar luftens temperatur som flödar från förvärmningsbatteriet in mot bostaden, baserat på kollektorvätskans inkommande temperatur samt luftflödet genom förvärmningsbatteriet.

Som exempel antas den inkommande kollektorvätskans temperatur vara 2 °C, luftflödet genom förvärmningsbatteriet 60 dm³/s samt tilluftstemperaturen -12 °C. Korsningen av kollektorvätskans temperatur samt luftflödet genom förvärmningsbatteriet på x-axeln

resulterar i temperaturen på luften som flödar från förvärmningsbatteriet in mot bostaden på y-axeln. I detta fall ger avläsningen en temperatur på ca. 1,2 °C.



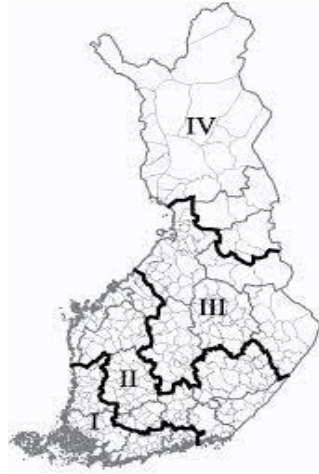
Figur 7, Förvärmningsbatterites uppvärmningskapacitet (Vallox)

3 GENOMFÖRANDE

I denna del av examensarbetet redogörs beräkningarna för undersökningen av förvärmningsbatteriet och dess ytjordslinga. Undersökningen börjar med en presentation av den utvärderade fastigheten samt en analys av dess energibehov. Sedan presenteras systemet och slutligen presenteras uträkningar av ytjordvärmslingans och värmeväxlarens energiåtkomst.

Målet med undersökningen är att svara på frågan: Hur mycket kan fastighetens energianvändning minskas med uppvärmning av tilluft med en ytjordvärmslinga? I detta fall så är det endast den energi som påverkas av förvärmningssystemet som tas i beaktande när man bedömer hur byggnadens energianvändning påverkas. Energianvändningen för hushållsel tas inte i hänsyn utan innefattar endast den energi som går åt till uppvärmningen av fastigheten.

Eftersom undersökningen inte gjordes praktiskt, så används klimatdata från miljöministeriets databas till att modellera projektet. Klimatdatan består av temperaturdata för en timmes upplösning i zon ett och två i Finland. Undersökningsperioderna delas upp kvartalsvis i tre olika stycken, januari - april, maj - augusti samt september - december, för att få en så klar utredning om var markslingans energiåtkomst fungerar som effektivast och när man eventuellt skulle kunna svänga om systemet till ett sätt att kyla istället för att värma, under sommarmånaderna när värmebehovet inte är lika stort.



Figur 8, Finlands klimatzoner (Ymparisto.fi 2021)

3.1 Exempelbostad

Bostaden som utvärderas är ett fiktivt småhus lokaliserat i zon 2 i Finland. Småhuset uppvärms med en frånluftsvärmepump från NIBE Energy Systems som värmer ventilationen, varmvatten samt värmen till en låg energibekostnad. Fastigheten är ett modernt och energisnålt nybygge som utgås ifrån byggnadsbestämmelserna rådande småhus som detaljredovisas i Byggnadsbestämmelsesamlingen i D3 (2013).

Relevant information om fastigheten beskrivs nedan.

Dimensionerande utetemperatur	-29 °C
Dimensionerande innetemperatur	21°C
Invändig takhöjd	2,4 m
Intern gratis värmeeffekt	700 W
Ventilation	Frånluftsvärmepump NIBE 470
Ventilationsluftflöde	0,35 l/s/m ² A _{temp}
Husets luftombyte via läckage	0,2 h ⁻¹

U-värden, areor, λ och längder enligt tabellen nedan:

Tabell 1. Fastighetens U-värden, areor, lambdavärden samt längder

Byggnadsdel	Area (m ²)	U-värde (W/m ² K)
Yttervägg	110	0,13
Fönster	16	0,8
Dörrar	4	0,8
Golv	130	0,13
Tak	130	0,11
	Längd (m)	λ - Värde (W/mK)
Fönster och dörrlistor	44	0,06
Anslutning golv med vägg	40	0,05

3.1.1 Beräkning av energi för uppvärmning av läckluft:

Energi som behövs för uppvärmning av läckluft som strömmar in och ut på grund av otäta konstruktioner $Q_{Läckluft}$ beräknas enligt formeln (2.1).

$$Q_{Läckluft} = H_{Läckluft}(T_s - T_u)\Delta t/1000 \quad (2.1)$$

Luftens specifika värmeförlust $H_{Läckluft}$ beräknas enligt formeln (2.2).

$$H_{Läckluft} = \rho \cdot c_p \cdot q_l \quad (2.2)$$

där

$Q_{Läckluft}$ = energi som uppvärmning av läckluften behöver, [kWh]

$H_{Läckluft}$ = luftens specifika värmeförlust, [W/K]

ρ = luftens densitet, 1,2 [kg/m³]

c_p = luftens specifika värmekapacitet, 1000 [Ws/(kgK)]

q_l = läckluftsflöde, [m³/s]

T_s = inneluftens temperatur, [°C]

3.1.2 Beräkning av värmeenergi som leds genom konstruktionen

Den värmeenergi som leds genom konstruktioner $Q_{Ledning}$ beräknas enligt formeln (2.3).

$$Q_{Ledning} = \Sigma H_{Ledning} = U\text{-värde} \cdot Area \text{ [W/m}^2\text{K} \cdot \text{m}^2 \text{]} \quad (2.3)$$

Byggnadsdelarnas sammanlagda specifika värmeförlust $\Sigma H_{Ledning}$ beräknas per byggnadsdel enligt formeln (2.4).

$$\Sigma H_{Ledning} = \Sigma(U_{Yttervägg} A_{Yttervägg}) + \Sigma(U_{Fönster} A_{Fönster}) + \Sigma(U_{Dörrar} A_{Dörrar}) + \Sigma(U_{Golv} A_{Golv}) + \Sigma(U_{Tak} A_{Tak}) \quad (2.4)$$

där

$Q_{Ledning}$	=	Värmeenergi som leds genom konstruktionen [kWh]
$\Sigma H_{Ledning}$	=	Byggnadsdelarnas specifika värmeförlust [W/K]
U	=	Byggnadsdelarnas värmegenomgångskoefficient [W/m ² K]
A	=	Byggnadsdelarnas areal [m ²]

3.1.3 Beräkning av energi för uppvärmning av ventilationsluft

Energi som behövs för att värma upp ventilationsluft Q_V beräknas enligt formeln (2.5).

$$Q_{Ventilation} = \Sigma H_V \quad (2.5)$$

Ventilationens specifika värmeförlust H_V beräknas vid behov separat för varje ventilationsagregat enligt formeln (2.6).

