



CHALMERS

Klimatpåverkan från vattenburna värmedistributionssystem

En jämförelse mellan golvvärme och radiatorer

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik

MELKER ANDERSSON

NICOLAS RENAUDO

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2026

www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Klimatpåverkan från vattenburna värmedistributionssystem

En jämförelse mellan golvvärme och radiatorer

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

MELKER ANDERSSON

NICOLAS RENAUDO



CHALMERS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Examinator: Anders Trüschel

Handledare: Torbjörn Lindholm

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2026

Klimatpåverkan från vattenburna värmedistributionssystem

En jämförelse mellan golvvärme och radiatorer

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

MELKER ANDERSSON

NICOLAS RENAUDO

© MELKER ANDERSSON, NICOLAS RENAUDO, 2026

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2026

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Klimatpåverkan från vattenburna värmedistributionssystem

En jämförelse mellan golvvärme och radiatorer

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

MELKER ANDERSSON

NICOLAS RENAUDO

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Bygg- och fastighetssektorn står idag för en stor del av Sveriges utsläpp av växthusgaser. I ett land där byggnader kräver uppvärmning stora delar av året är en effektivisering av värmedistributionssystemen nödvändig om de alltmer strikta klimatmålen ska nås. Denna studie har genomförts tillsammans med företaget Bengt Dahlgren Göteborg AB för att utreda om ett vattenburet golvvärme- eller radiatorsystem har lägst klimatpåverkan för ett referensprojekt i Mölnlycke. Byggnaden är projekterad med ett golvvärmesystem och studien inleds med att byta värmedistributionssystemet till radiatorer. Följt av en sammanställning av bland annat materialmängder och klimatdata för att kunna beräkna den totala klimatpåverkan för systemen. Livscykelanalyser visar att golvvärmesystemet hade en lägre klimatpåverkan än radiatorsystemet vid en antagen livslängd för byggnaden på 50 år. Livscykelanalysen inkluderade byggskedet, användningsskedet och slutskedet, där användningsskedet och energianvändningen var den parameter som hade högst klimatpåverkan. För att kontrollera livscykelanalysernas relevans utfördes även beräkning av klimatpåverkan i Bengt Dahlgrens egenutvecklade beräkningsprogram Becos, som är ett tillägg till Revit och utifrån material och klimatdata beräknade byggskedets klimatpåverkan.

Nyckelord: Klimatpåverkan, värmedistributionssystem, radiator, golvvärme, LCA, livscykelanalys, Becos, VVS

Climate impact from waterborne heat distribution systems

A comparison between underfloor heating and radiators

Degree Project in the Engineering Programme

Civil Engineering

MELKER ANDERSSON

NICOLAS RENAUDO

Department of Architecture and Civil Engineering

Division of Installation Technology

Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The construction and property sector stands for a big share of Sweden's greenhouse gas emissions. In a country where buildings require warming-up most of the year, the efficiency improvements of the heat distribution systems are necessary to reach the climate goals. This study has been made together with the company Bengt Dahlgren Göteborg AB to investigate if waterborne underfloor heating or radiators is the most climate-effective alternative for a reference object in Mölnlycke. The building is designed with underfloor heating and the study starts by switching to a radiator system, followed by a summary of the amounts of used materials and climate data to be able to calculate the total climate impact. Life cycle assessments shows that the underfloor heating system had a lower climate impact than the radiator system with an assumed life span for the building of 50 years. The life cycle assessment included the phases for construction, operation and the final stage, where the operational phase and the energy-parameter had the biggest impact on the climate. To check if the results of the life cycle assessment were relevant was climate calculations also made in Bengt Dahlgren's in-house developed calculations tool Becos. Becos is an add on to Revit and calculates the climate impact based on the materials and climate data used in the model.

Key words: Climate impact, climate efficiency, heat distribution system, radiator, underfloor heating, LCA, life cycle assessment, Becos, plumbing

Innehåll

SAMMANFATTNING	II
ABSTRACT	I
INNEHÅLL	II
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	VI
1. INLEDNING	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte och frågeställning	3
1.3 Avgränsningar	3
2. TEORI	5
2.1 Värmedistributionssystem	5
2.2 Golvvärmesystem	5
2.3 Radiatorsystem	6
2.4 Klimatpåverkan och livscykelanalys	7
2.5 Beräkningar	9
2.5.1 Dimensionering av värmesystem	9
2.5.2 Beräkning av klimatpåverkan	9
2.5.3 Digitala beräkningsverktyg	10
3. METOD	12
3.1 Val av metod	12
3.2 Referensbyggnad och underlag	12
3.3 Projektering av värmesystem	13
3.4 Beräkning av klimatpåverkan	14
3.4.1 Becos	15

3.4.2	Livscykelanalys	16
3.5	Jämförelse av systemens klimatpåverkan	19
4.	RESULTAT	21
4.1	Golvvärmesystem	21
4.1.1	Materialmängd	21
4.1.2	Energianvändning	21
4.1.3	Vattenanvändning	21
4.1.4	Klimatpåverkan enligt Becos	21
4.1.5	Klimatpåverkan enligt livscykelanalys	22
4.2	Radiatorsystem	23
4.2.1	Materialmängd	23
4.2.2	Energianvändning	23
4.2.3	Vattenanvändning	24
4.2.4	Klimatpåverkan enligt Becos	24
4.2.5	Klimatpåverkan enligt livscykelanalys	24
4.3	Jämförelse av klimatpåverkan	26
4.3.1	Skillnad i klimatpåverkan mellan systemen	26
4.3.2	Energianvändning	28
4.3.3	Skillnad mellan Becos och One Click LCA	28
5.	DISKUSSION	31
5.1	Analys av resultatet	31
5.2	Resultatets relevans	34
5.3	Becos eller LCA för beräkning av klimatpåverkan?	36
5.4	Framtida arbete och betydelse för branschen	37
6.	SLUTSATS	39
7.	REFERENSER	41

Förord

Detta examensarbete har genomförts under våren 2026 som det avslutande arbetet på högskoleingenjörsprogrammet inom Samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers tekniska högskola. Arbetet har gjorts på avdelningen för installationsteknik, där vi samarbetat med Bengt Dahlgren Göteborg AB som gav oss ett förslag på examensarbete som vi anpassade en aning.

Vi vill rikta ett stort tack till Bengt Dahlgren som gjorde arbetet möjligt och gav oss tillgång till värdefulla underlag och modeller. Framför allt vill vi tacka vår handledare, Martin Balogh för vägledning och stöd under hela våren, och som gjort att vi känt oss som en del av avdelningen och företaget.

Göteborg, maj 2026

Melker Andersson

Nicolas Renaudo

Beteckningar

I rapporten används vissa beteckningar och förkortningar vilka sammanfattas och förklaras i detta avsnitt.

Latinska versaler

<i>AI</i>	Artificiell Intelligens
<i>CO₂</i>	Kemisk formel för koldioxid
<i>CO_{2e}</i>	Koldioxidekvivalent [kg]
<i>DVUT</i>	Dimensionerande vinterutetemperatur [°C]
<i>E_{pump,GV}</i>	Elektrisk energi för bergvärmepump vid golvvärmsystem [kWh]
<i>E_{pump,RAD}</i>	Elektrisk energi för bergvärmepump vid radiatorsystem [kWh]
<i>EPD</i>	Environmental Product Declaration; miljövarudeklaration
<i>EPS</i>	Expanderad polystyren; isolermaterial
<i>GWP</i>	Global Warming Potential; mått för den inverkan en växthusgas har på den globala uppvärmningen
<i>LCA</i>	Life Cycle Assessment; livscykelanalys
<i>LCC</i>	Life Cycle Cost; livscykelkostnadsanalys
<i>PE-RT</i>	Polyethylene (Raised Temperature resistance); plaströr av polystyren med förhöjt temperaturmotstånd
<i>PE-X</i>	Polyethylene (Cross-linked); plaströr av tvärbunden polyeten
<i>Q_{behov}</i>	Årligt värmebehov [kWh/år]
<i>Q_{dim}</i>	Dimensionerande värmeeffekt [kWh]
<i>Q_{effekt}</i>	Radiatoreffekt [W]
<i>RiR</i>	Rör-i-Rör-system
<i>SCOP_{GV}</i>	Seasonal Coefficient of Performance; årsverkningsgrad för golvvärme
<i>SCOP_{RAD}</i>	Seasonal Coefficient of Performance; årsverkningsgrad för radiatorer
<i>VS</i>	Värme och Sanitet
<i>VVS</i>	Värme, Ventilation och Sanitet

Latinska gemena

<i>t_{inne}</i>	Inomhustemperatur [°C]
Δt	Temperaturskillnad

1. Inledning

Sveriges aktörer inom bygg- och fastighetssektorn har ett stort ansvar för att landet ska nå sina klimatmål. Sektorn har höga utsläpp av växthusgaser och installationsbranschens minskning av sin klimatpåverkan är en väsentlig del i arbetet med att minska landets klimatpåverkan.

