



Jämförande analys av värmesystem för ett småhus i Finland

Linus Höglund

Lärdomsprov

Energi- och miljöteknik

2025

Lärdomsprov

Linus Höglund

Jämförande analys av värmesystem för ett småhus i Finland

Yrkeshögskolan Arcada: Energi- och miljöteknik, 2025

Uppdragsgivare:

Yrkeshögskolan Arcada

Sammandrag:

Detta lärdomsprov undersöker och jämför olika uppvärmningssystem för ett småhus i södra Finland utifrån tekniska, ekonomiska och miljömässiga aspekter. Arbetet bygger på en fallstudie av en villa från 1970-talet i Kyrkslätt, där energibehovet beräknas med hänsyn till byggnadens konstruktion, isoleringsnivå, ventilation och varmvattenanvändning. Syftet är att analysera vilka uppvärmningsalternativ som lämpar sig bäst vid en övergång från oljeuppvärmning i ett äldre småhus.

Fem alternativ utvärderas: effektivare oljepanna, luft-vatten-värmepump, bergvärmepump, vedpanna med ackumulatortank och en kombination med solceller. Energiförluster och köpt energi beräknas, och resultaten visar att byggnaden har höga värmeförluster, särskilt genom golv och ventilation. Bergvärme framstår som det mest effektiva alternativet med låg driftkostnad, medan luft-vatten-värmepump erbjuder lägre investeringskostnad men sämre prestanda vid kyla. Vedeldning är ekonomiskt fördelaktigt men kräver mycket arbete, och solceller ger endast säsongvis tillskott.

En känslighetsanalys visar hur faktorer som elpris, verkningsgrad och användarbeteende påverkar systemens lönsamhet och funktion. Slutsatsen är att bergvärme är det mest balanserade valet för den aktuella byggnaden, förutsatt att investeringskostnaden är hanterbar. Arbetet ger en praktiskt användbar jämförelse för villaägare och rådgivare vid val av framtida uppvärmningslösning.

Nyckelord:

Uppvärmningssystem, småhus, energibehov, värmepump, bergvärme, vedpanna, energieffektivisering

Degree Thesis

Linus Höglund

Jämförande analys av värmesystem för ett småhus i Finland

Arcada University of Applied Sciences: Energi- och miljöteknik, 2025

Commissioned by:

Yrkeshögskolan Arcada

Abstract:

This thesis examines and compares various heating systems for a detached house in Finland from technical, economic, and environmental perspectives. The work is based on a case study of a 1970s villa located in Kirkkonummi, where the building's energy demand is calculated with consideration to its construction, insulation levels, ventilation, and domestic hot water usage. The aim is to analyze which heating alternatives are most suitable when transitioning from oil-based heating in an older house. Five alternatives are evaluated: an upgraded oil boiler, air-to-water heat pump, ground-source heat pump, wood boiler with an accumulator tank, and a combination with solar panels. Heat losses and purchased energy are calculated, and results show that the building has high energy losses, particularly through the floor and ventilation. Ground-source heating proves to be the most efficient option with low operating costs, while the air-to-water heat pump offers a lower investment cost but performs worse in cold conditions. Wood heating is economically advantageous but labor-intensive, and solar panels provide only seasonal contributions. A sensitivity analysis demonstrates how factors such as electricity prices, efficiency variations, and user behavior affect the cost-effectiveness and functionality of the systems. The conclusion is that ground-source heating offers the best overall balance for this specific building, provided that the initial investment can be managed. The study provides a practically useful comparison for homeowners and advisors when selecting future heating solutions.

Keywords:

heating systems, detached house, energy demand, heat pump, ground-source heating, wood boiler, energy efficiency

Innehåll

Abstract sammmandrag Innehåll

1 Inledning	7
2 Metod för beräkning av byggnaders energibehov	8
2.1 Värmeförluster från klimatskalet	8
2.2 Ventilations- och infiltrationsförluster	9
2.3 Tappvarmvatten	9
2.4 Interna värmelaster	10
2.5 Systemverkningsgrad och köpt energi	10
2.6 Energianvändning per ytenhet	11
3 Värmesystem	12
3.1 Oljeuppvärmning	12
3.2 Solvärme	13
3.3 Luft-vattenvärmepump	14
3.4 Bergvärme	16
3.5 Vedeldning som uppvärmningssystem	17
4 Egnahemshus som fallstudie	19
4.1 Allmän information om byggnaden	19
4.2 Konstruktion och material	19
4.3 Isolering och energitekniska egenskaper	20
4.4 Uppvärmningssystem och tappvarmvattenproduktion	21
4.5 Ventilation	22
4.6 Byggnadstekniska brister som påverkar energiprestanda	23
4.7 Värmekamerainspektion	23
4.8 Diskussion om energipotential och behov av åtgärder	24
5 Energiberäkningsresultat	25
5.1 Ingångsdata och antaganden	25
5.2 Värmeförluster från klimatskal (beräknade U-värden)	27
5.3 Ventilations- och infiltrationsförluster	28
5.4 Energi för tappvarmvatten	30
5.5 Total energiförbrukning	31
5.6 Interna värmelaster	31
5.7 Köpt energi	32
5.8 Specifik energianvändning	33
5.9 Jämförelse med uppmätt oljeförbrukning	33
6 Jämförelse av uppvärmningsalternativ och val av system	34
6.1 Alternativens tekniska egenskaper	34
6.2 Ekonomisk jämförelse	35
Driftkostnader	35
Återbetalningstid	36
6.3 Miljöpåverkan	37

6.4 Känslighetsanalys	38
6.5 Val av system och motivering	42
Källor	44

1 Inledning

Energieffektivisering av småhus är en aktuell fråga i Finland, särskilt med tanke på stigande energipriser, klimatmål och ett stort bestånd av äldre byggnader med högt värmebehov. I takt med att traditionella uppvärmningsmetoder som olja fasas ut, ökar intresset för alternativa lösningar som värmepumpar, solvärme och vedeldning. För husägare innebär detta en utmaning i att välja ett uppvärmningssystem som är både tekniskt tillförlitligt, ekonomiskt försvarbart och miljömässigt hållbart.

Syftet med detta lärdomsprov är att genomföra en jämförande analys av olika uppvärmningssystem för småhus i finska förhållanden, med särskilt fokus på ett äldre hus i Kyrkslätt. Arbetet utgår från en fallstudie där byggnadens energibehov beräknas enligt D5-metodiken. Därefter analyseras och jämförs alternativa uppvärmningslösningar utifrån tekniska egenskaper, investeringskostnad, driftsekonomi och miljöpåverkan.

Målet är att ge en helhetsbild av vilka system som lämpar sig bäst för modernisering av befintliga småhus, och att ge underlag för välgrundade beslut hos fastighetsägare och tekniska rådgivare. Studien kombinerar teoretisk litteraturgenomgång med praktiska beräkningar och känslighetsanalyser för att belysa hur val av uppvärmningssystem påverkar byggnadens energiprestanda, klimatavtryck och ekonomiska livscykelkostnader.

Beräkning av en byggnads energibehov är nödvändigt vid dimensionering av energieffektiva system. Metoden utgår från energibalansprinciper och ett standardiserat ramverk där alla delar räknas, som transmissionsförluster, ventilations- och infiltrationsförluster, interna värmelaster samt varmvattenbehov. I denna studie tillämpas metoden på ett småhus som fallstudie för att kartlägga energiprestandan och möjliggöra en jämförelse mellan olika uppvärmningssystem.

2 Metod för beräkning av byggnaders energibehov

För att korrekt dimensionera ett uppvärmningssystem krävs en tillförlitlig uppskattning av byggnadens energibehov. Syftet med denna beräkning är att fastställa den mängd energi som behövs för att upprätthålla en behaglig inomhustemperatur samt för att tillgodose varmvattenförbrukningen. Beräkningen beaktar flera faktorer, inklusive byggnadens isoleringsgrad, ventilationssystem, interna värmekällor och det lokala klimatet. Metoden bygger på principen om energibalans och följer riktlinjerna i Finlands byggbestämmelsesamling D5 (Miljöministeriet, 2012).

2.1 Värmeförluster från klimatskalet

En byggnad förlorar värme från väggar, tak, golv, fönster och dörrar. Dessa förluster kallas transmissionsförluster och påverkas av hur väl de olika delarna är isolerade. Isoleringens kvalitet beskrivs med ett U-värde. Ju lägre värdet är, desto mindre värme släpps igenom. För att räkna ut värmeförlusten genom en viss del av byggnaden används U-värdet tillsammans med ytans storlek, antalet uppvärmningsdygn (värmegraddagar) och antal timmar per dygn. Resultatet anges i kilowattimmar per år (Miljöministeriet, 2012).

Transmissionsförluster för varje byggnadsdel beräknas med formeln:

$$Q = U \cdot A \cdot S_{17} \cdot 24 / 1000$$

där

U = värmegenomgångskoefficienten i $W/m^2 \cdot K$

A = byggnadsdelens yta i m^2

S_{17} = antalet värmegraddagar med innetemperatur $17\text{ }^\circ\text{C}$

24 = antalet timmar per dygn

1000 används för att omvandla wattimmar till kilowattimmar

2.2 Ventilations- och infiltrationsförluster

Förutom värmeförluster genom väggar, tak och fönster förs värme även bort via ventilation och oavsiktligt luftläckage (infiltration). Ventilations- och infiltrationsförluster beräknas utifrån luftomsättningen, tillsammans med byggnadens volym, inomhus- och utomhustemperatur samt tidsperiod (Miljöministeriet, 2012).