$$H_V = \rho c_p q_{V,från} \quad (2.6)$$

där

H_V	=	ventilationens specifika värmeförlust [W/K]
ρ	=	luftens densitet 1,2 [kg/m ³]
c_p	=	luftens specifika värmekapacitet 1000 [Ws/(kg K)]
$q_{V,från}$	=	frånluftsflöde [m ³ /s]
1000	=	koefficient genom vilken omvandling sker från m ³ /s till l/s

3.1.4 Beräkning av årligt värmeenergibehov

Värmebehovet för att värma byggnaden från utetemperatur till gränstemperatur under ett år blir alltså den totala specifika värmeförlusten, Q_{tot} multiplicerat med antalet gradtimmar G_t enligt formeln (2.7)

$$E_{Uppvärmning} = Q_{tot} G_t \quad (2.7)$$

där,

$E_{Uppvärmning}$	Årligt värmeenergibehov [Wh/a]
Q_{tot}	Summan av fastighetens specifika värmeförluster [W/K]
G_t	Gradtimmar [°C/a]

Den klimatberoende delen, G_t hittas i bilaga 2 efter ortens aktuella normalårstemperatur T_{un} som är 4,6 °C i zon två enligt D3 2012 i bilaga 1. Gränstemperaturen T_g beräknas enligt ekvationen (2.8)

$$T_g = T_{inne} - \left(\frac{P_g}{Q_{tot}}\right) \quad (2.8)$$

där

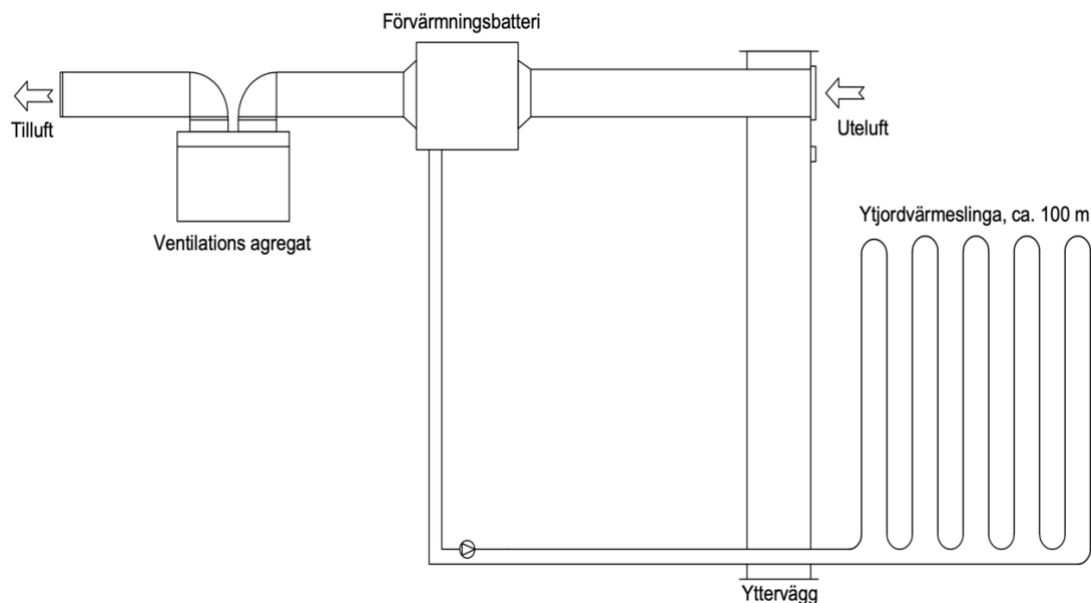
T_g	Gränsvärde [°C]
T_{inne}	Temperatur inomhus [°C]
P_g	Gratis effekt [W]
Q_{tot}	Summan av utrymmenas totala uppvärmningseffektbehov [W/K]

För att beräkna fastighetens energibehov används en gradtimme tabell (Värmebehovsberäkning, 2001) varifrån T_g och T_{un} kan avläsas. Slutligen kan $E_{Uppvärmning}$ beräknas enligt formeln (2.9).

$$E_{Uppvärmning} = Q_{tot} G_t \quad (2.9)$$

3.2 Systempresentation

I detta arbete undersöks hur mycket energi vi kan bespara genom att installera en ytjordvärmeslinga, kopplad till ett förvärmningsbatteri vars kollektorvätskan cirkulerar. Kollektorvätskan hämtar värme från marken och inför den i förvärmningsbatteriet var värmeväxlingen mellan vätskan och tilluften sker. Tanken är att man vintertid skall utnyttja markens lagrade värme för att förvärma den kalla friskluften samt sommardag kyla friskluften till en behaglig temperatur. Arbetet planeras med förvärmningsbatteri Vallox MLV MULTI 200.



Figur 9, System presentation (Salwathura, K 2021)

3.3 Matematisk modellering av värmeväxlaren

I följande stycke har fokus varit på värmeväxlaren samt dess värmeupptagningsförmåga, för att få en uppfattning om uteluftens temperatur före och efter förvärmningsbatteriet. För att utvärdera hur förvärmningssystemet påverkar energieffektiviteten i att förvärma uteluften har systemet beräknats. Dessa beräkningar har genomförts för att undersöka om energieffektiviteten av förvärmningssystem är annorlunda om beroende på uteluftens, markens och köldmediets temperatur.

Data över värmeväxlaren och kollektorvätskan presenteras nedan.

Luftflöde in/ut	=	0,09 m ³ /s
Luftens densitet	=	1,32 kg/m ³
Luftens massaström	=	0,1188 kg/s
Luftens specifika värmekapacitet	=	1 kJ/kg °K
Kollektorvätskans flöde	=	0,0001 m ³
Kollektorvätskans densitet	=	1000 kg/m ³
Kollektorvätskans massaström	=	0,1 kg/s
Kollektorvätskans specifika värmekapacitet	=	4,19 kJ/kg °K

3.3.1 Beräkning av förvärmningsbatteriets värmeupptagningsförmåga

För att beräkna förvärmningsbatteriets värmeupptagningsförmåga har en exempelberäkning utförts. Kollektorvätskans temperatur till förvärmningsbatteriet antas vara 2 °C medan temperaturen från förvärmningsbatteriet -0,7 °C. Vid detta skede antas uteluftens temperatur vara -12 °C. Beräkningarna i denna del av arbetet baseras på föregående styckes data angående värmeväxlaren och kollektorvätskan.