1.1 Bakgrund

Enligt Naturvårdsverket (2026) står svenska byggnader för 40 % av landets totala energianvändning. Bygg- och fastighetssektorn står även för en femtedel av Sveriges totala växthusgasutsläpp från byggskede, till användning och renovering, för att avsluta med rivningsskedet. I en tid då människan måste förändra sina levnadsmönster för att rädda klimatet har allt fler klimatmål satts upp. Regeringen har bestämt att byggbranschens växthusgasutsläpp ska vara noll år 2045 (Fossilfritt Sverige, 2024), och fram till dess finns flera delmål. För att säkerställa att målen uppnås är en livscykelanalys en vanlig metod som används för att visa var klimatpåverkan kommer från. En livscykelanalys delas upp i tre skeden; bygg-, användnings- och slutskedet (Boverket, 2024). Användningsskedet är det längsta skedet under en byggnads livscykel, där driftens energianvändning dominerar och är avgörande för att klimatmålen ska uppnås. Därför läggs stort fokus på att minska byggnadens energianvändning och en viktig del är att effektivisera värmedistributionssystemen, som står för uppvärmningen.

I lagen om klimatdeklaration sätts krav på att en ny byggnad ska ha en klimatdeklaration där byggnadens klimatpåverkan redovisas. I nuläget ingår inte installationer såsom vatten, värme och ventilation i boverkets föreskrifter för vad som ska ingå i en byggnads klimatdeklaration (Lindberg & Bergstrand, 2022). Detta leder till att en stor del av en byggnads klimatpåverkan antingen inte räknas på eller att schablonvärden används vilket inte ger en realistisk bild av dess faktiska klimatpåverkan. I framtiden förväntas detta dock att ändras i och med nya förslag från Boverket, som menar att flera nya byggdelar, där installationer ska ingå från och med 2027 (Boverket, 2020). För att möjliggöra detta behövs effektiva metoder för att ta fram och presentera klimatdata.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med studien är att undersöka vilket av de två vattenburna värmedistributionssystemen golvvärme och radiatorer som har lägst klimatpåverkan under en byggnads livslängd.

Hur stor är skillnaden i klimatpåverkan mellan ett vattenburet golvvärmesystem respektive radiatorsystem under en byggnads livstid?

1.3 Avgränsningar

Under arbetets gång har vissa avgränsningar gjorts för att hålla studien på en rimlig nivå som är anpassad till tidsramen och det valda området. Studien har strävat efter att jämföra de parametrar där värmedistributionssystemen avviker från varandra. Således har vissa faktorer som kan ha en inverkan på den totala klimatpåverkan i slutändan, inte tagits med. Därför ska resultatet för klimatpåverkan tas med viss reservation då detta är en analys som enbart innefattar distributionssystemen för golvvärme och radiatorer, från fördelaranslutningarna och ut i lägenheterna.

Studien inleddes med att en färdigprojekterad referensmodell av ett flerbostadshus med ett golvvärmesystem erhöles. Byggnaden var anpassad efter golvvärme vilket inneburit att flera andra avgränsningar och anpassningar behövts göras för att jämförelsen skulle kunna bli relevant. Från början var tanken att jämföra flera olika byggnader med de olika systemen, där även luftburen värme skulle inkluderas. På grund av att ett luftburet värmesystem skiljer sig så pass mycket i uppbyggnad jämfört med golvvärme och radiatorer, ansåg handledare och examinator att en jämförelse mellan de två vattenburna värmesystemen var tillräcklig.

Golvvärmesystem döljs i golvet och har en jämn värmefördelning över hela golvytan vilket möjliggör en friare planlösning. Detta kan skapa problem vid ett systembyte då radiatorsystem tar mer plats. Fönstren på långsidorna av referensbyggnaden går hela vägen ner till golv, det vill säga bröstningshöjden 0 mm, vilket är vanligt för byggnader med golvvärmesystem. Radiatorerna monterades på väggarna under fönsterna för att motverka kallras och eftersom det vid dessa fönster inte fanns någon vägg under uppstod ett dilemma. Till följd av detta bestämdes att samtliga fönster

hade bröstningshöjden 600 mm för att förenkla och systematisera projekteringen. Avgränsningen gjordes i samråd med handledare med argumentet att själva analysen inte täcker byggnadens utformning, utan endast värmesystemen och deras uppbyggnad. Vid ett verkligt byte av värmesystem i den valda byggnaden skulle dessa fönster antingen behöva ersättas, alternativt att golvmonterade konvektorer valts i stället. En annan avgränsning med samma argument gjordes i vissa lägenheter som hade flyttbara väggar, där ritningarna som användes för val av radiator saknade vägg men där Revit-modellen hade en avskiljande vägg precis där radiatoren skulle monteras. Överenskommelsen blev att de ursprungliga ritningarna bestämde och de flyttbara väggarna förbisågs.

För att jämförelsen skulle hållas på en rimlig nivå bestämdes det att studien skulle sträva efter att bevara så mycket av det redan dimensionerade golvvärmesystemet som möjligt. Exempelvis utgår jämförelsen från att radiatorsystemet använder sig av samma fördelarskåp som golvvärmesystemet och även samma bergvärmepump. Detta betyder att en beräkning av de vertikala rörstammarna inte jämfördes i Revit eller One Click LCA. Däremot gjordes en överslagsräkning i Excel för de vertikala rörstammarna och en skillnad på 45 kg CO₂e beräknades vilket ansågs vara försumbart.

Vid beräkning av klimatpåverkan för de två värmedistributionssystemen användes golvvärmens värmebehov som den energi som uppvärmningen av byggnaden behöver. Underlaget som erhöles över golvvärmeprojekteringen saknade information om injustering av golvvärmesystemet, så för att underlätta har studien inte beaktat injustering av radiatorerna. En injustering av varje radiator enligt rummets värmebehov skulle göra att resultatet blivit mer precist och specifikt för radiatorsystemet. Anledningen att värmebehovet valdes som värde var att det erhållna materialet för golvvärmesystemet endast redovisade totalt värmebehov, se bilaga A. För att hålla studien så konsekvent som möjligt och då antagandet om samma inneklimat togs oavsett system bestämdes värmebehovet vara samma värde för både golvvärme och radiatorer.

2. Teori

I detta avsnitt beskrivs teorin bakom de system som jämförs samt för de beräkningar och beräkningssystem som används.

2.1 Värmedistributionssystem

De två vanligaste vattenburna värmedistributionssystemen för byggnader är golvvärme och radiatorer. Systemen är relativt lika sett från hur de avger värme men skiljer i uppbyggnad och placering, vilket medför att de har olika för- och nackdelar. Värmen kan komma från olika typer av energikällor som antingen är förnybara eller icke förnybara (Naturskyddsföreningen, 2025), där Sverige eftersträvar att använda enbart förnybara energikällor vilket är det alternativ som är bäst för planetens klimat.

Bergvärme är ett värmesystem som genererar värme genom geoenergi (SGU, 2023), och är en förnybar energikälla. Under sommarhalvåret laddas berggrunden med värme från solen som lagras naturligt i berget. Från grundvattnet pumpas vätska upp genom så kallade bergvärmepumpar som ofta är några hundra meter djupa, beroende på platsens förutsättningar. Enligt SGU (2023) finns kollektorslangar i varje brunn som innehåller en vätska som är i ett slutet system, och för med värmen upp från berggrunden till en bergvärmepump som vanligtvis sitter i huset. Vätskan fungerar som en värmeväxlare och eftersom den befinner sig i ett slutet system återanvänds den vilket också innebär mindre underhåll. För att få tillräckligt med värme till uppvärmningen höjer bergvärmepumpen temperaturen på värmen från vätskan till önskad nivå genom en liten mängd elenergi. Pumpen för sedan det uppvärmda vattnet ut i värmedistributionssystemet och på så sätt värms byggnaden upp.