Ventilationsförluster kan då beräknas med formeln

$$Q_{vent} = 0,34 \cdot n \cdot V \cdot \Delta T \cdot t$$

där

Q_{vent} = värmeförlust (kWh/år)

0,34 = luftens värmekapacitet (kWh/m³·°C)

n = luftomsättning (luftväxlingar per timme, 1/h)

V = byggnadens volym (m³)

ΔT = medeltemperaturskillnad inne/ute (°C)

t = antal timmar per år (vanligen 8760 h)

2.3 Tappvarmvatten

Energien som krävs för att värma tappvarmvatten beror på varmvattenförbrukningen och temperaturskillnaden mellan kallt och varmt vatten. Beräkningen bygger på vattnets specifika värmekapacitet och dess densitet (Miljöministeriet, 2012). Den årliga energiförbrukningen för tappvarmvatten beräknas enligt formeln:

$$Q_{tvv} = \rho \cdot c \cdot V \cdot (T_v - T_k) / 3600$$

där

ρ = vattnets densitet (ca 1000 kg/m³)

c = vattnets specifika värmekapacitet (ca 4,2 kJ/kg·K)

V = volymen varmvatten i liter eller m³

T_v och T_k = temperaturen på varm- respektive kallvatten

3600 konverterar joule till kilowattimmar

2.4 Interna värmelaster

Byggnader producerar också värme inifrån, från människor, elektrisk utrustning, belysning och solinstrålning. Dessa interna värmelaster minskar det verkliga uppvärmningsbehovet. I småhus är värmebidraget ofta lågt men ändå betydelsefullt, särskilt i välisolerade hus. I Finlands byggbestämmelsesamling finns även standardvärden för interna värmetillskott indelade efter byggnadstyp och bruksmönster (Miljöministeriet, 2012). Det totala netto energibehovet för uppvärmning definieras som:

$$Q_{netto} = Q_{transmission} + Q_{ventilation} + Q_{tvv} - Q_{interna}$$

där

$Q_{transmission}$ = värmeförluster genom transmission

$Q_{ventilation}$ = Värmeförluster via ventilation

Q_{tvv} = Energibehov för tappvarmvatten

$Q_{interna}$ = Interna värmetillskott

2.5 Systemverkningsgrad och köpt energi

Den inköpta energin som behövs för att täcka nettoenergiebehovet styrs av energisystemets verkningsgrad. För en oljepanna med en årlig verkningsgrad på 90 % måste mer energi tillföras än den mängd värme som byggnaden faktiskt tar emot (Miljöministeriet, 2012). Den inköpta energin kan beräknas genom att dividera nettoenergiebehovet med systemets verkningsgrad η , enligt:

$$Q_{köpt} = Q_{netto} / \eta$$

där

$Q_{köpt}$ = den köpta energin (kWh/år)

Q_{netto} = nettoenergibehovet (kWh/år)

η = systemets verkningsgrad ($0 < \eta \leq 1$)

2.6 Energianvändning per ytenhet

För att jämföra energieffektiviteten mellan byggnader anges ofta den totala energiförbrukningen per kvadratmeter uppvärmd yta. Den beräknas enligt ekvationen nedan genom att summera all inköpt energi och dela den med byggnadens uppvärmda nettoarea (Miljöministeriet, 2012).

$$E = (Q_{köpt} + E_{el} + E_{kyla}) / A_{netto}$$

där:

E = energianvändningen per ytenhet (kWh/m²·år)

$Q_{köpt}$ = den köpta energin (kWh/år)

E_{el} = elförbrukningen (kWh/år)

E_{kyla} = eventuell kylenergi (kWh/år)

A_{netto} = byggnadens uppvärmda nettoarea (m²)

3 Värmesystem

I det här avsnittet beskrivs och jämförs olika uppvärmningssystem som kan vara aktuella för byggnaden. Varje system presenteras var för sig med fokus på teknik, effektivitet, kostnader och miljöpåverkan.

3.1 Oljeuppvärmning

Oljeuppvärmning har traditionellt varit en vanlig värmekälla i finska småhus, men dess betydelse är påtagligt minskande. Enligt statistik har oljeuppvärmningens andel minskat markant under 2010-talet, samtidigt som värmepumpar, i synnerhet bergvärmepumpar, har vuxit starkt i nya småhus (Suomen ympäristökeskus, 2022). Klimatpolitiska mål i Finland har också betonat behovet av att fasa ut fossila bränslen, däribland olja, till förmån för förnybara alternativ (Tilastokeskus, 2018).

Ett oljeuppvärmningssystem består av en oljepanna med värmeväxlare, en oljebrännare, reglersystem och en oljetank (Motiva Oy, 2023b). Förbränningsoljan förvaras i en tank, pumpas genom filter och bränsleledningar till brännaren, där oljan finfördelas och blandas med luft. Förbränningen i brännkammaren värmer pannans vattenvolym, och värmen fördelas därefter via vattenburen värme till radiatorer och tappvarmvatten. Systemet är ofta avsett för heltäckande uppvärmning året runt, och många anläggningar har elektriska reservvärmare för att undvika frysning i driftstopp (Motiva Oy, 2023b). När pannan eller brännaren byts ut eller om värmesystemet ändras, måste också tanken tas ur bruk, tömmas och rengöras enligt gällande miljökrav (Tilastokeskus, 2018).

Effektiviteten i oljepannor är generellt hög. Moderna oljeeldade pannor har en värmeverkningsgrad på 90-95 procent. Detta innebär att en mycket stor andel av oljeenergins värme kan utnyttjas. För att upprätthålla hög effektivitet krävs att regelbunden service, såsom sotning av eldstad och rengöring av brännare, bör utföras årligen, och oljefilter bytas vid behov (Motiva Oy, 2023b). Även själva oljetanken bör inspekteras och rengöras med jämna mellanrum, cirka var femte till tionde år. Tack vare den höga effektiviteten ger förbränningen av olja relativt låga driftförluster, även om äldre konventionella pannor kan ha något lägre verkningsgrad.

Vid förbränning av olja bildas koldioxid, vilket bidrar till klimatförändringen eftersom oljan är ett fossilt och därmed icke-förnybart bränsle. En övergång till förnybara uppvärmningsalternativ ses därför som en viktig åtgärd för att minska klimatutsläppen från bostäder (Motiva Oy, 2023b). Moderna oljepannor har dock hög förbränningseffektivitet och relativt låga utsläpp av sot och oförbrända kolväten. Ett alternativ är att använda förnybar värmeolja, som kan halvera utsläppen jämfört med traditionell fossil olja (Motiva Oy, 2023b).

Ekonomiskt är oljepannan en investering som påverkas av både inköpskostnad och löpande energikostnader. Äldre pannor kräver ökande underhåll och oljan har historiskt sett varierat kraftigt i pris. För nya installationer ligger investeringskostnaden i regel på tiotusentals euro. För att underlätta övergången från olja finns statliga stöd. I Finland kan husägare få bidrag för att avveckla oljepanna, exempelvis 4 000 euro vid byte till värmepump eller fjärrvärme och 2 500 euro vid byte till andra icke-fossila system (Motiva Oy, 2025). Med sådana stöd kan återbetalningstiden för konvertering bli relativt kort. Samtidigt stiger kostnaden för fossila bränslen och koldioxidskatter kontinuerligt, vilket gör oljeuppvärmning mindre konkurrenskraftig över tid. På sikt bedöms priset för fjärrvärme eller elenergi från förnybara källor att bli lägre än fossilt oljeförbrukning om klimatarbetet fortsätter.

3.2 Solvärme

Solvärmesystem innebär att solens strålar omvandlas till värmeenergi som kan användas för att värma husets inomhusluft och tappvarmvatten (Boverket, 2023). I praktiken används solfångare som kan vara plana paneler eller vakuumrör som absorberar solenergi och värmer upp en vätskeblandning. Den uppvärmda vätskan pumpas sedan in i en ackumulatortank där värmen lagras (Boverket, 2023). Solvärme är särskilt lämpad för att värma tappvatten och andra lågtemperaturområden som golvvärme (Motiva Oy, 2023a), medan högre värmebehov under vinterhalvåret vanligtvis sköts av ett kompletterande värmesystem som en värmepump eller vedpanna (Boverket, 2023).

Systemets effektivitet varierar med årstiderna. Studier visar att en solvärmeanläggning kan ha hög verkningsgrad under soliga sommarmånader, över 35 %, men att verkningsgraden sjunker kraftigt under vintern, ner till omkring 10 % i januari (Zukowski, 2017). Boverket menar att solvärmens främst ger ett energitillskott under

sommarhalvåret (Boverket, 2023) och därför inte ensam kan täcka husets uppvärmningsbehov under årets kallaste månader. Samtidigt är solvärme mycket miljövänligt i drift, eftersom systemet inte ger några utsläpp av koldioxid eller andra föroreningar när det producerar värme. Genom att ersätta köpt energi från fossila bränslen bidrar solvärme till lägre växthusgasutsläpp och gör hushållets värmesystem mindre känsligt för framtida energiprisökningar (Boverket, 2023).

För en fastighetsägare innebär solvärme en betydande initial investering, men på sikt lägre uppvärmningskostnader. Boverket konstaterar att solvärmens minskar hushållets kostnad för köpt energi, även om den totala energianvändningen i huset överlag inte förändras (Boverket, 2023). Hur lönsam investeringen blir beror på anläggningens kostnad, hur stor del av energibehovet solvärmens kan täcka och framtida energipriser (Boverket, 2023). I Sverige finns också ekonomiska stöd, till exempel rotavdrag och investeringsbidrag, som kan förbättra lönsamheten för solvärmesystem. Över tid kan solvärme ses som en form av försäkring mot stigande uppvärmningskostnader; det ger både lägre klimatpåverkan och en stabilare energiförsörjning för fastigheten (Boverket, 2023).

3.3 Luft-vattenvärmepump

En luft-vattenvärmepump utnyttjar energin som fås gratis från utomhusluften för att producera värme till husets vattenburna system. Systemet består av en utomhusdel med förångare och kompressor samt en inomhusdel med kondensator som värmer upp värmesystemets vatten. Värmepumpen fungerar enligt en enkel termodynamisk princip: en eldriven kompressor överför värme från den kalla uteluften till husets varmare inomhusmiljö. Investering av en luftvärmepump kan minska uppvärmningskostnaderna med nästan 50 procent jämfört med direktverkande el. Värmepumpen är alltså ett alternativ som kan ersätta olje- eller elvärme, förutsatt att huset har ett vattenburet värmesystem (Motiva Oy, 2017b).

Systemet omfattar förutom kompressor och värmeväxlare även en expansionsventil och en elpatron. När utomhustemperaturen sjunker under cirka -15 till -20 °C kan den inbyggda elpatronen automatiskt kopplas in som reservvärme (Motiva Oy, 2017b). Detta beror på att värmepumpens effekt och verkningsgrad minskar vid extrem kyla,

men moderna värmepumpar utvecklade för nordiskt klimat är oftast dimensionerade för att klara av uppvärmning vid upp till 25 minusgrader. Luft-vattenvärmepumpen kan installeras i både nya och äldre hus med vattenburen värme och behöver inget borrhål eller markyta, vilket gör installationen enklare än berg- eller markvärme (Motiva Oy, 2017b).