Värmeflödet $\dot{Q}_{kollektorvätska}$ beräknas enligt formeln (3.1).

$$\dot{Q}_{kollektorvätska} = \dot{m}_{kollektorvätska} \cdot c_{p,kollektorvätska} \cdot \Delta T_{kollektorvätska} \quad (3.1)$$

där

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{kollektorvätska} &= \text{Värmeflöde som avges av kollektorvätskan [kW]} \\ \dot{m}_{kollektorvätska} &= \text{Kollektorvätskans massaström [kg/s]} \\ c_{p,kollektorvätska} &= \text{Kollektorvätskans specifika värmekapacitet [kJ/kg °K]} \\ \Delta T_{kollektorvätska} &= \text{Kollektorvätskans temperaturförändring i värmeväxlaren [°C]} \end{aligned}$$

$$\dot{Q}_{kollektorvätska} = 0,1 \cdot 4,19 \cdot (2 - (-0,7))$$

$$\dot{Q}_{kollektorvätska} = 1,13 \text{ kW}$$

Tilluftens temperatur $T_{tilluft}$ efter förvärmningsbatteriet beräknas således enligt formeln (3.2).

$$T_{tilluft} = \frac{\dot{Q}_{kollektorvätska}}{(\dot{m} \cdot c_p)} + T_{uteluft} \quad (3.2)$$

där

$$\begin{aligned} T_{tilluft} &= \text{Luftens temperatur efter förvärmningsbatteri [°C]} \\ \dot{Q}_{kollektorvätska} &= \text{Värmeflöde som avges av kollektorvätskan [kW]} \\ \dot{m}_{luft} &= \text{Luftens massaström [kg/s]} \\ c_{p,luft} &= \text{Luftens specifika värmekapacitet [kJ/kg °K]} \end{aligned}$$

$T_{kollektorväska, in} = \text{Uteluftens temperatur } [^{\circ}\text{C}]$

$$T_{tilluft} = \frac{1,13}{(0,1188 \cdot 1)} + (-12)$$

$$T_{tilluft} = -2,48 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

3.3.2 Beräkning av den aritmetiska medeltemperaturen

Vid beräkning av värmeväxlarens aritmetiska medeltemperatur används följande formel

(3.3)

$$\Delta T_{am} = \frac{1}{2} \cdot (\Delta T_1 + \Delta T_2) \quad (3.3)$$

där

ΔT_{am} = Aritmetiska medeltemperaturen [$^{\circ}\text{C}$]

ΔT_1 = Temperaturskillnad mellan vätska/luft vid luftens ingång [$^{\circ}\text{C}$]

ΔT_2 = Temperaturskillnad mellan vätska/luft vid luftens utgång [$^{\circ}\text{C}$]

$$\Delta T_{am} = \frac{1}{2} \cdot (4,48 + 11,3)$$

$$\Delta T_{am} = 7,89 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

3.3.3 Beräkning av värmeöverföring i värmeväxlaren

För att konstatera värmeöverföringen $Q_{\text{värmeöverföring}}$ i värmeväxlaren beräknas först värmeflödet \dot{Q}_{luft} som luften avger enligt formel (3.4).

$$\dot{Q}_{\text{luft}} = \dot{m}_{\text{luft}} \cdot c_{p,\text{luft}} \cdot \Delta T_{\text{luft}} \quad (3.4)$$

där

$$\dot{Q}_{luft} = \text{Värmefflöde som avges av luften [kW]}$$

$$\dot{m}_{luft} = \text{luftens massaström [kg/s]}$$

$$c_{p,luft} = \text{luftens specifika värmekapacitet [kJ/kg °C]}$$

$$\Delta T_{luft} = \text{luftens temperaturförändring i värmeväxlaren [°C]}$$

$$\dot{Q}_{luft} = 0,1188 \cdot 1 \cdot 9,52$$

$$\dot{Q}_{luft} = 1,13 \text{ kW}$$

Sedan beräknas produkten av värmegenomgångskoefficient och arean UA från formel (1.5). UA antas vara konstant vid alla temperaturer.

$$UA_{värmväxlare} = \dot{Q}_{luft} / \Delta T_{am} \quad (3.5)$$

där

$$UA_{värmväxlare} = \text{Värmegenomgångskoefficient och area [kW/°C]}$$

$$\dot{Q}_{luft} = \text{Värmefflödet som avges av luften [kW]}$$

$$\Delta T_{am} = \text{Aritmetiska medeltemperaturen [°C]}$$

$$UA_{värmväxlare} = 1,13 / 7,89$$

$$UA_{värmväxlare} = 0,143 \text{ kW/°C}$$

Slutligen kan värmeöverföringen över värmeväxlaren beräknas enligt formel (3.6)

$$Q_{värmöverföring, värmväxlare} = UA_{värmväxlare} \cdot \Delta T_{am} \quad (3.6)$$

där

$$Q_{värmöverföring, värmväxlare} = \text{Värmeöverföring i värmeväxlaren [kW/°C]}$$

$$UA_{\text{värmväxlare}} = \text{Produkten av värmegenomgångskoefficient och area [W/°C]}$$

$$\Delta T_{\text{am}} = \text{Aritmetiska medeltemperaturen [°C]}$$

$$Q_{\text{värmöverföring, värmväxlare}} = 0,143 \cdot 7,89$$

$$Q_{\text{värmöverföring, värmväxlare}} = 1,12 \text{ kW}$$

3.4 Matematisk modellering av ytjordvärmeslingan

Vid beräkning av ytjordvärmeslingans värmeupptagningsförmåga $\dot{Q}_{\text{ytjordslina}}$ bör först markslingans aritmetiska medeltemperatur ΔT_{am} samt värmegenomgångskoefficient och area UA beräknas. I denna modellering antas markens temperatur vara konstant 4 °C hela året.

Först beräknas markslingans aritmetiska medeltemperatur enligt följande formel (4.1)

$$\Delta T_{\text{am}} = \frac{1}{2} \cdot ((T_{\text{mark}} - T_{\text{kollektorvätska, ut}}) + (T_{\text{mark}} - T_{\text{kollektorvätska, in}}))$$

(4.1)

där

$$\Delta T_{\text{am}} = \text{Markslingans aritmetiska medeltemperatur [°C]}$$

$$T_{\text{mark}} = \text{Markens temperatur [°C]}$$

$$T_{\text{kollektorvätska, ut}} = \text{Utgående kollektorvätskas temperatur [°C]}$$

$$T_{\text{kollektorvätska, in}} = \text{Ingående kollektorvätskas temperatur [°C]}$$

$$\Delta T_{\text{am}} = \frac{1}{2} \cdot ((4 - (-0,7)) + (4 - 2))$$

$$\Delta T_{\text{am}} = 3,35 \text{ °C}$$

Sedan beräknas produkten av värmegenomgångskoefficient och area för ytjordslingan enligt formel (4.2). Vid denna beräkning används den tidigare uträknade värmeflöde $\dot{Q}_{kollektorvätska}$ som kollektorvätskan avger. UA antas vara konstant vid alla temperaturer.

$$UA_{ytjordslinga} = \frac{\dot{Q}_{kollektorvätska}}{\Delta T_{am}} \quad (4.2)$$

där

$UA_{ytjordslinga}$ = Produkten av värmegenomgångskoefficient och area [kW/°C]

$\dot{Q}_{kollektorvätska}$ = Värmeflöde som avges av kollektorvätskan [kW]