2.2 Golvvärmesystem

Vattenburen golvvärme består av värmeslingor av rör i främst plast, som gjuts eller spacklas in i ett golv. I värmeslingorna cirkulerar varmvatten och genom att varm luft stiger från golvet, skapar en jämn uppvärmning och värmefördelning. Golvvärmens framledningstemperatur varierar mellan 30 till 40 °C och systemet reagerar långsamt på temperaturförändringar (Gärddt, 2025). Med golvvärmesystems jämna temperaturfördelning passar det bra i byggnader med lägre effektbehov och en lågtempererad värmekälla. Vid nybyggnationer väljs ofta golvvärme på grund av dess

termiska komfort som är attraktiv vid försäljning och de låga systemtemperaturerna. Golvvärme gör det även möjligt med friare planlösning och utformning av byggnader, med större fönsterytor som ett exempel.

För att säkerställa att värmen från golvvärmeslingorna rör sig uppåt och således minskar värmeförluster nedåt i konstruktionen, används ofta skivor med isolering. Skivorna består av plastmaterialen expanderad polystyren (EPS) eller cellplast med ett täckande skikt aluminiumfolie för att försäkra en jämn värmespridning.

Golvvärmesystemets installationskostnad är hög då installeringen är mer komplicerad och kräver en större insats jämfört med ett radiatorsystem. Med få rörliga delar i systemet är underhållsbehovet däremot lågt och med en lägre vattentemperatur vilket ger ett lägre energibehov, blir driftkostnaden låg.

2.3 Radiatorsystem

Vattenburna radiatorer består av en panel som oftast är i metall, med vattenslingor inuti där varmt vatten cirkulerar och avger värme (VVS-katalogen, 2025). Radiatorer placeras vanligtvis under fönster för att motverka kallras. Kallras innebär att kall uteluft leds in genom det sämre isolerade fönstret vilket gör att den kalla luften faller ned mot golvet och orsakar drag vid fönstret. Radiatorn värmer luften genom konvektion där luften med hjälp av temperaturskillnaderna strömmar runt i rummet (Nationalencyklopedin, 2026). Namnet radiator kommer från engelskans ord för strålning, då rummet värms genom att värmen även strålar från radiatoren. Radiatorer har en framledningstemperatur mellan 50 till 70 °C och reagerar snabbt på temperaturförändringar (Gärddt, 2025). Radiatorer är enkla att installera och kräver relativt lite underhåll. Radiatorer kombineras ofta med andra värmesystem för att komplettera byggnadens värmebehov. Enligt Gärddt (2025) är radiatorsystems installationskostnad lägre än för ett golvvärmesystem då installationen är mindre komplex. Med fler rörliga delar och högre temperaturnivåer är däremot driftkostnaden högre.

I studien användes Purmos panelradiator Compact som enligt produktens datablad är denna radiator typ lämplig för flerbostadshus (Purmo, 2026). Compact är en standardradiator med totalt fyra ½ tum stora anslutningar, galler och sidoplåtar. Varje

radiator har alltså två anslutningar på både vänster respektive höger sida, för tillopprör respektive returrör vilket möjliggör en anpassningsbar montering av rören. Tilloppsanslutningen är placerad överst och returanslutningen är placerad nederst. Materialet är profilerat stål och utifrån storlek är Compact-radiatorn uppdelad i typerna 11, 21, 22 samt 33, och den är utrustad med en luftningsanslutning, avluftare och har möjlighet att tappa av vattnet.

För rörledningarna som försåg radiatorerna med varmvatten valdes ett tvårörssystem där de befintliga fördelarskåpen som använts för golvvärmen i stället kunde användas för radiatorerna. Radiatorerna försågs med PEX-rör som gjöts in i filigranbjälklaget. Filigranbjälklag eller plattbärlag är ett bjälklag som består av en prefabricerad och armerad betongskiva där installationer och armering anläggs i överkant. Därefter gjuts ett täckande betongskikt ovanpå för att få en golvyta och önskad bjälklagstjocklek.

2.4 Klimatpåverkan och livscykelanalys

Klimatpåverkan omfattar de mänskliga aktiviteter som orsakar förändringar i klimatet. Det är främst utsläpp av växthusgaser som orsakar den globala uppvärmning som gör att konsekvenserna förvärras hela tiden för människor, djur, ekosystem och den biologiska mångfalden (Sveriges miljömål, 2025). För att kunna ta reda på hur stor klimatpåverkan och varifrån den kommer finns flera beräkningsmetoder, där en livscykelanalys är det vanligaste sättet. I en livscykelanalys mäts klimatpåverkan i enheten kilogram koldioxidekvivalenter (kg CO₂e). För att ta fram data för klimatpåverkan från olika material finns flera så kallade klimatdatabaser, däribland Boverkets klimatdatabas (Boverket, 2026). Boverket definierar klimatdata som ”Utsläpp av växthusgaser uttryckt i kilogram koldioxidekvivalenter per enhet resurs”.

Koldioxidekvivalenter är en gemensam enhet som används för att jämföra växthusgasers klimatpåverkan (WWF, u.d.). I atmosfären finns flera olika växthusgaser, alltså gaser som leder till att jordens yta värms till följd av att atmosfärens uppvärmningsförmåga ökar och således börjar fungera som ett växthus (Naturvårdsverket, 2025). Den så kallade växthuseffekten har föranlett att atmosfärstemperaturen ökat sedan slutet av 1800-talet vilket orsakat stora klimatförändringar. Koldioxid är den vanligaste växthusgasen, men enligt WWF (u.d.) finns andra växthusgaser som metan och lustgas vars effekt för att värma

atmosfären skiljer sig. Därför har enheten koldioxidekvivalent skapats som ett medelvärde för att gemensamt kunna bestämma alla olika växthusgasers effekt på klimatet, utifrån koldioxidens påverkan.

I en livscykelanalys, som förkortas LCA beräknas klimatpåverkan under hela livscykeln, från byggskedet, till användningsskedet och till sist slutskedet (Boverket, 2024). De olika skedena delas in i informationsmoduler som redogör påverkan för de specifika processerna. Varje modul har en viss klimatpåverkan och dessa sammanställs för att få den totala klimatpåverkan, angiven i kilogram koldioxidekvivalenter. Möjligheten att göra miljöförbättringar för produkten som analyseras ökar vid en tidig användning av en livscykelanalys, då stora utsläpp kan upptäckas i ett tidigt skede.

I enlighet med Boverket (2024) är byggskedet uppdelat i produktskedet, vilket innefattar modulerna A1 till A3; råvaruförsörjning, transport respektive tillverkning, och byggproduktionsskedet som innefattar A4 och A5; transport respektive bygg- och installationsprocessen. Därefter följer användningsskedet med modulerna B1 till B7; användning, underhåll, reparation, utbyte, ombyggnad, driftenergi respektive driftens vattenanvändning. C1 till C4 omfattar slutskedet med modulerna demontering, transport, restproduktsbehandling respektive bortskaffning. Till sist finns även möjlighet att inkludera en sista parameter; fördelar och belastningar utanför systemgränsen vilken benämns som D. Studien behandlar inte den sistnämnda parametern.

Material	Transport	Bygg- och installationsprocess	Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte/ombyggnad	Driftenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering, rivning	Transport	Restproduktsbehandling	Bortskaffning
A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4-B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4
Produkt-skede												
Byggskede			Användningsskede						Slutskede			

Figur 1. Livscykelanalysen moduler och skeden.

Studiens livscykelanalys behandlar främst produktskedet (A1 till A3) samt driftenergi och vattenanvändning (B6 och B7) eftersom det är just dessa moduler som har störst klimatpåverkan sett över hela livslängden. Det är även dessa skeden som skiljer mest i värde mellan golvvärme- och radiatorsystem vilket gör det intressant för en jämförelse. Resterande moduler har en mindre skillnad mellan de olika systemen men har i viss mån räknats med, men bidrar relativt lite till slutresultatet.