I det finska klimatet varierar värmepumpens effekt med årstiderna. Luft-vattenvärmepumpar är energieffektiva men får lägre värmefaktor (COP) när det är kallt ute. Årsvärmefaktor för en luft-vattenvärmepump i Finland runt 1,5-2,0 (VVS föreningen i Finland, 2018). Det innebär att pumpen i genomsnitt ger 1,5-2 gånger så mycket värmeenergi som den drar i el. I mildare klimat kan COP vara högre, upp mot 3-4. Värmepumpens besparingar är ändå betydande, beräkningar visar att en luft-vattenvärmepump kan ge cirka 40-60 % lägre uppvärmningskostnader än direkt elvärme (Motiva Oy, 2017b), beroende på husets isolering, varmvattenbehov och geografiska läge. Jämfört med vanliga fossila alternativ (till exempel olja) blir miljönyttan tydlig, eftersom elen i Finland till en stor del kommer från förnybara källor (vattenkraft, kärnkraft, vind) och en värmepump därmed ger lägre CO₂-utsläpp per uppvärmd kilowattimme än ett oljepannsystem. Det finns också vintertester som visar att moderna luft-vattenvärmepumpar kan leverera full effekt även på kalla vinterdagar i Norden (Enquist, 2015)

Miljöpåverkan från en luft-vattenvärmepump är i huvudsak kopplad till elförbrukningen och tillverkningen av systemet. Nya livscykelstudier visar att en typisk hushållspump på cirka 6 kW har ett totalt livslängdutsläpp på cirka 36 ton CO₂-ekvivalenter över cirka 17 års drift (Khan, 2024). Med effektiv drift och en allt grönare elmix kan de årliga utsläppen bli mycket lägre än med olje- eller direktelvärme. En finsk regeringsutredning uppskattar att om 10 000 småhus ersätter oljeeldning med värmepump (eller annan förnybar värmekälla) minskar utsläppen med cirka 56 kiloton CO₂ per år (ELY-keskus, 2020). Luft-vattenvärmepumpar har dessutom lägre direkta utsläpp jämfört med vedeldning i och med att de inte orsakar någon rök- eller partikelförorening, och de kan kombineras med solvärme eller solceller för ytterligare koldioxidbesparing. Sammanfattningsvis är luft-vattenvärmepumpen ett miljövänligt alternativ till olja, inte minst eftersom Finland strävar mot fossilfri uppvärmning.

Ur en ekonomisk synvinkel är en värmepump initialt dyrare att installera än en oljepanna, men den betalar tillbaka sig genom energibesparing. Nivån på investeringen beror på pumpmodell och husets storlek, men typiskt handlar det om tiotusentals euro. Tack vare de lägre driftskostnaderna kan återbetalningstiden ofta hamna runt 5-15 år beroende på elpris och uppvärmningsbehov. En nordisk studie visade att luft-vattenvärmepumpens totala kostnad per kvadratmeter över 25 år var ungefär 183 euro, att jämföra med 173 för bergvärme och 225 för fjärrvärme (Enquist, 2015). I Finland finns dessutom statligt stöd för att fasa ut olja: ägare till småhus som byter från oljeeldning till värmepump kan få upp till 4 000 euro i bidrag (ELY-keskus, 2020). Detta gör investeringen för hushåll ännu mer attraktiv. Med lägre energikostnader och ett bidrag som minskar startkostnaden blir ekonomin för en luft-vattenvärmepump betydligt fördelaktigare än för ett traditionellt oljesystem.

3.4 Bergvärme

Bergvärme är en form av geoenergi där värme utvinns ur berggrunden via ett slutet kretslopp. Systemet innefattar djupa borrhål (energibrunnar) där en köldbärande vätska cirkulerar och absorberar bergvärme. Den uppvärmda vätskan leds till en värmepump som höjer temperaturen för husets värmesystem (radiatorer/golvvärme, 35-55 °C) och tappvarmvatten (minst ca 60-65 °C) (Kvist, 2018). Det finns flera varianter av bergvärmesystem. Den klassiska lösningen är vertikala borrhål i berg, men horisontella slingor i marken används om bergvärme är svåråtkomlig. För hus nära vattnet är det möjligt att lägga värmeslang på sjö- eller havsbotten, vilket även kan öka energiutbytet. Ett dubbelbrunnssystem innebär att köldbärande vätskan pumpas ner i ett hål och återförs genom ett separat intilliggande hål, detta kan öka effektuttaget utan att kyla ner omgivande berg lika mycket.

Bergvärmens kan även kombineras i hybridlösningar: till exempel kan en solfångare eller solcellspanel försörja en del av varmvattnet eller elenergin till värmepumpens kompressor (Sankelo m.fl., 2022). Solceller på taket kan därmed delvis täcka värmepumpens elkonsumtion och sänka driftskostnaden. Andra hybrider kan vara att ha en elpatron eller vedpanna som reserv vid extrem kyla.

En nackdel med bergvärme är den höga initiala investeringskostnaden för borrhning, och att vissa tillstånd krävs (Motiva Oy, 2017a). Systemets energieffektivitet mäts främst med årsvärmefaktorn (SCOP), som anger hur många kilowattimmar värme som produceras per kilowattimme insatt el under ett år. Enligt Energimyndigheten ligger SCOP för moderna bergvärmepumpar normalt mellan cirka 2,8 och 5,0 under standardiserade testförhållanden (Kvist, 2018; Motiva Oy, 2024). Berggrundens temperatur är relativt stabil året runt, vilket ger bergvärmepumparna en jämn och god prestanda även vintertid. Med rätt dimensionering täcker bergvärmerna normalt praktiskt taget hela husets värme- och varmvattenbehov utan ytterligare fossila tillskott (Motiva Oy, 2024).

Ur ett ekonomiskt perspektiv kännetecknas bergvärme av en initialt hög investeringskostnad, vilken dock kompenseras av avsevärt lägre driftskostnader. De specifika priserna varierar beroende på faktorer som husets storlek, erforderligt borrhdjup samt val av utrustning. Större fastigheter eller mer komplexa installationer medför högre kostnader, medan lösningar som golvvärme kan bidra till förbättrad effektivitet och ekonomi (Motiva Oy, 2024).

3.5 Vedeldning som uppvärmningssystem

Vedeldning är en traditionell och fortfarande relevant uppvärmningsmetod för småhus i Finland, särskilt i kalla klimat där uppvärmningsbehovet är stort under stora delar av året. Rent tekniskt bygger vedeldning på att ved, bestående av cellulosa och lignin, förbränns i en eldstad eller panna. För att uppnå en effektiv och ren förbränning bör veden vara tillräckligt torr, med en fukthalt under cirka 20-25 %. Eldningsprocessen sker i flera steg: först avges fukt genom uppvärmning, därefter bryts vedens struktur ned genom pyrolys, och slutligen sker förbränning av kol och gaser vid höga temperaturer. Värmen som genereras överförs antingen direkt till luften i rummet exempelvis via kaminer eller via vatten i en vattenmantlad panna, vilket är vanligare i centrala värmesystem (Björn, 2003; Motiva Oy, 2011).

Verkningsgraden visar hur stor del av bränslets energi som omvandlas till användbar värme. Äldre vedpannor hade ofta en verkningsgrad på mellan 40 och 70 procent, medan moderna vedpannor med två- eller trestegseldning, luftstyrning och höga

driftstemperaturer kan nå omkring 80 till 90 procent (Johansson & Kläth, 2009). En öppen spis är däremot mycket ineffektiv och har vanligtvis en verkningsgrad på endast 5 till 15 procent. Verkningsgraden påverkas bland annat av vedens fukthalt, förbränningstemperaturen och pannans konstruktion. Trä med hög fukthalt leder till stora värmeförluster eftersom mycket energi går åt till att förångna vattnet. Hög och jämn temperatur, vilket möjliggörs med ackumulatortank, ger en mer fullständig förbränning och därmed högre verkningsgrad. Utan ackumulatortank, särskilt vid lågt värmebehov, ökar risken för ofullständig förbränning och värmeförluster via rökgaserna, vilket sänker den genomsnittliga verkningsgraden (Björn, 2003).

Vedeldning medför utsläpp av både växthusgaser och luftföroreningar. Koldioxidutsläppen betraktas som biogena och kan ses som klimatneutrala under förutsättning att veduttaget sker på ett hållbart sätt, eftersom ny växtlighet då binder motsvarande mängd koldioxid som släpps ut vid förbränningen. Utsläppen av svavel- och kväveoxider från ved är generellt låga. De största miljö- och hälsoriskerna uppstår i stället vid ofullständig förbränning, som kan leda till utsläpp av kolmonoxid, flyktiga organiska ämnen, partiklar (PM_{2.5}), polycykliska aromatiska kolväten (PAH) och sot (Björn, 2003).

Vedeldning kräver dock mycket arbete eftersom veden måste huggas, klyvas, torkas och matas in manuellt. Detta gör systemet mer arbetsintensivt än automatiserade lösningar. En ackumulatortank minskar behovet av att elda ofta, vanligtvis till ett par gånger per dag, och bidrar till ökad användarkomfort. Samtidigt kräver ett sådant system mer utrymme och en högre initial investering. Själva pannans drift- och underhållskostnader är oftast låga, men hanteringen av veden är både tidskrävande och fysisk (Johansson & Kläth, 2009).

4 Egnahemshus som fallstudie

I den här fallstudien undersöks energiförbrukningen i ett småhus från 1970-talet i södra Finland. Syftet är att beskriva husets tekniska skick, värmesystem och eventuella brister. Utifrån detta jämförs olika alternativ för uppvärmning och möjliga sätt att spara energi föreslås.

4.1 Allmän information om byggnaden

Studieobjektet i denna fallstudie är en fristående villa belägen i Kyrkslätt, Finland. Byggnaden uppfördes ursprungligen år 1974 och slutbesiktigades 1976. Det är ett enfamiljshus med en totalyta på cirka 397 m². Byggnaden består av ett huvudplan med delvis källarvåning och omfattar bland annat flera sovrum, vardagsrum, kök, bastu, inomhuspool, samt en mindre enrummare med separat ingång.

Fastigheten används idag som permanentbostad och är typisk för 1970-talets byggnadspraxis i Finland. Trots byggnadens ålder har inga större renoveringar av klimatskalet dokumenterats. Byggnadens konstruktion och tekniska system är i huvudsak ursprungliga, vilket har betydelse för både energiprestanda och renoveringsbehov.

Både konditionsgranskning (Serviz Oy, 2023a) och termografisk undersökning (Serviz Oy, 2023b) har genomförts för att bedöma byggnadens tekniska skick. Dessa rapporter ligger till grund för analysen i följande avsnitt.

4.2 Konstruktion och material

Villan i Kyrkslätt har en stomme som är uppförd med träregelväggar. Fasaden består huvudsakligen av tegel och delvis av träpanel. Ursprungligen hade huset ett platt tak, men detta har senare byggts om till sadeltak som idag är täckt med bitumenbaserad kermikate. Enligt äldre ritningar är ytterväggarna isolerade med cirka 100 mm mineralull, vilket var standard under 1970-talet. Det finns inga uppgifter om tilläggsisolering i samband med takombyggnaden, och det är troligt att isoleringsnivån fortfarande motsvarar ursprungligt utförande.

Takkonstruktionen utgörs av träbjälklag med isolering mellan bjälkarna. Det saknas uppgift om ångspärrens skick, vilket kan ha betydelse för byggnadens fuktskydd. Fönstrens exakta uppbyggnad framgår inte av rapporterna, men det är sannolikt att huset ursprungligen hade tvåglasfönster i träramar. Delar av dörrarna är fortfarande av ursprunglig typ, medan andra har bytts ut under 2000-talet.