ΔT_{am} = Markslingans aritmetiska medeltemperatur [°C]

$$UA_{ytjordslinga} = \frac{1,13}{3,35}$$

$$UA_{ytjordslinga} = 0,33 \text{ kW/°C}$$

Slutligen kan ytjordslingans värmeöverföring beräknas enligt följande formel (4.3)

$$\dot{Q}_{\text{värmeöverföring, ytjordslinga}} = UA \cdot \Delta T_{am} \quad (4.3)$$

där

$\dot{Q}_{\text{värmeöverföring, ytjordslinga}}$ = Värmeöverföring i ytjordslingan [kW]

$UA_{ytjordslinga}$ = Produkten av värmegenomgångskoefficient och area [kW/°C]

ΔT_{am} = Markslingans aritmetiska medeltemperatur [°C]

$$\dot{Q}_{\text{värmeöverföring, ytjordslinga}} = 0,338 \cdot 3,35$$

$$\dot{Q}_{\text{värmeöverföring, ytjordslinga}} = 1,13 \text{ kW}$$

3.5 Energibalans

I detta kapitel redovisas beräkningarna över energibalansen vid förvärmningsbatteriet och ytjordvärmslingan. Beräkningarna har utförts med hjälp av mjukvaran Maxima, ett datoralgebraprogram som löser matematiska problem. Orsaken till varför Maxima användes som stöd i uträkningarna var på grund av ett flertal okända uttryck i ekvationen.

I följande stycke uppges energibalansberäkningarna som mjukvaran Maxima löste ut. De okända uttrycken som kalkylerades är $T_{\text{luft, ut}}$, $T_{\text{kollektorvätska, in}}$ samt $T_{\text{kollektorvätska, ut}}$. Dessa beräknades för att fastställa kollektorvätskans påverkan av uteluftens temperatur samt tilluftens temperatur efter förvärmningsbatteriet. I arbetets uträkningar antas markens temperatur vara konstant 4 °C hela året. Beräkningarna baserar sig till stor del på information av figur 6 och 7.

Beräkningar nedan ger energibalansen vid värmeväxlaren, markslingan samt den generella energibalansen mellan vätske- och luftflödet. Efter att dessa formler införts i Maxima, beräknades de okända uttrycken. Nödvändig data presenteras nedan,

\dot{m}_{luft}	Luftens massaström	0,1188 kg/s
$c_{p, \text{luft}}$	Luftens specifika värmekapacitet	1 kJ/kg °C
$T_{\text{luft, in}}$	Luftens ingående temperatur	-12 °C
$\dot{m}_{\text{kollektorvätska}}$	Kollektorvätskans massaström [kg/s]	0,1 kg/s
$c_{p, \text{kollektorvätska}}$	Kollektorvätskans specifika värmekapacitet	4,19 kJ/kg °C
T_{mark}	Markens temperatur	4 °C
$UA_{\text{ytjordstinga}}$	Produkten av värmegenomgångskoefficient och area	0,33 kW/°C
$UA_{\text{värmeväxlare}}$	Produkten av värmegenomgångskoefficient och area	0,143 kW/°C

Första beräkningen motsvarar energibalansen vid värmeväxlaren enligt följande formel (5.1)

$$2 \cdot \dot{m}_{luft} \cdot c_{p, luft} \cdot \Delta T_{luft} = UA_{värmväxlare} \cdot (T_{kollektorvätska, in} - T_{luft, ut}) + (T_{kollektorvätska, ut} - T_{luft, in}) \quad (5.1)$$

Andra beräkningen är en balans ekvation för vad som flyttas över från vätskeflödet till luftflödet inne i värmväxlaren enligt följande formel (5.2). Den energi som förflyttas in motsvarar alltid den mängd energi som förflyttas ut.

$$\dot{m}_{luft} \cdot c_{p, luft} \cdot \Delta T_{luft} = \dot{m}_{kollektorvätska} \cdot c_{p, kollektorvätska} \cdot \Delta T_{kollektorvätska} \quad (5.2)$$

Slutligen beräknas energibalansen vid markslingan enligt följande formel (5.3).

$$2 \cdot \dot{m}_{kollektorvätska} \cdot c_{p, kollektorvätska} \cdot \Delta T_{kollektorvätska} = UA_{ytjordslinga} \cdot (2 \cdot T_{mark} - T_{kollektorvätska, in} - T_{kollektorvätska, ut}) \quad (5.3)$$

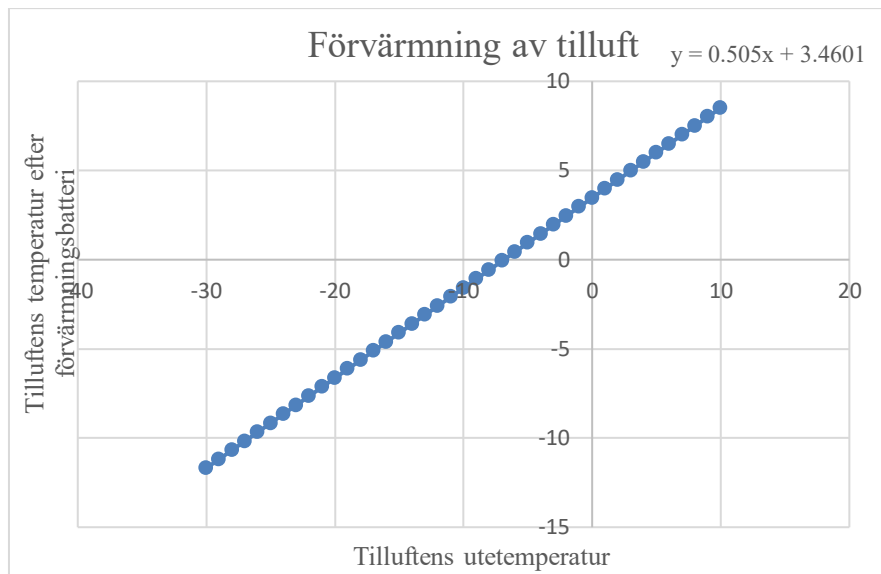
Lösningen av ekvationssystemet 5.1-5.3 med Maxima ger följande lösning:

$$\begin{aligned} T_{luft, ut} &= -2,48 \text{ °C} \\ T_{kollektorvätska, in} &= 2 \text{ °C} \\ T_{kollektorvätska, ut} &= -0,69 \text{ °C} \end{aligned}$$

Varifrån man kan beräkna:

$$\begin{aligned} \Delta T_{luft} &= 9,52 \text{ °C} \\ \Delta T_{kollektorvätska} &= -2,70 \text{ °C} \end{aligned}$$

Genom att upprepa beräkningen ovan med andra uteluftstemperaturer (än -12 °C) får man följande samband mellan uteluftstemperatur och lufttemperatur ut ur förvärmningsbatteriet enligt figuren nedan (figur 10).



Figur 10. Samband mellan tilluftens temperature före och efter förvärmningsbatteriet.