2.5 Beräkningar

I studien har mindre beräkningar gjorts för hand, vid dimensioneringen av radiatorsystemet samt beräkningen av klimatpåverkan för de båda systemen. Mer omfattande beräkningar har utförts i digitala beräkningsverktyg i form av Purmos kalkylator för panelradiatorer, Becos, One Click LCA och Excel.

2.5.1 Dimensionering av värmesystem

Vid dimensioneringen av radiatorsystemet adderades 20 % på den befintliga effekten för varje radiator. Detta är ofta något som görs för att ha en säkerhetsmarginal för värmebehoven. Samma totala värmebehov användes sedan för energiberäkningarna för golvvärmen.

$$Q_{behov} = Q_{effekt} * 1,2 \quad (1)$$

2.5.2 Beräkning av klimatpåverkan

Beräkningen av klimatpåverkan för driftens energianvändning gjordes för hand där den dimensionerande värmeeffekten beräknades följt av bergvärmepumpens energianvändning med hänsyn till varje system.

Den årliga dimensionerande värmeeffekten (Q_{dim}) beräknas med ekvation 2 och är den maximala värmeeffekt som krävs för att hålla den önskade inomhustemperaturen vid den dimensionerande utetemperaturen (DVUT). DVUT är den lägsta utetemperatur som ska beaktas i energiberäkningar, och har ett specifikt värde för alla kommuner i Sverige. Ekvationen baseras på byggnadens totala årliga värmebehov (Q_{behov}) och gradtimmar används för att bestämma hur värmebehovet fördelas under året.

$$Q_{dim} = \frac{Q_{behov} * gradtimmar}{t_{inne} - DVUT} \quad (2)$$

Ekvation 3 beskriver bergvärmepumpens årliga energianvändning (E_{pump}) för värmedistributionssystemen. Värdet för den årliga dimensionerande värmeeffekten (Q_{dim}) är samma för båda systemen eftersom samma värmebehov används för båda systemen och inomhusklimatet har samma temperatur. Bergvärmepumpens säsongsårsverkningsgrad (SCOP) fås från bergvärmepumpens produktblad, bilaga B, och har olika värden beroende på värmedistributionssystem, och beror på de dimensionerande vattentemperaturerna.

$$E_{pump} = \frac{Q_{dim}}{SCOP} \quad (3)$$

2.5.3 Digitala beräkningsverktyg

För att effektivisera de olika beräkningsprocesserna används i studien flera digitala beräkningsprogram; Purmos kalkylator för panelradiatorer, Becos, One Click LCA samt Excel.

Purmos kalkylator för panelradiatorer användes vid projekteringen av radiatorsystemet vilket förenklade valet av radiatormodell (Purmo, u.d.). Kalkylatorn fungerade genom att de önskade ingångsvärdena för radiatören angavs, vilket var höjd, längd, tilllopps-, retur- och rumstemperatur, tolerans angiven i procent samt värmebehov angivet i Watt. I kalkylatorn kan även värmebehovet beräknas genom aktuella temperaturer, placering, isolering samt rumsdimensioner. Utifrån valda värden ges flera olika alternativ på den aktuella radiatorns storlek, där dimensionerna varierar precis som effekt, vattenvolym samt vikt. Kalkylatorn ger även ett värde för koldioxid ekvivalent per massa material, vilket är konstant 2,80 eftersom alla Purmos radiatorer består av samma material. Även en prestandadeklaration erhålls för mer detaljerad information om varje radiator typ.

Becos är ett dataprogram för beräkning av klimatpåverkan och är utvecklat av företaget Bengt Dahlgren, och idén är att effektivisera beräkningsprocessen inom byggnadsprojektering (Bengt Dahlgren, 2022). Becos är utvecklat av ingenjörer och är skapat för att göra det så enkelt som möjligt för användaren, och bygger på traditionella arbetssätt. Det innebär att användaren inte behöver förändra sin konstruktionsprocess i exempelvis Revit, utan Bengt Dahlgren (2022) menar att verktyget ska förfina det arbete som redan utförs. Becos fungerar som ett tilläggswerktyg till Revit, där möjlighet ges till realtidsberäkning och klimatdata kan tas ut direkt. Det finns även en klimatdatabas där andra datakällor som exempelvis EPD:er har sammanställts och samlar klimatdata för produkter och material på samma plattform. Arbetet med klimatdatabasen växer dagligen genom rapportering av produkter eller material som saknas i databasen. Bengt Dahlgren (2022) menar att verktyget ska tydliggöra resultatet för klimatavtrycket, där värdena som tas fram blir mer exakta och varje justering av installationssystemet kan analyseras för att upptäcka vilket alternativ som är mest gynnsamt. De moduler i livscykelanalysen som Becos ger data till är A1 till A5, det vill säga klimatpåverkan från byggskedet.

Det AI-drivna beräkningsprogrammet One Click LCA användes till livscykelanalyser för de två värmedistributionssystemen. Programmet kan användas för att beräkna klimatpåverkan från bygg-, anläggnings- och fastighetssektorn genom automatiserad livscykelanalys och miljövarudeklarationer (One Click LCA, 2026). Programmet gör det lätt att jämföra system mot varandra för att ge en förståelse av vilket som är bäst ur ett miljöperspektiv. I One Click LCA kan miljöcertifieringsprogram väljas för att från start fastställa de mål som ska nås, och med en stor databas kan programmet anpassas väl till det land som analysen sker i. Kalkylatorn är uppdelad i livscykelanalysens moduler där rätt parameter och material väljs i databasen och dess mängd bestäms. Utifrån parameterns GWP-värde beräknar kalkylatorn modulens klimatpåverkan. Modulernas klimatpåverkan sammanställs till en total klimatpåverkan med diagram och tabeller samt en sammanställning i Excel.

Utöver de mer ämnesspecifika beräkningsprogrammen har även Excel använts. Excel används för databearbetning och strukturering av värden samt vid beräkning. Från Excel har tabeller för livscykelanalyser sammanställts och använts för att presentera resultat.

3. Metod

I detta avsnitt beskrivs de metoder som använts för att projektera värmesystemen samt hur klimatpåverkan har beräknats.

3.1 Val av metod

Studien består av en kvantitativ jämförande analys där en färdig byggnad tillhandahölls med ett projekterat golvvärmesystem som byttes till ett radiatorsystem. Efter att ha modellerat radiatorsystemet i datorprogrammet Autodesk Revit beräknades klimatpåverkan för de två systemen genom livscykelanalyser som därefter jämfördes.

3.2 Referensbyggnad och underlag

Arbetet utgår från en referensbyggnad i form av ett flerbostadshus som ska byggas i Mölnlycke, där Bengt Dahlgren ansvarat för VVS-projekteringen. Från Bengt Dahlgren har vi fått tillgång till ritningar och modeller. Byggnaden består av 48 lägenheter fördelat på två identiska huskroppar med fem våningar. Lägenheterna varierar från två till fem rum och boarean är på 55 till 111 m² och den totala rumsytan för byggnaden är 1880 m². Värmedistributionssystemet är projekterat med vattenburen golvvärme där golvvärmeslingor är placerade i alla rum, med bergvärme som värmekälla. I varje lägenhet finns fördelarskåp med åtta anslutningar för framledning respektive returledning som i sin tur är anslutna till en bergvärmecentral som är placerad på första våningen. Byggnadens ventilationssystem är av typen FTX, alltså tilluft och frånluft där värmen återvinns. Det resulterar i att tilluften har en högre temperatur än uteluften och gör att värmesystemets effektbehov blir lägre.

Underlaget som erhållits innefattar det material som beskriver det golvvärmesystem som referensbyggnaden projekterats med. Projekteringen för golvvärmesystemet har företaget Heat Up ansvarat för och står därför för ritningar och andra handlingar. Golvvärmesystemet är vattenburet och är dimensionerat för en framledningstemperatur på 39 °C och en returtemperatur på 33 °C, se bilaga A. Distributionsrören är av typen PEX med diameter 16 mm, tjocklek 2 mm samt centrum-centrumavstånd på 300 mm och är placerade i företagets egna isolerskivor som består av plastmaterialet EPS med ett lager aluminiumfolie, fördelat på

byggnadens värmeyta på 1591 m² där resterande 289 m² består av framledningsytor för golvvärmen.