Golvkonstruktionen består av en betongplatta på mark, uppbyggd med leca-fyllning, ett bärande skikt i betong, ett tätskikt av bitumen samt ett övre betongskikt under ytmaterialen. Någon separat värmeisolering under plattan har inte påvisats, vilket innebär att golvet sannolikt har en relativt hög värmegenomgång jämfört med dagens krav. Sockeln är gjuten i betong och visar lokalt tecken på sprickbildning samt exponering av armeringsjärn. Fuktsisolering saknas längs vissa delar av grunden, och det finns vegetationspåverkan nära byggnaden, vilket ökar fuktbelastningen.

Sammanfattningsvis är byggnadens stomme och klimatskal typiska för sin tid, med begränsad isolering och flera detaljer som avviker från dagens konstruktionsstandarder. Dessa faktorer bidrar till ett förhöjt värmebehov och behov av renoveringsåtgärder. (Serviz Oy, 2023a, 2023b)

4.3 Isolering och energitekniska egenskaper

Byggnaden har en konstruktionstyp som är typisk för 1970-talets småhus i Finland. Väggarna består av ett träregelverk med en uppskattad isoleringstjocklek på cirka 100 mm mineralull, enligt äldre ritningar (Serviz Oy, 2023a). Taket är isolerat med motsvarande mängd, vilket innebär att både vägg- och takkonstruktionerna har en isoleringsstandard som är betydligt lägre än dagens krav.

U-värdet för ytterväggar i nybyggda byggnader inte överstiga $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ och för tak högst $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Ympäristöministeriö, 2012). För att uppnå dessa nivåer krävs i regel minst 200-250 mm mineralull i väggar och 400-500 mm i tak, beroende på exakta materialval och konstruktion (Terveet tilat, 2018). Med dessa riktvärden som referens ger befintlig isolering i huset uppskattningsvis ett U-värde på cirka $0,5\text{-}0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ i

väggarna och omkring 0,4-0,5 W/m²K i taket, vilket innebär höga värmeförluster i förhållande till dagens standard.

Golvets uppbyggnad består enligt inspektionsrapporten av ett bärande betongskikt på 15 cm, med leca-fyllning under, ett bitumenlager samt ett övre skikt på 5 cm betong (Serviz Oy, 2023a). Inget isolerskikt finns under plattan, vilket innebär att värmegenomgången mot mark är hög. För beräkningarna i detta arbete antas ett U-värde på 0,75 W/m²·K, vilket är representativt för äldre oisolerade plattor på mark enligt riktvärden från (Terveet tilat, 2018). För att uppnå dagens krav på högst 0,16 W/m²·K för golv mot mark skulle cirka 150-200 mm isolering krävas.

Fönsterkonstruktionen är inte specificerad i rapporterna, men baserat på byggnadsår och typ kan det antas att huset ursprungligen har tvåglasfönster. Dessa har vanligtvis ett U-värde mellan 2,0 och 2,8 W/m²K. Fönster och dörrar i nya byggnader ha ett U-värde på högst 1,4 W/m²K (Ympäristöministeriö, 2012). Moderna treglasfönster med lågmissionsbeläggning och varmkantlist kan nå ner mot 1,0-1,2 W/m²K, vilket skulle minska värmeförlusterna.

Sammanfattningsvis ligger byggnadens befintliga isoleringsnivåer klart över dagens rekommenderade gränsvärden, vilket innebär att förbättringsåtgärder inom klimatskalet har stor potential att minska uppvärmningsbehovet. För att kunna utföra exakta U-värdesberäkningar bör uppgifter om samtliga materiallager i väggar, tak och golv samt specifika fönstermodeller inhämtas från fastighetsägaren eller konstruktionsritningar.

4.4 Uppvärmningssystem och tappvarmvattenproduktion

Byggnaden värms huvudsakligen upp med en oljeeldad panna från år 1988. Brännaren har bytts ut vid senare tillfälle, men övriga delar av systemet är i ursprungligt skick (Serviz Oy, 2023a). Uppvärmningen distribueras genom ett vattenburet system som består av både radiatorer och golvvärme, där golvvärmen är installerad i bottenplanet och radiatorer används i övriga delar av huset. Pannans exakta verkningsgrad anges inte i dokumentationen, men oljeeldade system från denna period har i regel en

årsverkningsgrad på cirka 80-90 % (Motiva Oy, 2023b). Värmesystemets ålder innebär också att rör, kopplingar och eventuella expansionskärl kan ha nått slutet av sin tekniska livslängd.

Förutom oljeeldningen finns flera eldstäder i huset: en bastuugn, en spis i köket samt en öppen spis i vardagsrummet. Dessa används huvudsakligen som kompletterande värmekällor. Eldstäderna är sotade regelbundet och är i brukbart skick enligt senaste inspektionen (Serviz Oy, 2023a).

4.5 Ventilation

Ventilationen i huset sker genom ett mekaniskt frånluftssystem (F-system), vilket innebär att luft sugas ut ur huset med hjälp av fläktar, medan tilluften tas in passivt via otätheter eller öppna ventiler. Enligt inspektionsrapporten finns det brister i tilluften, inga tilluftskanaler är installerade, och endast ett fåtal rum har manuella ventiler (Serviz Oy, 2023a). Detta kan leda till undertryck i byggnaden, vilket ökar risken för kallras och oönskad fukttransport genom klimatskalet.

Tilluften sker i praktiken via springor, läckor i dörrar och fönster samt andra otätheter i byggnadshöljet, vilket bekräftas av värmekameraundersökningen. Rapporten rekommenderar att separata tilluftsventiler installeras, särskilt i sovrum och våtrum, och att luftspalter görs under innerdörrar för att underlätta luftcirkulationen (Serviz Oy, 2023b).

Mekaniska frånluftssystem utan värmeåtervinning har generellt sett en låg energieffektivitet, eftersom den uppvärmda inomhusluften ventileras ut utan att dess värmeinnehåll tas tillvara (Motiva Oy, 2021). Systemet bör kompletteras eller bytas ut till ett FTX-system (tilluft och frånluft med värmeåtervinning) för att minska energiförlusterna.

4.6 Byggnadstekniska brister som påverkar energiprestanda

Flera byggtekniska brister med direkt påverkan på energiprestanda identifierades i inspektionsrapporten. Bland de mest kritiska är frånvaron av dränering och fuktisolering vid grunden, vilket ökar risken för fuktskador och värmeförlust genom bottenplattan. Sprickor i betongsockeln har exponerat armeringsjärn, vilket tyder på frost- eller fuktskador (Serviz Oy, 2023b).

Ytterväggarnas panel saknar bakomliggande luftspalt, vilket innebär att eventuell fukt som tränger in i konstruktionen har begränsad möjlighet att ventileras bort. Detta är särskilt problematiskt i kombination med bristfällig tilluftsventilation, då undertrycket inomhus kan dra in fuktig luft i väggarna.

Fönster och dörrar uppvisar tydliga tecken på otäthet. Enligt rapporten är tätlistor uttjänta, särskilt i ytterdörrar, vilket bidrar till kallras och luftläckage. Äldre tvåglasfönster från 1970-talet har ofta U-värden över 2,0 W/m²K, vilket gör dem till en av de största källorna till värmeförluster i äldre bostäder (Terveet tilat, 2018).

Sammanfattningsvis kräver flera delar av byggnadens klimatskal förbättringar, särskilt isolering, lufttäthet och fuktskydd för att nå upp till dagens energieffektivitetskrav.

4.7 Värmekamerainspektion

Värmekameraundersökningen, som utfördes i september 2023, visade tydliga luftläckage vid övergångar mellan yttervägg och tak, runt eldstadens skorsten samt vid genomföringar i takkonstruktionen (Serviz Oy, 2023b). Dessa observationer bekräftar att otätheter i klimatskalet är en betydande källa till värmeförluster.

Termografin visade också att vissa kallraszoner uppträder runt dörrar och fönster, särskilt vid karmar. Dessa läckage uppstår ofta på grund av lister som har åldrats eller på grund av dålig montering. Inga avvikande köldbryggor upptäcktes på större väggytor, vilket tyder på att väggisoleringen är jämnt fördelad, men otillräcklig.

Mätningarna genomfördes under milda yttre förhållanden (ca 0 °C utomhus, 20 °C inomhus), vilket innebär att ännu större läckage sannolikt kan uppstå under en kall vinter. Rapporten rekommenderar tätning av tak- och väggskarvar samt förbättrad isolering vid genomföringar (Serviz Oy, 2023b).

4.8 Diskussion om energipotential och behov av åtgärder

Fastigheten i Kyrkslätt har, som många äldre småhus, betydande förbättringspotential när det gäller energieffektivitet. Klimatskalets isolering ligger långt under dagens normkrav, vilket medför höga transmissionsförluster. Samtidigt är värmesystemet åldrat och ventilationen ineffektiv, vilket förstärker uppvärmningsbehovet.

U-värdet för ytterväggar i nya byggnader inte överskrida 0,25 W/m²K, och för tak 0,16 W/m²K (Ympäristöministeriö, 2012). För att uppnå dessa nivåer krävs ofta tilläggsisolering i väggar och tak med upp till 100-150 mm extra mineralull. Byte till treglasfönster med lågt U-värde ($\leq 1,2$ W/m²K) skulle ytterligare minska värmeförlusten.

Ventilationssystemet saknar värmeåtervinning, vilket innebär att en stor del av den uppvärmda inomhusluften ventileras ut utan att återanvändas. En uppgradering till FTX-system skulle kunna återvinna upp till 70-80 % av värmeenergin i frånluften (Motiva Oy, 2021).

Byggnadens nuvarande energianvändning är också förhöjd på grund av oljeuppvärmningens relativt låga verkningsgrad och höga koldioxidutsläpp. Om byggnaden skulle uppgraderas med bättre isolering, tätning, fönsterbyte och nytt ventilationssystem, kan uppvärmningsbehovet minska med upp till 30-50 % enligt typiska beräkningar för liknande byggnader (Terveet tilat, 2018).

För att förbättra byggnadens energiprestanda bör man tilläggsisolera tak och väggar, förbättra tätlistor vid dörrar och fönster, samt installera tilluftsventiler. Att installera FTX och byta till ett effektivare uppvärmningssystem minskar energibehov och utsläpp, samtidigt som inomhusklimatet förbättras.

5 Energiberäkningsresultat

För att kunna räkna ut hur mycket energi huset behöver har vissa antaganden gjorts om byggnadens konstruktion, användning och klimat. Nedan förklaras vilka uppgifter och riktvärden som använts som grund för beräkningarna.