4 RESULTAT

I denna del av examensarbetet kommer den utvärderade fastighetens energibehov redogöras för att slutligen kunna konstatera den potentiella besparingen förvärmningssystemet skulle åstadkomma. Detta resultat står till grund för frågeställning 1, det vill säga ifall energianvändningen minskas för uppvärmning av tilluft i jämförelse om systemet inte hade ett förvärmningssystem? Därmed redovisas resultatet ifrån energiberäkningarna samt analysen av väderleks-datan nedan.

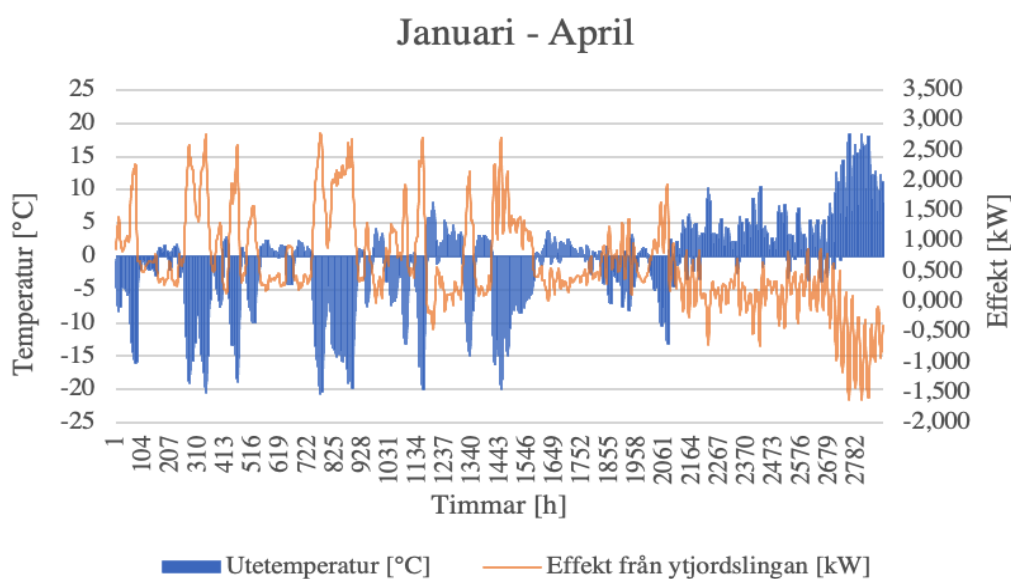
4.1 Energiberäkningarnas resultat

I detta stycke presenteras resultaten av den kalkylerade datan. Resultaten presenterar kvartalsvis för att få en så tydligt resultat som möjligt om var förvärmning eller förkyla kan användas. Syftet med detta är att svara på frågeställning 1, minskas fastighetens energianvändning för uppvärmning av tilluft i jämförelse om systemet inte hade ett förvärmningssystem? I detta examensarbete har fokus varit på ett specifikt förvärmningssystem belagt i zon 2 i Finland och av denna anledning är resultatet till stor del inriktat till just detta specifika fiktiva systemet.

När den beräknade datan av systemet analyserats har modellen byggts upp i Microsoft Excel. Modellerna representerar förvärmningssystemet, för att kunna analysera dess effektivitet.

4.1.1 Resultat: januari - april

Under årets första månader när utetemperaturen är relativt låg, skapas ett betydligt större värmebehov i fastigheten. Under dessa månader är förvärmningssystemet som mest i användning och även som effektivast eftersom temperaturskillnaden före och efter förvärmningsbatteriet är som störst. Figuren nedan representerar energiåtkomsten från markslingan under månaderna januari - april, beroende på uteluftens temperatur. Under dessa vinter/vår månader används förvärmningen i förstahand eftersom utetemperaturen är låg och värmebehovet högt.



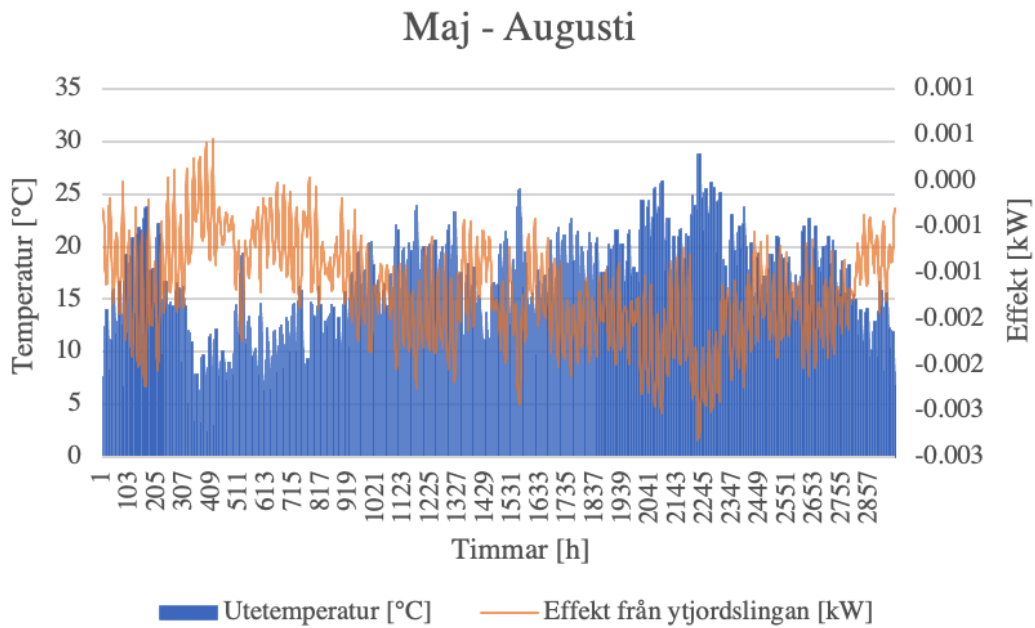
Figur 11. Fövärmningsbatteriets prestanda under undersökningsperiod: januari - april (Salwathura, K 2021)

Tabell 2. Energiuttag under undersökningsperiod: januari - april (Salwathura, K 2021)

Genererad energi under månaderna: Januari - april	
Fövärmning:	2005,3 [kWh]
Förkylning:	170,6 [kWh]

4.1.2 Resultat: maj - augusti

Under årets sommarmånader kommer fastighetens värmebehov övergå från att vara högt till att vara minimalt. Under denna tidsintervall kommer marken samtidigt att laddas med värme för en ny kall höst/vinter säsong. Figuren nedan representerar energiåtkomsten under månaderna maj - augusti beroende på uteluftens temperatur. Under dessa vår/sommar månader används förkylningen i förstahand eftersom utetemperaturen har stigit och fastighetens värmebehov minskas radikalt.