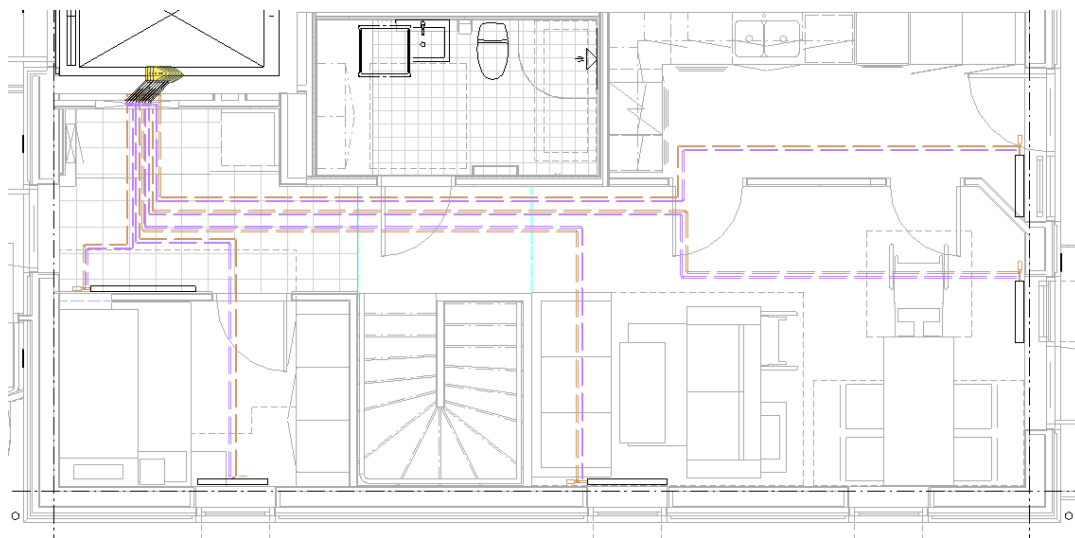
3.3 Projektering av värmesystem

Inledningsvis sammanställdes de olika värmebehoven för lägenheternas rum. Det gjordes med hjälp av golvvärmeritningarna där värmebehoven för varje golvvärmeslinga angavs. Efter att värmebehoven sammanställts utfördes dimensionering av radiatorer vilket gjordes med hjälp av Purmos kalkylator för panelradiatorer (Purmo, u.d.). På det angivna värmebehovet adderades en marginal på 20 % vilket gjordes på uppmaning av en VVS-konsult. För att jämförelsen ska vara konsekvent med likvärdiga inneklimat valdes samma inomhustemperatur, 21 °C, och radiatorsystemets framlednings- och returtemperatur sattes till 55 respektive 40 °C.

I Purmos beräkningsprogram valdes radiatortyp till deras egna Compact-serie där storleken varierade mellan typerna 11, 21, 22 och 33. Utifrån fönsternas bröstningshöjd på 600 mm valdes höjden på samtliga radiatorer till 300 mm då ett avstånd mellan fönster och radiatorns övre del ska vara minst 100 mm och mellan radiatorns nedre del och golv minst 200 mm (VVS Företagen, 2012). Bredden på radiatorerna varierar beroende på fönsterbredd och tjockleken varierar beroende på önskad värmeeffekt.

Radiatorsystemet projekterades i Revit där de valda radiatortyperna hämtades från Purmos produktbibliotek i MagiCAD. Därefter placerades radiatorerna i lägenheterna där det varierade mellan tre till fyra radiatorer i varje lägenhet, beroende på dess storlek och antal fönster. Från varje fördelarskåp drogs fram- och returledningsrör manuellt i Revit, bestående av LK PE-X Universalrör med tomrör (RiR) med diameter på 16 mm samt tomrörsdiameter på 25 mm. Rören gjutes in i golvbjälklaget bestående av filigran, där rören kommer upp ur golvet precis intill varje radiator. Målet med rören utplacering var att göra det så tydligt som möjligt vid avläsning på en ritning. Rörstråken anlades genom dörröppningar och under öppna ytor för att förenkla vid ett eventuellt utbyte eller renovering av rören samt att minimera risken att rören skadas vid uppbyggnad av andra bärande element.

Anslutningsrören på Purmos Compact-serie är placerade på vänster eller höger sida av radiatorn, där framledningsröret går in i överkant och returledningsröret går ut i nederkant (Purmo, 2026). Anslutningsrören var av typen LK-PAL. På tilloppsröret in till varje radiator installerades en injusteringsventil från Purmo av modellen Evoflow med storlek 15 mm, även den är hämtad från projektbiblioteket i MagiCAD. När rören var korrekt anslutna utfördes en Pressure Drop-kalkylering i Revit för varje förgrening, där värden för bland annat tryckfall, flöde och hastighet erhöles. Sammanställningen visade även ingående produkter och typer och dess dimensioner. På så sätt kunde rörsystemet kontrolleras att rätt komponenter valts.



Figur 2. Ritning från Revit på en lägenhets radiatorsystem, med fördelare, distributionsrör och radiatorer.

Viktigt vid uppbyggnaden av rörsystemet var att alla komponenter skulle vara av samma systemtyp. Vald systemtyp bestämdes till *VS Fram* respektive *VS Retur* i Revit, men vissa komponenter blev automatiskt andra systemtyper vilket gav felmeddelanden vid kalkyleringen. Därav krävdes att alla avvikande komponenter ändrades till de korrekta och således kunde de kalkylerade värdena fås fram för de fyra olika rörgrenarna.

3.4 Beräkning av klimatpåverkan

Beräkningen av klimatpåverkan för de olika systemen gjordes med två olika program, Becos och One Click LCA.

3.4.1 Becos

För att utföra beräkning av klimatpåverkan i Becos laddades programmet ned från Bengt Dahlgrens intranät. Efter nedladdning kopplades Becos till den aktuella Revit-modellen, där en ny flik för Becos fanns i Revit. I fliken fanns en sammanställning över alla modellens komponenter med tillhörande kategori, Revit-familj och mängd material.

Tabell 1. Radiatorsystemets komponenter från Revit-modellen i tillägsprogrammet Becos.