5.1 Ingångsdata och antaganden

Beräkningarna av byggnadens värmeförluster och energibehov baseras på en kombination av uppgifter från inspektionsrapporten, byggnadsritningar, samt riktvärden från branschlitteratur. Syftet med detta avsnitt är att redogöra för de antaganden och ingångsdata som ligger till grund för beräkningarna i kommande kapitel.

Byggnaden är ett enplans bostadshus med uppvärmd nettoarea på 397 m². Takhöjden är i genomsnitt 2,5 meter, vilket ger en total uppvärmd volym på 992,5 m³. (Serviz Oy, 2023a)

Vid beräkning av energibehovet antas en inomhustemperatur på 21 °C, vilket är i linje med D5r:s anvisningar för bostäder (Miljöministeriet, 2012). För klimatdata används antalet värmegraddagar beräknat mot 17 °C (S₁₇). För klimatzon II, där Kyrkslätt är beläget, används ett genomsnittligt värde på 4 400 K·d/år, vilket motsvarar normalår enligt Finlands byggnormer (Miljöministeriet, 2012).

I tabell 1 nedan har U-värdena för byggnadens klimatskal fastställts antingen genom kända konstruktionsdata från inspektionsrapporten (Serviz Oy, 2023a) eller genom typvärden (RIL ry, 2023), där standardiserade beräkningar och erfarenhetsvärden för konstruktioner från 1970-talet redovisas. Där exakt materialtjocklek eller isoleringsnivå saknats, har rimliga antaganden gjorts i linje med byggpraxis från tidsperioden.

Tabell 1. U-värden för byggnadens klimatskal.

Byggnadsdel	U-värde (W/m ² ·K)	Grund för antagande
Yttervägg	0,33	100 mm mineralull, träregelstomme, fasad av tegel och träpanel; beräknat enligt RIL ry (2023)
Tak	0,357	120 mm mineralull i vindsbjälklag; motsvarar RIL:s riktvärde för oisolerat bjälklag
Golv	0,75	Betongplatta på leca utan separat isolerskikt; motsvarar erfarenhetsvärde för äldre konstruktioner enligt (RIL ry, 2023)
Fönster	2,00	Tvåglasfönster med träkarm; typvärde för fönster installerade före moderna energikrav
Dörrar	2,00	Trädörrar, delvis ursprungliga; enligt typvärden för massiva ytterdörrar utan isolering (RIL ry, 2023)

Arealer för respektive byggnadsdel har fastställts genom måttangivelser i ritningarna och redovisas i Tabell 2.

Tabell 2. Arealer för byggnadsdelar.

Byggnadsdel	Area (m ²)
Golv	397
Tak	397
Väggar (netto)	206,5
Fönster	40,8
Dörrar	10,2

Dessa värden används som grund för att i kapitel 5.2 beräkna transmissionsförluster genom klimatskalet, samt vidare i kapitel 5.5 för att fastställa byggnadens totala energibehov.

5.2 Värmeförluster från klimatskal (beräknade U-värden)

Transmissionsförluster utgör en central del i en byggnads energibehov. Dessa uppstår när värme leds genom klimatskalets beståndsdelar, det vill säga väggar, tak, golv, fönster och dörrar. För att mäta dessa förluster används metodiken beskriven i D5r (Miljöministeriet, 2012), där värmeförlusten Q (kWh/år) för varje byggnadsdel beräknas enligt följande uttryck:

$$Q = U \cdot A \cdot S_{17} \cdot 24 / 1000$$

där

U = värmegenomgångskoefficient ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$),

A = yta för byggnadsdelen (m^2),

S_{17} = antal värmegraddagar vid innetemperatur 17°C ,

24 = antal timmar per dygn

1000 = omvandlingsfaktor från Wh till kWh.

För fastigheten i Kyrkslätt har S_{17} satts till 4 400 $\text{K} \cdot \text{d}/\text{år}$ enligt klimatzon II. U-värden och ytor för respektive byggnadsdel har tidigare fastställts i kapitel 5.1. Resultatet av beräkningen av årliga transmissionsförluster sammanfattas i tabell 3:

Tabell 3. Årliga transmissionsförluster

Byggnadsdel	Värmeförlust (kWh/år)
Väggar	7981.1
Tak	16599.3
Golv	34 872,5
Fönster	9 557,0
Dörrar	2 389,2
Totalt	71 399,1

Som tabell 3 visar, utgör golvkonstruktionen den största enskilda källan till värmeförlust, följt av taket och fönsterpartierna. Detta överensstämmer med den analys som gjorts i kapitel 4, där det konstaterades att golvet saknar isolering under betongplattan och att fönstren är av äldre tvåglasfönster.

Resultatet understryker vikten av förbättrad isolering i särskilt golv och tak, samt att åtgärder för att minska värmeförluster genom fönster och dörrar skulle kunna ge betydande energibesparingar.

5.3 Ventilations- och infiltrationsförluster

Ventilationen i byggnaden sker med ett mekaniskt frånluftssystem utan tilluftskanaler eller värmeåtervinning. Enligt inspektionsrapporten används inga tilluftsfläktar, vilket innebär att ersättningsluften i praktiken sugas in genom otätheter i klimatskalet (Serviz Oy, 2023a). Detta skapar ett konstant undertryck i huset, vilket leder till okontrollerad infiltration och högre värmeförluster än vid ett balanserat ventilationssystem.

I VVS-ritningarna anges två separata frånluftsfläktar med angivna luftflöden på 400 m³/h och 600 m³/h, vilket ger en sammanlagd frånlufts kapacitet på 1 000 m³/h. Baserat

på byggnadens inomhus volym på 992,5 m³ kan det teoretiska luftomsättningstalet (ACH) beräknas som:

$$n = 1\,000\text{ m}^3/\text{h} \div 992,5\text{ m}^3 \approx 1,008\text{ h}^{-1}$$

Detta innebär att hela luftvolymen i byggnaden i teorin byts ut en gång per timme vid full fläktdrift. I praktiken används dock sällan maximal fläkteffekt kontinuerligt, särskilt inte i småhus utan värmeåtervinning. Buller, energibehov och behov av dragbegränsning leder ofta till lägre drift. I denna beräkning antas därför att ventilationssystemet i genomsnitt används med 50 % av kapaciteten, vilket ger ett justerat luftomsättningstal:

$$n = 0,5 \cdot 1,008 \approx 0,5\text{ h}^{-1}$$

Värmeförlusten genom ventilation och infiltration uppskattas med följande formel enligt D5r (Miljöministeriet, 2012)

$$Q_{vent} = 0,34 \cdot n \cdot V \cdot \Delta T \cdot t$$

där

0,34 = luftens värmekapacitet i kWh/m³·K

n = luftomsättning i 1/h

V = byggnadens volym i m³

ΔT = temperaturskillnad mellan inne och ute (antaget 21 °C)

t = tid i timmar per år (8 760 h)

Insatt i formel:

$$Q_{vent} = 0,34 \cdot 0,50 \cdot 992,5 \cdot 21 \cdot 8760 \approx 30924\text{ kWh/år}$$

Detta värde inkluderar både avsedd frånluftsventilation och oavsiktlig tilluft genom otätheter, vilket är typiskt för byggnader med F-system utan värmeåtervinning. Resultatet visar att ventilationsförlusterna utgör en betydande del av husets totala energibehov, och illustrerar fördelen med ett balanserat system med värmeåtervinning

5.4 Energi för tappvarmvatten

Uppvärmning av tappvarmvatten utgör en betydande del av det totala energibehovet i bostadshus, särskilt i hushåll med flera boende. I frånvaro av mätdata kan energibehovet uppskattas utifrån typisk vattenförbrukning per person, vattnets specifika egenskaper och temperaturdifferensen mellan kallt och varmt tappvatten.

I hushållet i Kyrkslätt bor fem personer, varav två är vuxna och tre är barn. Den genomsnittliga varmvattenförbrukningen för vuxna i småhus uppskattas vara 50-60 liter per dag, medan barns förbrukning i praktiken är något lägre (Motiva Oy, 2021; RIL ry, 2023). I denna analys antas en förbrukning om 55 liter per dag för vuxna och 35 liter per dag för barn, vilket motsvarar en total dagsförbrukning av varmvatten på 215 liter. Detta resulterar i en årlig varmvattenvolym på:

$$215 \text{ liter/dag} \cdot 365 \text{ dagar} = 78475 \text{ liter/år}$$

Energibehovet för att värma denna mängd vatten kan beräknas med formeln

$$Q_{vv} = (\rho \cdot c \cdot V \cdot \Delta T) / 3600$$

där

ρ = vattnets densitet $\approx 1\,000 \text{ kg/m}^3$

c = vattnets specifika värmekapacitet = $4,2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$

V = vattenvolym i liter

ΔT = temperaturskillnad mellan varm- och kallvatten = $55 \text{ }^\circ\text{C} - 7 \text{ }^\circ\text{C} = 48 \text{ K}$

3600 = konvertering från kJ till kWh

Insättning av värden ger:

$$Q_{vv} = (1000 \cdot 4,2 \cdot 78475 \cdot 48) / 3600 \approx 4406$$

Det årliga energibehovet för tappvarmvatten uppgår därmed till cirka 4400 kWh

5.5 Total energiförbrukning

Byggnadens totala energibehov för uppvärmning och tappvarmvatten beräknas som summan av:

Transmissionsförluster (Q_{trans}) genom klimatskalet: 71 399 kWh/år

Ventilations- och infiltrationsförluster (Q_{vent}): 30 924 kWh/år

Energibehov för tappvarmvatten (Q_{tvv}): 4 406 kWh/år

Det totala energibehovet för byggnaden beräknas till 106 729 kWh per år, vilket är summan av transmissionsförluster (71 399 kWh/år), ventilations- och infiltrationsförluster (30 924 kWh/år) samt energibehov för tappvarmvatten (4 406 kWh/år). Detta värde ligger till grund för jämförelser mellan olika uppvärmningssystem.

5.6 Interna värmelaster

I bostäder uppstår interna värmestillskott från människor, elektriska apparater, belysning och solinstrålning genom fönster. Denna interna värme bidrar till uppvärmningen och minskar därmed den mängd värme som behöver tillföras av husets värmesystem. För energiberäkningar i småhus används ofta ett fastställt riktvärde för interna värmelast på 17 kWh per kvadratmeter uppvärmd yta och år, enligt anvisningar i D5r (Miljöministeriet, 2012).