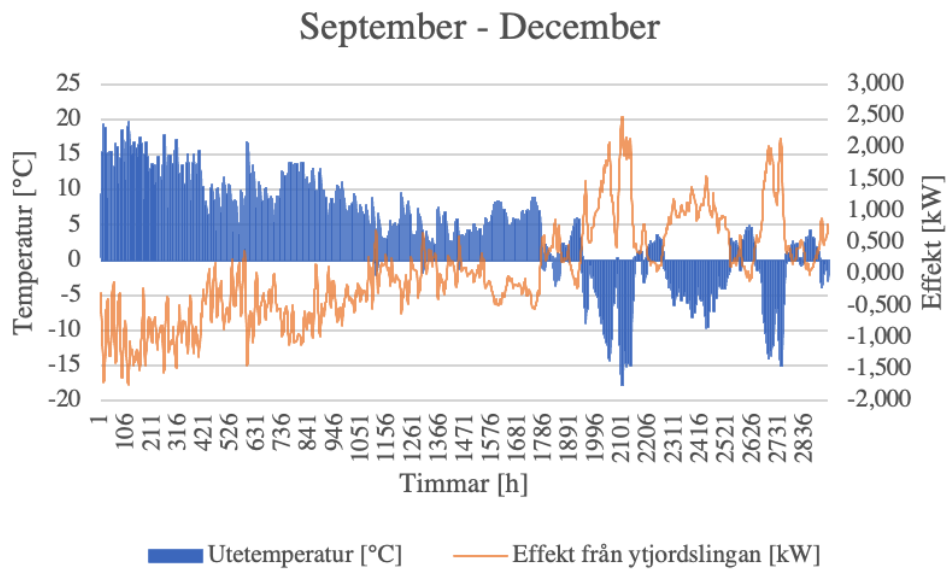
Figur 12. Fövärmningsbatteriets prestanda under undersökningsperiod: maj - augusti (Salwathura, K 2021)

Tabell 3. Tabell 3. Energiuttag under undersökningsperiod: maj - augusti (Salwathura, K 2021)

Genererad energi under månaderna: Maj - augusti	
Fövärmning:	6,9 [kWh]
Förkylning:	3554,5 [kWh]

4.1.3 Resultat: september - december

Under dom slutliga månaderna av året när utetemperaturen går från att vara varmt till kall kommer fövärmningen mer och mer in i bilden igen. Figuren nedan representerar energiåtkomsten från markslingan under månaderna september - december, beroende på uteluftens temperatur. Under dessa höst/vinter månader används fövärmningen i förstahand eftersom utetemperaturen är låg och värmebehovet ökar.



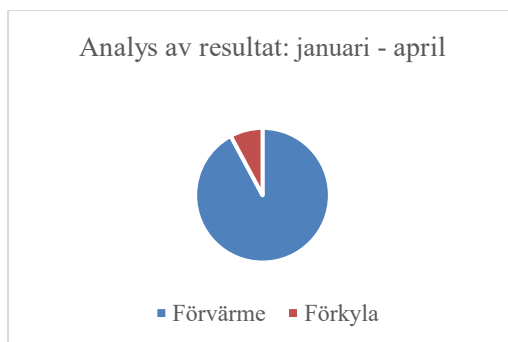
Figur 13. Fövärmningsbatteriets prestanda under undersökningsperiod: september - december (Salwathura, K 2021)

Tabell 4. Tabell 3. Energiuttag ur marken under undersökningsperiod: september - december (Salwathura, K 2021)

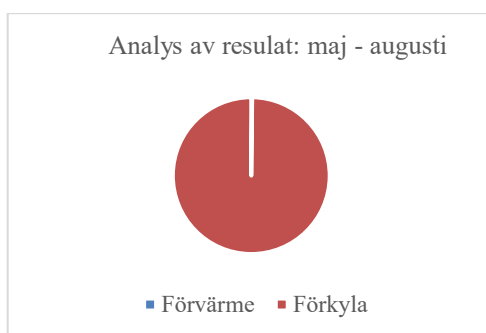
Genererad energi under månaderna:	September - december
Fövärmning:	925,3[kWh]
Förkylning:	838,43 [kWh]

4.2 Visuell presentation av resultat

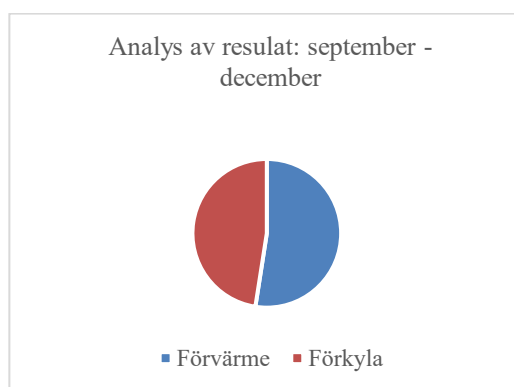
Nedan presenteras en visuell presentation av undersökningsperiodernas resultat samt dess uppdelning mellan fövärmning och förkylning.



Figur 14. Visuell representation av användningen av fövärmning och förkylning under undersökningsperiod: januari - april (Salwathura, K 2021)



Figur 15. Visuell representation av användningen av fövärmning och förkylning under undersökningsperiod: maj - augusti (Salwathura, K 2021)



Figur 16. Visuell representation av användningen av fövärmning och förkylning under undersökningsperiod: september - december (Salwathura, K 2021)

4.3 Jämförelse av system med och utan fövärmning

Under detta stycke presenteras den potentiella skillnaden mellan ett system med och utan fövärmning samt fastighetens energibehov baserat på dom tidigare nämnda omständigheterna. Observera att resultatet ur tabellen nedan inte har tagit i beaktande

nödvändiga energidrivna komponenter utan endas fastighetens energianvändning samt förvärmningens teoretiska energibesparing.

Tabell 5. Jämförelse av system med och utan förvärmning (Salwathura, K 2021)

Energibehov utan förvärmning	14 822,1 kWh/v
Förvärmningens energibesparing	2 938 kWh/v
Förkylningens energibesparing	4 564 kWh/v

5 DISKUSSION

Detta stycke diskuteras resultaten som presenterades i avsnitt 4. Diskussionen av resultaten är uppdelat utifrån respektive resultat samt möjliga optimeringsmöjligheter samt vidareforsknings förslag.

Examensarbetets syfte var att bättre förstå sig på vad det innebär att installera ett förvärmningsbatteri samt att redogöra ifall en sådan investering kan skapa besparingar. När

man jämför att tillägga ett förvärmingsbatteri med ytjordvärme som energikälla till ett småhus finns det alltför många faktorer som spelar roll i utvärderingen av besparing, varefter svaret som ges är endast riktgivande. I detta examensarbete har fokus varit på ett specifikt förvärmningssystem belagt i zon 2 i Finland och av denna anledning är resultatet till stor del inriktat till det specifika fiktiva systemet. Jämförelsen tar endast i beaktande energimängden man från ytjordslingan i olika temperaturförhållanden samt angivna bostadens energiförbrukning. Till större fastigheter krävs en större investering men då finns även risken för oväntade kostnader som är svåra att identifiera i detta planeringsskede.