Category	Family and type	Resource	Manufacturer	Quantity	Weight	Climate impact
Mechanical Equipment	C21 SWE C21-3009_20-1	Panelradiator C21 C21-3009_20-1 (E	Purmo	6 pce	81.6 kg	233.13 kg
Mechanical Equipment	C11 SWE C11-3020_15-1	Panelradiator C11 C11-3020_15-1 (E	Purmo	6 pce	101.84 kg	290.97 kg
Mechanical Equipment	Dummy_box Dummy_box			1 pce	0 kg	0 kg
Mechanical Equipment	MC_ConnectionNode_Hydronic MC			3 pce	0 kg	0 kg
Mechanical Equipment	C21 SWE C21-3009_15	Panelradiator C21 C21-3009_15 (30I	Purmo	12 pce	147.96 kg	422.72 kg
Mechanical Equipment	C11 SWE C11-3010_15	Panelradiator C11 C11-3010_15 (30I	Purmo	6 pce	55.4 kg	158.29 kg
Mechanical Equipment	C22 SWE C22-3010_15	Panelradiator C22 C22-3010_15 (30I	Purmo	2 pce	31.24 kg	89.24 kg
Mechanical Equipment	C33 SWE1 C33-3016_15	Panelradiator C33 C33-3016_15 (30I	Purmo	3 pce	107.45 kg	306.99 kg
Mechanical Equipment	C21 SWE C21-3006_20-1	Panelradiator C21 C21-3006_20-1 (E	Purmo	17 pce	145.69 kg	416.24 kg
Mechanical Equipment	C33 SWE1 C33-3007_15-1	Panelradiator C33 C33-3007_15-1 (E	Purmo	1 pce	16.66 kg	47.59 kg
Mechanical Equipment	C22 SWE C22-3018_15-1	Panelradiator C22 C22-3018_15-1 (E	Purmo	2 pce	54.24 kg	154.96 kg
Mechanical Equipment	C33 SWE C33-3018_15-1	Panelradiator C33 C33-3018_15-1 (E	Purmo	1 pce	40.71 kg	116.31 kg
Mechanical Equipment	C11 SWE C11-3008_15-1	Panelradiator C11 C11-3008_15 (30I	Purmo	13 pce	97.2 kg	277.7 kg
Mechanical Equipment	C11 SWE C11-3006_15-1	Panelradiator C11 C11-3006_15 (30I	Purmo	3 pce	17.66 kg	50.46 kg
Mechanical Equipment	C33 SWE C33-3006_15-1	Panelradiator C33 C33-3006_15 (30I	Purmo	5 pce	72.65 kg	207.56 kg
Mechanical Equipment	C33 SWE C33-3018_20-1	Panelradiator C33 C33-3018_15-1 (E	Purmo	6 pce	244.26 kg	697.85 kg
Mechanical Equipment	C21 SWE C21-3004_15-1	Panelradiator C21 C21-3004_15-1 (E	Purmo	6 pce	37.08 kg	105.94 kg
Mechanical Equipment	C21 SWE C21-3008_15-1	Panelradiator C21 C21-3008_15-1 (E	Purmo	3 pce	33.9 kg	96.85 kg
Mechanical Equipment	C33 SWE C33-3007_15-1	Panelradiator C33 C33-3007_15-1 (E	Purmo	2 pce	33.31 kg	95.18 kg
Mechanical Equipment	C22 SWE C22-3007_15-1	Panelradiator C22 C22-3007_15-1 (E	Purmo	11 pce	124.86 kg	356.73 kg
Mechanical Equipment	C22 SWE C22-3018_20-1	Panelradiator C22 C22-3018_20-1 (E	Purmo	2 pce	59.8 kg	170.85 kg
Mechanical Equipment	C22 SWE C22-3008_15-1	Panelradiator C22 C22-3008_15-1 (E	Purmo	8 pce	102.24 kg	292.1 kg
Mechanical Equipment	C11 SWE C11-3014_15-1	Panelradiator C11 C11-3014_15-1 (E	Purmo	1 pce	12.22 kg	34.93 kg

För att erhålla klimatpåverkan för varje komponent i sammanställningen infördes rätt klimatdata till varje komponent. Denna information synkroniserades direkt med Becos egna klimatdatabas och på så sätt tilldelades varje komponent en vikt och dess klimatpåverkan i kilogram koldioxidekvivalenter.

Då databasen fortfarande är under uppbyggnad fanns komponenter som saknades i databasen när synkroniseringen gjordes, och därför tilldelades ingen data till dessa komponenter. För att åtgärda detta behövde data för komponenterna läggas till i databasen. Detta gjordes genom att skicka ett meddelande till den ansvariga avdelningen på Bengt Dahlgren Göteborg AB med information om vilka komponenter som saknades och dessa kunde sedan läggas till i databasen. Efter detta kunde listan uppdateras och den nya datan tilldelas till rätt komponent. För att endast de relevanta komponenterna skulle tas med i beräkningarna bockades det som inte ingick i

värmesystemet av för att göra Excel-listan mer lättarbetad och tydligare. När listan var färdig kunde den exporteras till ett Excel-blad och i detta adderades koldioxidekvivalenterna från de olika skedena så att en total klimatpåverkan av systemet kunde tillhandahållas.

För golvvärmesystemet gjordes ingen Revit-modell vilket betyder att Becos inte kunde användas för att beräkna klimatpåverkan. För att ändå få ett resultat beräknades golvvärmens klimatpåverkan på samma sätt som Becos men i Excel för skedena A1 till A3. Data för golvvärmesystemet togs fram ur golvvärmeritningarnas dokumentation och produkternas klimatpåverkan togs fram genom EPD-dokument från tillverkarnas hemsidor. Dessa värden kunde sedan multipliceras ihop för att få den totala klimatpåverkan från golvvärmen.

3.4.2 Livscykelanalys

En livscykelanalys för respektive värmesystem utfördes i datorprogrammet One Click LCA (2026). För båda systemen valdes beräkningsverktyget i programmet till Level(s) life-cycle carbon (EN15804 +A1/+A2), byggnadstyp valdes till Apartment buildings och dess geografiska plats Mölnlycke, Sverige. För att kunna göra en rättvis jämförelse mellan golvvärme- och radiatorsystemet användes samma värde för rumsyta, 1880 m² samt inomhustemperatur, 21 °C. Livslängden för båda systemen bestämdes till 50 år.

Beräkningen av golvvärmesystemets livscykelanalys baserades på värden från erhållen sammanställning från företaget Heat Up som varit ansvariga för byggnadens golvvärmeprojektering, se bilaga A. Rörtypen i golvvärmeslingorna valdes till LK Golvvärmerör PE-Xa och den totala rörlängden i systemet var 7132 m, se bilaga A. Beräkningsverktyget i One Click LCA baserade klimatpåverkan från rören på massa. Därför utfördes en beräkning av rörens massa per meter utifrån produktens produktblad, vilket blev 0,11 kg/m (LK Systems, u.d.). Vikten för golvvärmerören uppgick till 785 kg. I materialparametern innefattas även isolerskivor i materialet EPS, där ett likvärdigt generiskt material valdes i beräkningsprogrammet med ett GWP-värde på 1,4 kg CO₂e/kg. Mängden baserades på golvvärmesystemets värmeyta på 1591 m². Tjockleken på skivorna bestämdes till 30 mm, då produktbladet beskriver

att tjockleken varierar mellan 20, 30 och 50 mm utan att precisera hur mycket av vardera. Därför valdes mittenalternativet som ett typ av medelvärde.

Golvvärmesystemet är slutet och därför underhållsfritt under dess livslängd. Det betyder att systemet fylls med vatten en gång och samma vattenmängd används i 50 år. Enligt bilaga A är systemets totala vatteninnehåll 807 liter, och det betyder att systemvolymen blir 807 kg över 50 år. I parametern för total vattenförbrukning valdes vattenresursen till Tap water, conventionally treated avsett för Sverige som enligt beräkningsprogrammet har ett GWP-värde på $3,0E-4$ kg CO₂e/kg i skede A1 till A3.

Därefter beräknades energianvändningen för bergvärmepumpen som i Revit-modellen är av typen Mega L och kan användas för både golvvärme och radiatorer. Studien strävar efter att behålla samma inomhusklimat oavsett värmedistributionssystem, därav baserades dimensioneringen av radiatorsystemet på värmebehovet för golvvärmesystemet. Detta ledde till att samma värde för det totala värmebehovet användes för båda systemen, vilket var 39,7 kW enligt bilaga A. På det totala värmebehovet adderades en säkerhetsmarginal på 20 %, vilket beräknades till 47,7 kW. Dimensionerande vinterutetemperatur baserades på ett standardvärde för Härryda kommun enligt Boverket (2017), vilket var -13 °C för tidskonstanten ett dygn. Värdet på gradtimmar är schablonmässigt då det var svårt att hitta tabeller för graddygn. Värdet för graddygn bestämdes till 3000 och multiplicerades med 24 timmar för att få 72 000 gradtimmar. Utifrån värmebehovet på 47,7 kW beräknades den dimensionerande värmeeffekten för både golvvärme- respektive radiatorsystemet med ekvation 2 till 100,7 MWh.

$$Q_{dim} = \frac{Q_{behov} * gradtimmar}{t_{inne} - DVUT}$$

För att räkna ut bergvärmepumpens energianvändningen när golvvärmesystemet används dividerades den dimensionerande värmeeffekten (Q_{dim}) med SCOP för golvvärme, vilket är bergvärmepumpens årsverkningsgrad när utgående vattentemperatur är 35 °C. Enligt produktbladet är pumpens SCOP för golvvärmeförbrukning 5,29 för pumpen Mega och storleken L, se bilaga B. Bergvärmepumpens årliga

energianvändning vid golvvärmsystem ($E_{pump,GV}$) beräknades med ekvation 3 till 19 MWh.

$$E_{pump,GV} = \frac{Q_{dim}}{SCOP_{GV}}$$

För att få den totala energianvändningen för bergvärmepumpen vid golvvärmsystem multiplicerades värdet med livslängden 50 år.