Med en uppvärmd nettoarea på 397 m² ger detta ett årligt internt värmestillskott på

$$Q_{interna} = 17 \cdot 397 = 6749 \text{ kWh/år}$$

Det verkliga uppvärmningsbehovet, det vill säga det som byggnadens värmesystem faktiskt behöver täcka, fås då genom att dra bort interna värmelaster från det totala energibehovet

$$Q_{netto} = Q_{total} - Q_{interna}$$

Med insatta värden:

$$Q_{\text{netto}} = 106\,729 - 6\,749 = 99\,980 \text{ kWh/år}$$

Det innebär att byggnadens uppvärmningssystem behöver leverera cirka 99 980 kWh värme per år för att täcka det faktiska värmebehovet, efter att interna värmestillskott räknats bort.

5.7 Köpt energi

För att värmesystemet ska kunna täcka byggnadens nettoenergibehov på 99 980 kWh/år, krävs det att systemet tillför en större mängd energi än så, eftersom en del av energin går förlorad i själva förbrännings- och distributionsprocessen. Hur mycket energi som faktiskt måste köpas in beror på systemets verkningsgrad.

Byggnaden värms idag med en äldre oljepanna. Enligt typvärden kan äldre oljesystem antas ha en årsverkningsgrad i intervallet 80-90 %, beroende på skötsel, konstruktion och rökgastemperatur (Miljöministeriet, 2012; Motiva Oy, 2023b). I denna analys används en uppskattning på 90 % verkningsgrad ($\eta = 0,90$).

Den köpta energin beräknas då enligt formeln:

$$Q_{\text{köpt}} = Q_{\text{netto}} / \eta$$

Insatta värden:

$$Q_{\text{köpt}} = 99\,980 / 0,90 \approx 111\,089 \text{ kWh/år}$$

Detta är den energi som faktiskt måste tillföras via bränsle, i det här fallet eldningsolja. Den beräknade mängden utgör även grunden för jämförelse med verklig oljeförbrukning och för framtida utvärdering av alternativa uppvärmningssystem.

5.8 Specifik energianvändning

För att möjliggöra jämförelse mellan olika byggnader används ofta specifik energianvändning som nyckeltal. Det uttrycker hur mycket köpt energi som går åt per kvadratmeter uppvärmd nettoarea under ett normalår.

För byggnaden i Kyrkslätt har den köpta energimängden beräknats till 111 089 kWh/år (kapitel 5.7), och den uppvärmda nettoarean är 397 m². Den specifika energianvändningen blir därmed:

$$\text{Specifik energianvändning} = 111\,089 \text{ kWh} / 397 \text{ m}^2 \approx 279,8 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$$

Värdet representerar den energimängd som behöver köpas in per kvadratmeter uppvärmd area, med hänsyn till byggnadens förluster, interna värmelaster och uppvärmning systemets verkningsgrad.

5.9 Jämförelse med uppmätt oljeförbrukning

För att bekräfta beräkningarna av energibehovet jämförs de uppskattade värdena med uppgifter om den faktiska oljeförbrukningen i byggnaden. Enligt husägaren har oljeförbrukningen under kalla vintermånader legat kring 1 000 liter per månad. Eftersom huset huvudsakligen har använts under vinterhalvåret finns ingen exakt mätdata för ett helt år, men husägaren uppskattar den totala årsförbrukningen till cirka 10 000 liter eldningsolja. Eldningsolja har ett energiinnehåll på cirka 10 kWh/liter, vilket innebär att den årliga energiåtgången från olja motsvarar:

$$Q_{\text{uppmätt}} = 10\,000 \text{ liter} \cdot 10 \text{ kWh/liter} = 100\,000 \text{ kWh/år}$$

Det uppmätta värdet på 100 000 kWh/år ligger nära det beräknade behovet på 111 089 kWh/år. Givet antaganden om schabloner, verkningsgrader och användningsvanor är skillnaden liten och styrker rimligheten i den genomförda analysen.

6 Jämförelse av uppvärmningsalternativ och val av system

Efter att energibehovet för huset har beräknats i föregående kapitel, är nästa steg att titta på vilka uppvärmningslösningar som skulle kunna passa. Här jämförs olika alternativ för att se vilket system som är mest lämpligt för huset i Kyrkslätt när det gäller kostnader, miljö och praktisk användning.

6.1 Alternativens tekniska egenskaper

Analysen utgår från byggnadens beräknade nettoenergibehov på cirka 99 980 kWh/år. Med en antagen systemverkningsgrad om 90 % för den nuvarande oljepannan motsvarar detta ett köpt energibehov på cirka 111 089 kWh/år. Nedan jämförs fem tekniska lösningar som kan ersätta eller komplettera det befintliga systemet.

Moderna kondenserande oljepannor återvinner värme ur rökgaserna och når årsverkningsgrader upp till 95 % (Tukes, 2020). Systemet kräver inga större ändringar i husets installationer, men fortsatt användning av fossilt bränsle innebär hög miljöpåverkan och höga driftkostnader.

Luft-vattenvärmepumpar (LVVP) utvinnet energi från uteluften och omvandlar den till värme i husets vattenburna system. Årsverkningsgraden (SCOP) varierar mellan 3,0-4,5 i södra Finland, vilket innebär god energieffektivitet även i kallt klimat (Motiva Oy, 2017b). Dock krävs installation av utomhusenhet och eventuellt anpassade radiatorer.

Bergvärmepumpar tar tillvara den stabila temperaturen i berggrunden via ett djupt borrhål (vanligen 150-200 m). Systemets SCOP ligger typiskt mellan 4,0 och 5,0 (Motiva Oy, 2017a). Borrhållningen är kostsam men tekniken ger stabil drift och hög verkningsgrad även under kalla vintrar. Systemet kräver ett teknikrum och tillräckligt med markyta för borrhållning.

Vedpannor med ackumulatortank kan nå verkningsgrader upp till 90-92 % (Motiva Oy, 2021). För att fungera effektivt krävs god tillgång till ved, utrymme för panna och tank

(typiskt 1000-2000 liter) samt en fungerande skorsten. Systemet kräver manuell vedhantering och regelbunden eldning, vilket minskar användarvänligheten.

Solceller omvandlar solenergi till el, som kan användas för att driva värmepumpar eller elpannor. I södra Finland kan en anläggning på 5-6 kWp producera cirka 4 000-5 000 kWh/år (Boverket, 2023). Systemet kräver god solinstrålning och är bäst som komplement snarare än huvudvärmekälla.

6.2 Ekonomisk jämförelse

Nedan jämförs investeringskostnader, driftkostnader och återbetalningstider för respektive alternativ med utgångspunkt i byggnadens årliga värmebehov på 99 980 kWh. Kalkylerna utgår från 2025 års genomsnittliga energipriser i Finland: el ~0,15 €/kWh, olja ~1,3 €/liter, ved ~60 €/m³, samt att stöd kan erhållas för vissa investeringar (eurostat, 2025; Luke, 2025; Statistics Finland, 2025).

Tabell 4. Ekonomisk jämförelse av värmesystem.

System	Investeringskostnad (€)	Livslängd (år)
Bergvärme	30 000-40 000	20+
Luft-vatten-värmepump	15 000-25 000	15-20
Vedpanna med ackumulator	10 000-20 000	20-30
Oljepanna (ny)	7 000-10 000	20+
Solceller (komplement)	8 000-15 000	25-30

Driftkostnader

Driftkostnaderna för respektive uppvärmningssystem varierar kraftigt beroende på energikälla, systemets verkningsgrad samt energipriset. Utgångspunkten i denna analys är ett årligt värmebehov på 99 980 kWh. För elbaserade värmesystem används ett elpris på 0,15 €/kWh, för olja 1,3 €/liter, och för ved 60 €/m³ (Eurostat, 2025; Luke, 2025; Statistics Finland, 2025). Verkningsgrader och COP-värden har uppskattats baserat på typvärden och dokumentation från NIBE (NIBE Energy Systems Oy, 2025).

Ett bergvärmesystem med en uppskattad årsverkningsgrad (COP) på 3,5 får en driftkostnad på cirka 4 285 €/år. Luft-vatten-värmepumpen, med en lägre effektivitet (COP 2,7), resulterar i en årlig kostnad om cirka 5 554 €. Vedpannan, trots ett lågt energipris, har hög arbetsinsats och en verkningsgrad på endast cirka 75 %, vilket ger en driftkostnad på 5 925 €/år. Den nyinstallerade oljepannan uppvisar de högsta driftkostnaderna, med cirka 15 291 €/år, till följd av både hög energiförbrukning och ett högt oljepris. Solceller reducerar elbehovet snarare än att täcka uppvärmning, och den uppskattade årliga besparingen beräknas till cirka 450 €.

Återbetalningstid

Återbetalningstiden beräknas enligt:

$$\text{Återbetalningstid (år)} = \text{Investeringskostnad (€)} / \text{Årlig driftkostnad (€)}$$

Vilket ger resultatet för respektive energikälla:

Bergvärme = 7-9 år

Luft-vatten-värmepump = 3-5 år

Vedpanna med ackumulator = 2-4 år

Oljepanna (ny) = 1-2 år

Solceller (komplement) = 20-30 år

Dessa intervall visar att ved- och elbaserade värmesystem generellt har kort återbetalningstid, särskilt när investeringskostnaden hålls låg. Oljepannan uppvisar en mycket kort återbetalningstid, men detta beror på höga löpande kostnader och gör systemet olämpligt för långsiktig användning. Solceller har betydligt längre återbetalningstid, men bidrar till minskad elförbrukning och är främst ett komplement snarare än ett uppvärmningssystem.

6.3 Miljöpåverkan

Miljöpåverkan från ett uppvärmningssystem bedöms utifrån utsläpp av växthusgaser, lokala emissioner samt användningen av fossila eller förnybara resurser. För system som drivs med el spelar elens ursprung en avgörande roll. El från den finländska residualmixen släpper ut cirka 555 gram CO₂ per kWh, medan el med ursprungsgaranti från förnybara källor har nära nollutsläpp (Energiavirasto, 2024). Valet av elavtal påverkar därför klimatpåverkan i hög grad. Nedan presenteras en jämförelse av alternativen för huset i Kyrkslätt.

Även om moderna oljepannor är mer effektiva än äldre modeller, har de fortfarande en stor nackdel: de använder fossil eldningsolja. Varje liter olja ger ungefär 2,7 kg koldioxid (CO₂). Vid en årsförbrukning på cirka 10 524 liter släpps det alltså ut ungefär 28,4 ton CO₂ (Motiva Oy, 2023b). Moderna pannor släpper även ut små mängder kväveoxider (NO_x), svaveldioxid (SO₂) och partiklar, dock mindre än äldre pannor. Eftersom olja är en ändlig och importerad resurs, blir den totala miljöpåverkan hög både under drift och sett över hela livscykeln.