Planeringen av förvärmningssystem är den centralaste delen av en lyckad energisänkning. I detta skede bör man identifiera alla olika valmöjligheter och hur man kan göra detta system till en verklighet. Det finns även skäl för att granska lagstiftningen angående nedgrävningen av markslingan för att undvika konflikter.

För att bedöma energieffektiviteten vid förvärmning av ventilationens tilluft med ytjordvärme är det nödvändigt att undersöka systemet under dess drift. Eftersom förvärmningssystemet kräver flertal processer innan driften av systemet ens har startat finns det flera avgörande faktorer om förvärmningssystemet faktiskt är energieffektivt att installera för att minimera fastighetens värmeenergiförbrukning. Lönsamheten för ett förvärmningssystem med ytjordvärme som energikälla bör därför beaktas från betydligt mer synvinklar för att få ett exakt svar.

6 KÄLLOR

Att ventilera hus. 2011, Joakim Achim Friedrich. Tillgänglig:
https://sparrhornet2.bostadsratterna.se/system/files/kompendiet_december_2011.pdf
Hämtad: 20.5.2021

Byggnaders energiprestanda. 2012, D3 Finlands byggbestämmelsesamling. Tillgänglig: <https://www.finlex.fi/sv/viranomaiset/normi/700001/29518> Hämtad: 20.03.2021

D3 Finlands byggbestämmelsesamling. 2012, Miljöministeriet. Tillgänglig: <https://ym.fi/sv/finlands-byggbestammelsesamling> Hämtad: 01.02.2021

Heat and mass transfer. 2015, Yunus A. Cengel. Tillgänglig: https://www.academia.edu/34806007/Yunus_A_Cengel_Heat_and_Mass_Transfer_SI_Units_A_Practical_Approach_3rd_edition?auto=download Hämtad: 05.05.2021

Geoenergia. 2019, Geologia.fi. Tillgänglig: <https://www.geologia.fi/2019/12/31/geoenergia/> Hämtad: 30.05.2021

Klimatskal och form. 2020, Luleå kommun. Tillgänglig: <https://www.lulea.se/boende--miljo/energi-klimat-el--varme/klimatsmart-boende/bygga-nytt-hus/klimatskal-och-form.html> Hämtad: 02.05.2021

Köldmedium i värmepump. Polarpumpen. Tillgänglig: <https://www.polarpumpen.se/varmepumpar/kunskapsbank/koldmedium> Hämtad: 10.05.2021

Maapiirillä lisää energiatehokkuutta ja asumismukavuutta. 2013, Rakenna oikein. Tillgänglig: <https://www.rakennaoinkein.fi/maapiirilla-lisaa-energiatehokkuutta-ja-asumismukavuutta-91232/uutiset.html> Hämtad: 21.04.2021

Miljöministeriets förordning om nya byggnaders energiprestanda. 2017, Justitieministeriet. Tillgänglig: <https://www.vvsfinland.fi/2018/08/02/energieffektivitet/> Hämtad: 30.01.2021

NIBE Frånluft - En ny generation värmepumpar. 2010, NIBE Energy Systems. Tillgänglig: https://partner.nibe.eu/upload/nibe_se/brochure_order/brochure_pdf/639113-8.pdf Hämtad: 20.03.2021

Passiivinen maalämpö ja -kylmä. Nollaenergiatalo.fi. Tillgänglig: <https://www.nollaenergiatalo.fi/nollaenergiatalon-suunnittelu/passiivinen-maalampo-ja-kylma> Hämtad: 21.04.2021

Pientalojen maalämpöpumppu opas. 2014, NIBE Energy Systems. Tillgänglig: <https://ammattilaiset.nibe.fi/upload/haato/Ohjeet/PIENTALOJEN%20NIBE%20MLP%20OPAS%201508-09.pdf> Hämtad: 20.03.2021

$Q = m C_p dT$. 2016, ADG Efficiency. Tillgänglig: <https://adgefficiency.com/energy-basics-q-m-cp-dt/> Hämtad: 01.03.2021

Seppänen, Olli. 2007. *Rakennusten sisäilmasto ja LVI-teknikka*. Suomen LVI-liitto ry

Så fungerar markvärme. Markvärme. Tillgänglig: <https://markvarme.se/sa-fungerar-markvarme/> Hämtad: 21.04.2021

Vad är en värmeväxlare?. Värmeväxlare - Så fungerar det. Tillgänglig: <http://www.xn--vrmevxlare-q5ae.nu/Vaermevaexlare-vad-.php> Hämtad: 20.02.2021

Vallox MLV Multi 200 opas. 2020, Vallox. Tillgänglig: https://www.vallox.com/files/771/Manual_Vallox_MLV_Multi_200_250_FIN_SWE_ENG_20200526.pdf Hämtad: 20.04.2021

Värmebehovsberäkning. 2001, Kursmaterial installationsteknik FK. Tillgänglig: <https://www.hvac.lth.se/fileadmin/hvac/files/varmebeh.pdf> Hämtad: 15.03.2021

Ytjordvärme - Den närliggande energin. Svenska kyl & värmepump föreningen. Tillgänglig: <https://skvp.se/varmepumpar/villa/fakta-om-varmepumpar/jord> Hämtad: 20.02.2021

7 BILAGOR

Bilaga 1: Finlands byggbestämmelser (D3 2012)

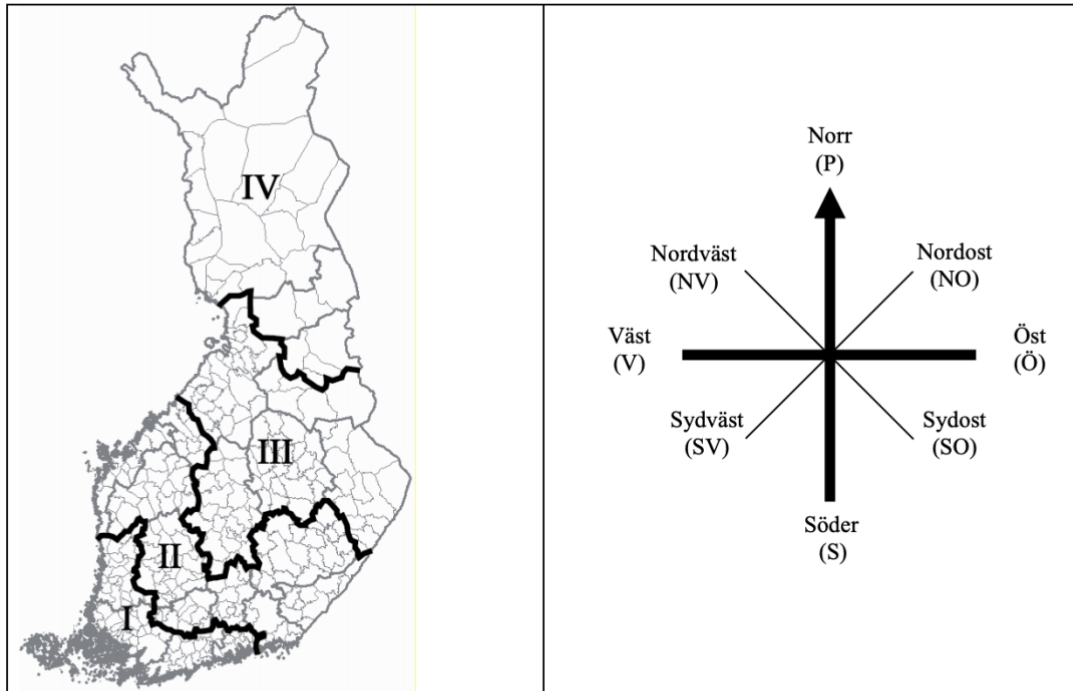


Bild L2.1. Klimatzoner.