Beräkningen av radiatorsystemets livscykelanalys baserades främst på sammanställningen av radiatorvalen i Excel. Samma värden för inomhustemperatur, rumsyta användes och livslängden för radiatorsystemet är även det 50 år. För parametern byggnadsmaterial inkluderades den totala vikten för radiatorerna samt vikten för rören. Rörmassan beräknades utifrån rörlängden för radiatorsystemet i Revit-modellen, som uppgick till 2383 meter och rörtypen valdes till LK PE-X Universal med dimensionen 16x2 mm. Utifrån produktbladet bestämdes massan per längd till 0,10 kg/m, där vikten för rören blev 238 kg (LK Systems). Radiatorernas vikt sammanställdes från sammanställningen i Excel där den totala vikten uppgick till 1544 kg. I One Click LCA fanns inte Purmos radiatorer som studiens projekterade radiatorsystem består av, vilket medförde att en annan modell i beräkningen av klimatpåverkan. I stället användes en radiatormodell från företaget Arbonia Riesa GmbH vars GWP-värde för skede A1 till A3 var 2,87 kg CO₂e/kg, enligt beräkningsprogrammet. För Purmos radiatormodell Compact var värdet 2,80 kg CO₂e/kg, vilket ansågs vara tillräckligt likvärdigt.

För parametern total vattenförbrukning valdes samma vattenresurs som för golvvärmsystemet. I Excel sammanställdes alla radiatorers värden där den totala vattenvolymen i alla radiatorer var 412 liter och därför 412 kg vatten. Vattenvolymen i rören bestämdes genom att använda dess rördiameter på 16 mm och rörlängden, vilket beräknades till 0,200 m³ och 200 kg vatten. Radiatorsystemet antogs vara slutet vilket betyder att systemet fylls med vatten en gång, så 612 kg är systemets totala vattenvolym.

För att få fram bergvärmepumpens energianvändning vid radiatorer användes SCOP för radiator drift, som enligt produktbladet är 4,20 för modellen Mega L och när utgående vattentemperatur är 55 °C, se bilaga B. Den årliga energianvändningen för bergvärmepumpen vid radiatorsystem ($E_{pump,RAD}$) beräknades med ekvation 3 till 24 MWh.

$$E_{pump,RAD} = \frac{Q_{dim}}{SCOP_{RAD}}$$

För att få den totala energianvändningen för bergvärmepumpen vid radiatorsystem multiplicerades värdet med livslängden 50 år.

Parametern för transport i byggskedet (A4) beräknades automatiskt i One Click LCA. Beräkningsprogrammet baserade beräkningen på transportavståndet till vald geografisk plats för byggplatsen, multiplicerat med materialets produktionsmassa, multiplicerat med en omräkningsfaktor från bränsleåtgång till utsläpp av koldioxid (One Click LCA, 2026) Startpunkten för transporten bestäms utifrån produktens tillverkningsort vilket vanligtvis angivs i produktens EPD. Ifall denna information saknas används ett genomsnittligt transportavstånd baserat på vald databas eller region. Transporten inkluderade även distansen tillbaka från byggplatsen, där fordonet åker tom vilket representeras genom att addera en viss faktor för tom transport multiplicerat med en koldioxidfaktor för tom transport.

Parametrarna för utbyte och ombyggnad (B4 och B5) baserades på de två systemens livslängd där One Click LCA bestämde golvvärmsystemets livslängd till 50 år och att radiatorsystemet kräver en renovering under de 50 åren. Livslängden för olika värmedistributionssystem är svårdefinierad och komplicerad att fastställa en specifik siffra på, då det kan variera mycket för hur lång tid som systemen håller i verkligheten. Med detta i beaktning gjordes därför en ytterlig livscykelanalys för radiatorsystemet där även radiatorernas livslängd antogs vara 50 år.

3.5 Jämförelse av systemens klimatpåverkan

När klimatdata för vardera golvvärme- respektive radiatorsystem erhöles utfördes en jämförelse för att se vilket system som hade lägst klimatpåverkan. Utifrån det resultat

One Click LCA kommit fram till för båda systemen analyserades först datan och dess rimlighet. Inledningsvis var differensen för livscykelns klimatpåverkan mellan golvvärme- och radiatorsystemet stor, vilket ledde till att vissa parametrar behövdes justeras för att göra jämförelsen rättvis. Arbetet med att välja rätt parametrar i beräkningsprogrammet komplicerades i och med att programmet hade många olika alternativ med olika klimatdata samt beräkningsenheter. När korrigeringen var klar så sammanställdes den enskilda klimatpåverkan från varje skede i livscykeln; byggskedet, användningsskedet samt slutskedet. Från One Click LCA erhöles tabeller och diagram som kunde användas i jämförelsen. Därefter kunde mindre beräkningar utföras för att komma fram till den faktiska skillnaden mellan klimatpåverkan för de två systemen, både numerisk och procentuell.

Med anledning av att användningsskedet och just driftenergi visade sig vara den modul med högst klimatpåverkan gjordes en specifik jämförelse för bergvärmepumpens användning av elektricitet mellan systemen. Analyser på hur energianvändningen gjordes och vad som påverkade utfallen.

Efter att resultaten av klimatpåverkan tagits fram och sammanställts för radiatorsystemet ifrån Becos jämfördes den med de framtagna resultaten från One Click LCA. Då Becos endast omfattar byggskedet, alltså modulerna A1 till A5 var det dessa som kunde jämföras mellan de två beräkningssätten. En beräkning gjordes även i Excel på golvvärmens klimatpåverkan i byggskedet vilken kan liknas med Becos. Även denna jämfördes med One Click LCA:s beräkningar och på så sätt kunde resultat om de olika värmesystemens klimatpåverkan jämföras men även de olika beräkningssätten som används jämföras.

4. Resultat

I detta avsnitt presenteras resultaten av beräkningarna av klimatpåverkan från de två värmedistributionssystemen.

4.1 Golvvärmesystem

Här redovisas mängder och klimatpåverkan för golvvärmesystemet som tillhandahållits genom de olika beräkningsmetoderna.

4.1.1 Materialmängd

Golvvärmesystemets totala rörlängd uppgick till 7132 m och isolerskivorna är fördelade över en yta på totalt 1591 m², se bilaga A.

4.1.2 Energianvändning

Golvvärmesystemets årliga värmebehov beräknades med ekvation 2 och uppgick till 100,7 MWh/år. Genom ekvation 3 beräknades bergvärmepumpens energianvändning till 19 MWh/år. Sett över 50 år beräknades det totala värmebehovet till 5 GWh och bergvärmepumpen använder totalt 1 GWh elektricitet.

4.1.3 Vattenanvändning

Golvvärmesystemet är slutet och fylls en gång vid installationen och därefter cirkulerar samma vattenmängd i värmeslingorna under hela dess livslängd, och uppgick till totalt 807 liter, se bilaga A.

4.1.4 Klimatpåverkan enligt Becos

Den totala klimatpåverkan för golvvärmesystemet i skedena A1 till A3 beräknades till 15,9 ton kg CO₂e, enligt tabell 2.

Tabell 2. Den totala klimatpåverkan från golvvärme A1 till A3.

Beräkning av klimatpåverkan GV				
Komponent	mängd	kg/mängd	kg CO2e/kg	kg CO2 e
LK golvärmerör PE-Xa	7132m	0,1093	2,987	2328,449
Lk CombiBoard EPS	1591,5m ²	1,5476	5,53	13620,42
Total A1-A3				15948,87

4.1.5 Klimatpåverkan enligt livscykelanalys

One Click LCA sammanställde golvvärmessystemets totala klimatpåverkan till 21,8 ton CO₂e för hela livscykeln, enligt figur 3.