Luft-vattenvärmepumpar har ett elbehov på cirka 28 600-33 300 kWh/år för att täcka byggnadens värmebehov på 100 000 kWh. Beroende på vilken el som används varierar klimatpåverkan kraftigt. Med el från den finländska residualmixen (~294 g CO₂/kWh) blir utsläppen ungefär 8,4-9,8 ton CO₂ per år (Energiavirasto, 2024). Om elen däremot kommer från förnybara källor (30-50 g CO₂/kWh) sjunker utsläppen till 0,9-1,7 ton. Systemet innebär alltså en avsevärt lägre miljöpåverkan jämfört med oljepanna, särskilt vid användning av förnybar el.

En bergvärmepump med ett elbehov på cirka 22 200-25 800 kWh/år kräver mindre el än en luft-vattenvärmepump tack vare högre årsverkningsgrad (SCOP 4,0-4,5). Med el från den finländska residualmixen (~294 g CO₂/kWh) uppskattas utsläppen till cirka 6,5-7,6 ton CO₂ per år. Vid användning av förnybar el (30-50 g CO₂/kWh) sjunker utsläppen till ungefär 0,7-1,3 ton. Den högre verkningsgraden innebär att bergvärme är ett av de mest

klimatvänliga alternativen bland eldrivna system, särskilt med grön el (Energiavirasto, 2024).

Vedpanna med ackumulatortank räknas som ett bibränslebaserat system och betraktas ofta som koldioxidneutralt, eftersom den koldioxid som frigörs vid förbränning motsvarar den som trädet bundit under sin livstid (Motiva Oy, 2022). Dock uppstår lokala utsläpp av partiklar, kolmonoxid (CO) och flyktiga organiska föreningar (VOC), särskilt vid ofullständig förbränning. Dessa kan påverka luftkvaliteten negativt, särskilt i tätbebyggda områden. Miljöpåverkan beror också på hur veden producerats och transporterats (Motiva, 2022).

Solceller producerar el utan utsläpp under drift, vilket gör dem till en mycket miljövänlig energikälla. De enda utsläppen sker vid tillverkning, transport och installation, men dessa är relativt låga sett över hela livslängden (25-30 år). En solcellsanläggning på 5-10 kWp i södra Finland kan producera cirka 4 000-8 000 kWh el per år och minska behovet av el från nätet. Därmed minskar också utsläppen från andra uppvärmningssystem som drivs med el. (Energimyndigheten, 2022; Motiva Oy, 2023a)

6.4 Känslighetsanalys

Känslighetsanalysen syftar till att undersöka hur förändringar i centrala antaganden påverkar resultatet av jämförelsen mellan uppvärmningsalternativen. I denna analys beaktas främst variationer i energipris, verkningsgrad och investeringskostnad, då dessa faktorer har störst påverkan på de olika systemens långsiktiga lönsamhet och miljöprestanda.

Elpriset i Finland varierar kraftigt beroende på årstid, väderförhållanden och tillgången på förnybar energi. Under 2025 har det genomsnittliga spotpriset legat på cirka 4,97 cent per kWh inklusive moms, med månadsnitt som varierat mellan 1,55 och 7,03 cent per kWh. Det har även förekommit tillfälliga pristoppar, där priserna stigit till nästan 40 cent per kWh (Helen, 2025). Förutom själva elpriset förekommer även elöverföringsavgifter, som inkluderar nätavgifter och skatter. Avgifterna varierar

beroende på nätbolag och abonnemangstyp, men för ett genomsnittligt hushåll kan de uppgå till cirka 7–10 cent per kWh. Detta innebär att det totala elpriset för hushåll ofta ligger mellan 12 och 17 cent per kWh (Eurostat, 2025).

För hushåll med eldrivna uppvärmningssystem innebär dessa prisvariationer att uppvärmningskostnaderna kan variera. Till exempel kan en luft-vattenvärmepump med ett elbehov på 28 600-33 300 kWh/år kosta mellan 4 300 och 5 000 € vid ett elpris på 15 cent/kWh. Om elpriset sjunker till 5 cent/kWh minskar kostnaden till 1 400-1 700 €, medan ett pris på 25 cent/kWh höjer kostnaden till 7 200-8 300 €.

Bergvärmepumpar, som är mer effektiva, har ett lägre elbehov på cirka 22 200-25 800 kWh/år. Vid ett elpris på 15 cent/kWh blir kostnaden 3 300-3 900 €, men den kan variera mellan 1 100 och 6 500 € beroende på elprisets förändringar.

Solceller kan bidra till att minska elbehovet från nätet, vilket gör hushållet mindre känsligt för elprisets svängningar. Solceller blir samtidigt mer lönsamma eftersom egenproducerad el ersätter dyr nätel

Sammanfattningsvis är eldrivna uppvärmningssystem känsliga för elprisets variationer, medan system som använder fasta bränslen eller kombineras med egen elproduktion erbjuder större kostnads stabilitet.

Verkningsgraden för ett uppvärmningssystem varierar över tid och påverkas av faktorer som utomhustemperatur, systemets ålder, installationens kvalitet, driftinställningar samt underhåll

Verkningsgraden för Luft-vatten-värmepumpar mäts med värmefaktor (COP), är starkt beroende av utomhustemperaturen. Vid milda temperaturer kan COP-värdet vara högt, men sjunker vid kallare väder. Detta innebär att systemets effektivitet minskar när värmebehovet är som störst (Polarpumpen, u.å.).

Bergvärmepumpar påverkas mindre av utomhustemperaturen tack vare den stabila temperaturen i berggrunden. Dock kan verkningsgraden påverkas av faktorer som

borrhålets dimensionering och underhåll. Om värmepumpens SCOP sjunker från 4,0 till 3,0 ökar behovet av köpt elenergi med cirka 33 % (Polarpumpen, u.å.).

Investeringskostnaden för olika uppvärmningssystem varierar betydligt och påverkar valet av system. Bergvärme innebär en hög initial investering, främst på grund av borrning av energibrunn. Enligt Techeat varierar kostnaden för en komplett bergvärmeinstallation i Finland mellan 30 000 och 40 000 €, där borrningen utgör en betydande del av kostnaden (Techeat, u.å.).

Luft-vatten-värmepumpar har däremot lägre installationskostnader eftersom de inte kräver borrning. Enligt Inköps priset varierar beroende på enhetens effektivitet och funktioner, men generellt är den initiala investeringen lägre än för bergvärme (LämpöWatti, 2024a, 2024b).

Vedpannor med ackumulatortank har varierande kostnader. Själva pannan är ofta relativt billig, men för att uppnå god verkningsgrad krävs en stor ackumulatortank. En vanlig riktlinje är att tankvolymen bör vara omkring 18 gånger eldstad volymen, vilket innebär att en panna med över 100 liter eldstad behöver en tank på över 1 800 liter. Det leder till höga materialkostnader och krav på utrymme. Investeringskostnaden kan därför bli tiotusentals euro högre. Samtidigt kan bränslet vara mycket billigt eller till och med gratis vid egen vedhantering, vilket minskar återbetalningstiden betydligt. I längden kan system med ved- eller flispanna och ackumulatortank vara ekonomiskt fördelaktiga, men de kräver en hög initial investering och arbetsinsats (Energimyndigheten, u.å.).

Vedpannor innebär en hög arbetsbelastning för användaren. Veden måste sågas, klyvas, torkas och förvaras, och pannan behöver fyllas manuellt med bränsle vid regelbundna intervaller. Systemet kräver dessutom en fungerande skorsten, vattenburet radiatorsystem samt tillräckligt utrymme för panna, ackumulatortank och vedförråd både inne och ute. Under drift behöver askan tömmas ofta och hanteras på ett säkert sätt, och regelbunden sotning är nödvändig för att upprätthålla god funktion. Vedeldning kräver därmed daglig tillsyn under kalla perioder. Även om moderna vedpannor med automatiserad vedmatning och integrerad brännkammare kan minska arbetsinsatsen något, är det fortfarande det mest arbetsintensiva systemet i jämförelsen (Energimyndigheten, u.å.).

Värmepumpar, både jord- och luftbaserade, är i huvudsak helautomatiska och kräver mycket lite av användaren i det dagliga. Det vanligaste underhållet består av att rengöra filter i inomhusdelen vid behov samt att se till att utomhusdelen hålls fri från smuts, löv och snö. Mer avancerat underhåll, som kontroll av köldmediemängd, arbetstryck och elektriska komponenter, bör utföras av fackkunnig tekniker ungefär vartannat till vart tredje år. I övrigt är värmepumpar mycket driftsäkra och har lågt servicebehov. Användarens roll begränsas i regel till att övervaka temperaturinställningar och hålla uppsikt över eventuella felmeddelanden (Villaägarna, u.å.).

Kombinerade uppvärmningssystem, exempelvis värmepump i kombination med solceller, påverkar i regel inte användarens vardag i någon större utsträckning. Solcellsanläggningar är i princip underhållsfria, förutom att panelernas yta bör hållas ren från smuts och snö vid behov. Även solfångare som används för att producera varmvatten som komplement till vedpanna kräver minimalt med tillsyn och fungerar i stort sett automatiskt under sommarhalvåret (Energimyndigheten, u.å.).

När olika uppvärmningssystem kombineras kan den totala prestandan förbättras. Ett vanligt exempel är att använda en värmepump, till exempel luft-vatten eller bergvärme, tillsammans med solceller. Eftersom solceller producerar el under dagtid, ofta samtidigt som värmepumpen är aktiv, kan elen användas direkt i systemet. Det minskar behovet av köpt el och sänker därmed driftkostnaderna. Enligt Scanoffice kan solcellernas växelriktare även styra värmepumpens drift så att den utnyttjar solenergin när produktionen är som högst. Detta bidrar till högre verkningsgrad, lägre elkostnader, minskade utsläpp och större självförsörjning (Scanoffice, 2024).

Solvärme med solfångare är också en viktig del i kombinerade uppvärmningssystem. Ett vanligt upplägg är att koppla solfångarna till ackumulatortanken, vilket gör det möjligt att producera tappvarmvatten och i vissa fall även bidra till husets värmebehov under sommaren. Enligt Energimyndigheten innebär detta att man under sommarhalvåret kan få varmvatten från solen utan att behöva elda i vedpannan, vilket minskar både arbetsinsatsen och energiförbrukningen (Energimyndigheten, u.å.). Då undviker man att elda ved i onödan under perioder då solenergin är tillräcklig. Detta gör

kombinationen särskilt miljöeffektiv, eftersom solvärmen kan värma det vatten som annars skulle ha värmts av pannan.