<i>Tabell L2.1 Dimensionerande och genomsnittliga utetemperaturer inom olika klimatzoner</i>		
Klimatzon	Dimensionerande utetemperatur, °C	Årlig utetemperatur i medeltal, °C
I	-26	5,3
II	-29	4,6
III	-32	3,2
IV	-38	-0,4

T_g °C	T_{un} °C										
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8
25	238900	229400	220300	211200	202000	192900	184000	174900	165600	156800	147300
24	230100	220600	211600	202500	192300	184200	175300	166300	157000	148300	138700
23	221400	211900	202900	193800	184600	175600	166700	157700	148500	139800	130300
22	212750	203200	194300	185200	176000	167000	158200	149200	140000	131300	121900
21	204100	194600	185700	176600	167500	158600	149700	140800	131600	123000	113600
20	195500	186100	177200	168100	159000	150100	141300	132400	123300	114800	105500
19	187000	177600	168700	159700	150600	141800	133000	124200	115200	106700	97600
18	178500	169200	160300	151300	142300	133600	124900	116100	107200	98900	90000
17	170100	160800	152000	143100	134100	125400	116800	108200	99500	91400	82700
16	161700	152500	143800	135000	126100	117500	109000	100500	92000	84200	75700
15	153500	144300	135700	127000	118200	109700	101400	93200	84900	77200	69000
14	145400	136300	127700	119200	110500	102300	94100	86100	78000	70600	62700
13	137400	128400	120000	111500	103100	95000	87100	79300	71500	64300	56600
12	129600	120800	112400	104200	96000	88000	80300	72700	65200	58200	50900
11	121900	113300	105100	97000	89000	81400	73900	66500	59300	52500	45400
10	114500	106000	98000	90100	82400	74900	67700	60600	53600	47100	40300
9	107200	99000	91200	83500	76000	68800	61800	54900	48200	42000	35500
8	100200	92200	84600	77200	69900	62900	56200	49600	43200	37100	31100
7	93500	85800	78300	71100	64100	57400	50800	44500	38400	32600	26900
6	87000	79500	72300	65300	58500	52000	45800	39700	33900	28400	23000
5	80750	73500	66500	59700	53200	47000	41000	35200	29700	24500	19500


INSTALLATÖR

Test

Laskelmasta

Energialaskelma perustuu lämpöpumpun standardien mukaisiin testiarvoihin ja arvioon laitteen käyttöympäristöstä ja -tavasta rakennusmääräysten mukaisissa sääolosuhteissa. Lopullisessa asennuksessa energiankulutus vaihtelee sääolosuhteiden, rakennuksen ja lämmitysjärjestelmän toteutuksen ja käytön mukaan ja voi siten poiketa laskelmasta.

Lämmönlähteen ollessa energiakenttä (yli 3 kpl kaivoja) on aktiivisuuden laskenta suuntaa antava ja se on tarkennettava kaivokenttäsuunnittelijan kanssa.

Lisätietoja saat joko ottamalla yhteyttä tai vieraillemalla www.nibe.fi.

KUND
83069 Hus Salwathura

VASA

FASTIGHETENS ENERGIPRESTANDA

Energibehov för uppvärmning	14821 kWh/år
- av vad är varmvatten	0 kWh/år
- av vad är ventilationsförluster	8093 kWh/år
Energibehov extra elförbrukare	307 kWh/år
Effektbehov	7,1 kW

FÖRE INSTALLATION AV VP

Energi att köpa -E	15128 kWh/år
--------------------	--------------

EFTER VÄRMEPUMP INSTALLERAD

Energi att köpa -E	7652 kWh/år
- av vad är fläktenergi	695 kWh/år

BESPARING

Energi besparing (Fastighetens energiprestanda)	8171 kWh/år
Reducerad energi att köpa	7476 kWh/år
CO2 besparing	1584 kg/år

KLIMATDATA

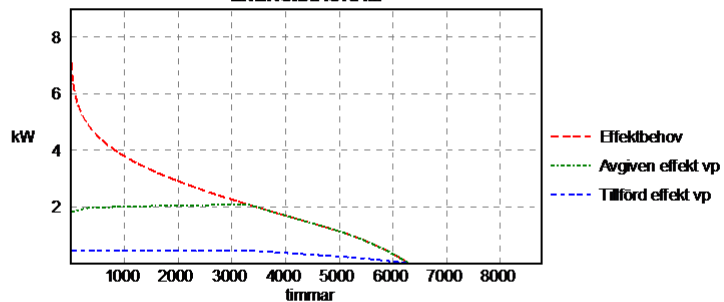
Årsmedeltemperatur	4,6 °C
Dimensionerande utetemperatur	-29,0 °C

FASTIGHETEN

Rumstemperatur	21,0 °C
Uppvärmning stängs av	13,5 °C
Framledningstemperatur vid DUT	35 °C
Returtemperatur vid DUT	28 °C

ENERGIPRESTANDA MED
-NIBE F470

Avgiven energi vp	10229 kWh/år
Tillförd energi vp	2309 kWh/år
Tillsatsenergi, totalt	4592 kWh/år
Energiförbrukning värmepump	56 kWh/år
Energitäckningsgrad	69 %
Årsvärmefaktor, vp	4,4
Årsvärmefaktor, totalt	2,1
Fast eller flytande kondensering	Flytande
Avgiven effekt vp vid DUT	1,8 kW
Tillförd effekt vp vid DUT	0,5 kW
Rekommenderad tillsatseffekt	5,3 kW
Effektäckningsgrad	26 %

ENERGIDIAGRAM

FRÄNLUFT

Fräniluftsflöde	164 m³/h
Tilluftsflöde	164 m³/h
Tryckfall fräniluftssystem	100 Pa
Tryckfall tilluftssystem	100 Pa
Fläkteffekt - ventilation	31 W
- tilluft	40 W
Min avluftstemperatur	-5,6 °C
Specifik fläkteffekt - ventilation + tilluft	1,55 kW / m³/s

11.05.2021 version 1.27.0.13