6.5 Val av system och motivering

Utifrån analysen av tekniska förutsättningar, ekonomi och användarkrav bedöms en värmepumpslösning vara mest ändamålsenlig för den aktuella 1970-talsvillan i Kyrkslätt. Husets mycket höga nettovärmebehov (~100 MWh/år för 397 m²) och antagligen äldre isolering gör att systemets driftseffektivitet blir central. Bergvärme ger den högsta verkningsgraden av alternativen och kan tillgodose stora värmebehov effektivt (Motiva Oy, 2024). Trots att investeringskostnaden för bergvärme är hög, bland annat på grund av borring och tillstånd, kan systemets höga COP-värde (3-4) leda till mycket låga driftskostnader över tid. Luft-vatten-värmepumpar är enklare och billigare att installera eftersom de inte kräver borring, men har i regel lägre effekt och verkningsgrad i kallt nordiskt klimat. Vid låga utomhustemperaturer krävs ofta ett el-element som tillskottsvärme för att säkerställa tillräcklig uppvärmning (Motiva Oy, 2017b).

Vedeldning är mindre lämpligt som huvudvärmekälla i det här fallet. En vedpanna som klarar ~100 MWh kräver en mycket stor panna och ackumulatortank (Storuman, 2011) samt omfattande vedförråd. Driftsformen blir helt manuell och arbetskrävande (Energimyndigheten, u.å.). Om man har god tillgång till egen ved kan bränslekostnaden bli låg, men det höga behovet av tid och arbete, med daglig eldning, rensning av rökgång och regelbunden sotning, bidrar till att vedeldning är mindre attraktiv vid jämförelse med mer automatiserade alternativ. En kombination där vedpannan fungerar som huvudsaklig värmekälla och värmepump används som stöd är tekniskt möjlig, men sällan nödvändig i praktiken om man väljer att satsa fullt ut på värmepumpsteknik.

För att minimera elbehovet bör värmepumpen kombineras med solceller. För att minska elförbrukningen kan värmepumpen med fördel kombineras med solceller, som under soliga timmar och täcker en stor del av elbehovet och minskar beroendet av elnätet, vilket även gynnar ekonomi och miljö (Scanoffice, 2024). Att kombinera bergvärme med solceller brukar ge betydligt lägre energikostnader per år jämfört med system som bara använder el eller olja. En luft-vatten-värmepump med solceller kan vara ett

billigare alternativ att installera, men eftersom huset är stort och dåligt isolerat passar bergvärme bättre ur teknisk synvinkel.

Slutligen framstår värmepumpen som det mest användarvänliga alternativet eftersom den är automatiserad och kräver minimalt med daglig tillsyn, till skillnad från vedeldning som kräver löpande skötsel. Med bibehållen komfort innebär detta mindre arbete och större flexibilitet i vardagen. Med tanke på husets höga energibehov, äldre byggnadsstandard och behov av långsiktigt kostnadseffektiva lösningar rekommenderas en lösning med värmepump, helst bergvärme, i kombination med solceller. Denna kombination ger effektiv värmeproduktion, låga driftskostnader och hög användarvänlighet.

Källor

- Björn, G. (2003). *Förstudie av teknikupphandling för vedpannor* [luleå tekniska universitetet].
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1015194/FULLTEXT01.pdf>
- Boverket. (2023). *Solel och solvärme i bebyggelsen – Handbok för energieffektiv planering*.
https://www.boverket.se/sv/energiguident/energirenovera-smahus/5.valja_atgarde_r/solvarme/
- ELY-keskus. (2020). *Nytt understöd för den som byter ut oljeuppvärmningen mot ett annat system*.
<https://www.ely-keskus.fi/sv/-/uusi-avustus-oljylammituksen-vaihtoon-tarjolla-jopa-4-000-euroa-pientalon-omistajalle>
- Energiavirasto. (2024, juni 25). *Vuoden 2023 jäännösjakauma julkaistu: Varmenamaton sähkö entistä harmaampaa*. Energiavirasto.
<https://energiavirasto.fi/-/vuoden-2023-jaannosjakauma-julkaistu-varmentamaton-sahko-entista-harmaampaa>
- Energimyndigheten. (u.å.). *Välj rätt värmepanna*. Hämtad 29 maj 2025, från
<https://www.energimyndigheten.se/effektiv-energianvandning/guider/husguiden-for-dig-som-vill-energieffektivisera-ditt-hus/se-over-husets-uppvarmningssystem/varmepanna/>
- Energimyndigheten. (2022). *Solvärme*. Energimyndigheten (Sverige).
<https://energimyndigheten.se/fornybart/solenergi/solvarme/>
- Enquist, av A. (2015, augusti 12). Testprojekt visar att värmepumpar var effektivare än bergvärme. *Byggkontakt*.
<https://www.byggkontakt.nu/artikel/testprojekt-visar-att-varmepumpar-var-effekt>

- ivare-an-bergvarme/
- eurostat. (2025). *Electricity price statistics*.
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics
- Helen. (2025). *Börsel – alltid till marknadspris | Helen*.
<https://www.helen.fi/sv/el/borsel>
- Johansson, E., & Kläth, M. (2009). *Investering i Solenergi för småhus*.
- Khan, S. (2024). (PDF) Environmental Footprint Analysis of Domestic Air Source Heat Pumps. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.1016/j.rcradv.2024.200217>
- Kvist, J. (2018). *Årsvärmefaktor för bergvärmepumpar i Norden*.
- Luke. (2025). *Volumes and prices in roundwood trade*. Natural Resources Institute Finland.
<https://www.luke.fi/en/statistics/volumes-and-prices-in-industrial-roundwood-trade/volumes-and-prices-in-roundwood-trade-42025>
- LämpöWatti. (2024a, juni 5). *Vatten/luft-värmepump*.
<https://lampowatti.fi/sv/vatten-luft-varmepump/>
- LämpöWatti. (2024b, juli 27). *Leverantörer av vatten/luft-värmepumpar*.
<https://lampowatti.fi/sv/leverantorer-av-vatten-luft-varmepumpar-i-finland/>
- Miljöministeriet. (2012). *Finlands byggbestämmelsesamling D5r: Energi och värme*.
https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/D5r_2012.pdf
- Motiva. (2022). *Korta tips om vedeldning*.
https://motiva.fi/files/7945/Korta_tips_om_vedeldning.pdf
- Motiva Oy. (2011). *Pientalon lämmitys- järjestelmät*.
<https://www.motiva.fi/files/4970/PientalonLammitysjarjestelmat.pdf>
- Motiva Oy. (2017a). *Värme ur egen jord—Motiva*.

https://www.motiva.fi/sv/publikationer/publikationer/byggande/varme_ur_egen_jord.12388.shtml

Motiva Oy. (2017b). *Värme ur luften – Luftvärmepumpar*.

https://www.motiva.fi/sv/publikationer/publikationer/byggande/varme_ur_luften_-_luftvarmepumpar.12388.shtml

Motiva Oy. (2021). *Fakta om energi – Handbok om energieffektivt boende*.

https://www.motiva.fi/files/19224/Fakta_om_energi_Handbok_om_energieffektivt_boende.pdf

Motiva Oy. (2023a). *Aurinkolämpö pientaloissa*. Motiva.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat

Motiva Oy. (2023b). *Öljylämmitys*.

https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/energiatehokas_pientalo/pientalon_lammitys/oljylammitys

Motiva Oy. (2024). *Maalämpöpumppu*. Motiva.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu

Motiva Oy. (2025). *Asuinrakennuksen öljy- tai maakaasulämmityksestä luopumisen tuet*.

https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/oljy-_tai_maakaasulammityksen_vaihtajalle/asuinrakennuksen_oljy-_tai_maakaasulammityksesta_luopumisen_tuet

NIBE Energy Systems Oy. (2025). *Dimensionering Kyrkslätt* [Offertdokument / Teknisk specifikation]. Bifogat dokument från leverantör.

Polarpumpen. (u.å.). *Värmepumpens COP- och SCOP-värde*. Hämtad 29 maj 2025, från

<https://www.polarpumpen.se/kunskapsbanken/varmepump-kunskapsbank/valja->

varmepump/varmepumpens-cop--och-scop-varde/

RIL ry. (2023). *Rakennusosien lämmönläpäisykertoimien laskenta (RIL 225-2023)*.

Sankelo, P., Ahmed, K., Mikola, A., & Kurnitski, J. (2022). Renovation Results of Finnish Single-Family Renovation Subsidies: Oil Boiler Replacement with Heat Pumps. *Energies*, 15(20), 7620. <https://doi.org/10.3390/en15207620>

Scanoffice. (2024, maj 7). *Maalämpöpumppu ja aurinkopaneelit*. Scanoffice. <https://scanoffice.fi/aurinkopaneelit/opas/aurinkopaneelien-kaytto/aurinkopaneelit-ja-maalampopumppu/>

Serviz Oy. (2023a). *Kuntotarkastus – Sjököllantie 676, Kyrkslätt*. Serviz Oy. Erhållen från fastighetsägare

Serviz Oy. (2023b). *Lämpökamerakuvaus—Sjököllantie 676, Kylmäla*.

Statistics Finland. (2025). *Average price of light fuel oil decreased in March 2025*. https://stat.fi/en/publication/cm18w25q05lftf08w9va93a87v?utm_source=chatgpt.com

Storuman. (2011). *Akkumulatortankar Får värmen att räckta längre*. <https://www.storuman.se/globalassets/bygga-bo-och-miljo/energi/akkumulatortank.pdf>

Suomen ympäristökeskus. (2022). *Rakennusten lämmityksen ilmastovaikutukset*.

Ilmasto-opas.fi. <https://ilmasto-opas.fi/fi/rakennusten-energiatehokkuus>

Techeat. (u.å.). Bergvärmens pris. *Techeat*. Hämtad 29 maj 2025, från <https://www.techeat.fi/sv/bergvarme/bergvarmens-pris/>

Terveet tilat. (2018). *Rakennusfysiikkaa rakennusinsinöörille*. https://tilatjaterveys.fi/documents/39510712/102937006/Rakennusfysiikan+oppi+materiaali+insinöör+koulutukseen_Lampo.pdf

Tilastokeskus. (2018). *Uusiutuva energia valtaa alaa pientalojen lämmityksessä*. Tieto

& Trendit.

<https://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2018/uusiutuva-energia-valtaa-alaa-pien-talojen-lammityksessa/>

Tukes. (2020). *Oljeuppvärmningsystem*.

<https://tukes.fi/sv/sv/hem-och-fritid/hemmet-och-teknik-i-hemmet/oljevarmningssystem>

Villaägarna. (u.å.). *Så Underhåller Du Din Värmepump*. Villaägarna. Hämtad 29 maj 2025, från

<https://www.villaagarna.se/radgivning-och-tips/energi/uppvarmning/sa-underhall-er-du-din-varmepump/>

VVS föreningen i Finland. (2018). *Värmepumpar*.

<https://www.vvsfinland.fi/2018/07/07/varmepumpar/>

Ympäristöministeriö. (2012). *Rakennuksen lämmöneristys – Määräykset och ohjeet (RakMK C3)*.

Zukowski, M. (2017). *Energy efficiency of a solar domestic hot water system*. 22.

<https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172200209>