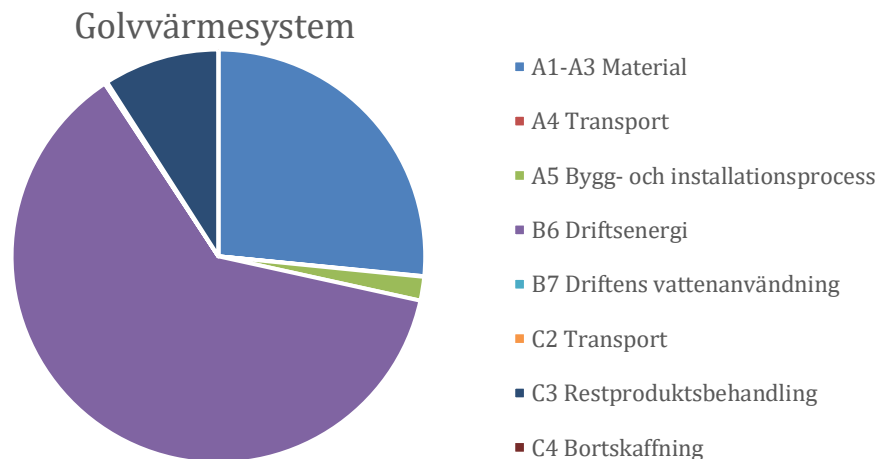
Material	Transport	Bygg- och installationsprocess	Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte/ombyggnad	Driftsenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering, rivning	Transport	Restproduktsbehandling	Bortskaffning	TOTAL	Enhet
A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4-B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4		
5787	10	405	0	0	0	0	13585	11	0	34	1975	0,2	21807	kg CO ₂ e

Figur 3. Livscykelanalys för golvvärmesystem.

För golvvärmessystemets byggskede (A1 till A5) uppgår klimatpåverkan till 6,2 ton CO₂e enligt figur 3, vilket är 28 % av den totala klimatpåverkan. Enbart produktskedet (A1 till A3) står för 5,8 ton CO₂e, vilket inkluderar golvvärmeslingor samt EPS-skivor. Det betyder att produktskedet står för 94 % av hela byggskedets utsläpp. Enligt figur 3 har One Click LCA uppskattat transporten (A4) till 10 kg CO₂e och bygg- och installationsprocessens påverkan till 405 kg CO₂e.

Användningsskedet (B1 till B7) beräknades till totalt 13,6 ton CO₂e enligt figur 3 vilket är 62 % av den totala klimatpåverkan, där energianvändningen (B6) dominerar med 13,5 ton CO₂e och vattenanvändningen (B7) står för 10 kg CO₂e.

För slutskedet (C1 till C4) dominerar restproduktsbehandlingen (C3) där värdet uppskattats till 1,9 ton CO₂e och transporten 33 kg CO₂e. För slutskedet uppgår klimatpåverkan till 2 ton CO₂e enligt figur 3 och står för 9 % av golvvärmessystemets totala klimatpåverkan.



Figur 4. Fördelningen för modulernas klimatpåverkan i golvvärmesystemets livscykelanalys.

4.2 Radiatorsystem

Här redovisas mängder och klimatpåverkan för radiatorsystemet som tillhandahållits genom de olika beräkningsmetoderna.

4.2.1 Materialmängd

Radiatorsystemets totala rörmängd sammanställdes av Revit till 2383 m och radiatorernas totala vikt var 1912 kg, fördelat på 135 radiatorer. Varje radiator är utrustad med en injusteringsventil.

Tabell 3. Excelblad med data om radiatorsystemets klimatpåverkan under skedena A1 till A5 från Becos.

Komponent	Weight [kg]	A1-A3	A4	A5
Rör	372,5	1050,4	29,9	32,4
Rörkomponenter	12,4	33,2	0,0	0,0
Radiatorer	1912,5	5464,0	153,6	0,0
Summa		6547,6	183,5	32,4
Total klimatpåverkan från radiatorsystemet A1-A5 [kg CO2e]:				6763,5

4.2.2 Energianvändning

Radiatorsystemets årliga värmebehov beräknades med ekvation 2 och uppgick till 100,7 MWh/år. Genom ekvation 3 beräknades bergvärmepumpens energianvändning till 24 MWh/år. För hela systemets livslängd på 50 år beräknades värmebehovet till 5 GWh och bergvärmepumpens använda elektricitet till 1,2 GWh.

4.2.3 Vattenanvändning

Radiatorsystemet är slutet och fylls med vatten vid installationen och därefter används samma vattenmängd under hela dess livslängd i såväl rör som i radiatorer, och beräknades till totalt 612 liter.

4.2.4 Klimatpåverkan enligt Becos

Radiatorsystemets klimatpåverkan som togs fram genom Becos uppgick till en total på 6763 kg CO₂e, enligt tabell 3. Klimatpåverkan från Becos omfattar modulerna A1 till A5 i livscykelanalysen.

4.2.5 Klimatpåverkan enligt livscykelanalys

Radiatorsystemets totala klimatpåverkan sammanställdes till 24,9 ton CO₂e under hela livslängden, enligt figur 5 där utbyte och ombyggnad (B4 och B5) är medräknat.

Material	Transport	Bygg- och installationsprocess	Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte/ombyggnad	Driftsenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering, rivning	Transport	Restproduktsbehandling	Bortskaffning	TOTAL	Enhet
A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4-B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4		
5715	9	1111	0	0	0	804	17160	8	0	78	5	0,1	24889	kg CO ₂ e

Figur 5. Livscykelanalys för radiatorsystem där B4 och B5 räknas med.

Utan modulerna för utbyte och ombyggnad (B4 och B5) sammanställdes radiatorsystemets totala klimatpåverkan under hela livslängden till 24,1 ton CO₂e, enligt figur 6.

Material	Transport	Bygg- och installationsprocess	Användning	Underhåll	Reparation	Utbyte/ombyggnad	Driftsenergi	Driftens vattenanvändning	Demontering, rivning	Transport	Restproduktsbehandling	Bortskaffning	TOTAL	Enhet
A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4-B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4		
5715	9	1111	0	0	0	0	17160	8	0	78	5	0,1	24086	kg CO ₂ e

Figur 6. Livscykelanalys för radiatorsystem där B4 och B5 inte räknas med.

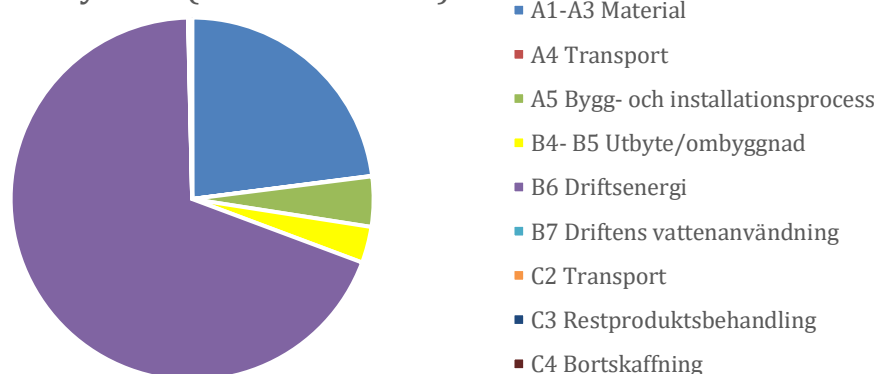
För radiatorsystemets byggskede, (A1 till A5) uppgår klimatpåverkan till 6,8 ton CO₂e enligt figur 5 och 6 vilket är 27 % av den totala klimatpåverkan. Enbart

produktskedet (A1 till A3) står för 5,7 ton CO₂e, vilket inkluderar radiatorer, rör samt injusteringsventiler. Produktskedet står alltså för 84 % av hela byggskedets utsläpp. One Click LCA har uppskattat transporten (A4) till 9 kg CO₂e och bygg- och installationsprocessen (A5) till 1,1 ton CO₂e för alla material i byggskedet.

För användningsskedet (B1 till B7) uppgår klimatpåverkan till 18 ton CO₂e enligt figur 5 vilket är 72 % av radiatorsystemets totala påverkan. Driftens energianvändning (B6) står för i princip hela skedets utsläpp med 17,2 ton CO₂e vilket motsvarar 69 % av den totala klimatpåverkan och visas i figur 7. Driftens vattenanvändning (B7) är 8 kg CO₂e och One Click LCA uppskattat utbyte och ombyggnad (B4 och B5) till 804 kg CO₂e.

Slutskedet (C1 till C4) uppskattas till totalt 83 kg CO₂e enligt figur 5 och 6, där transporten (C2) står för 78 kg CO₂e och restproduktsbehandlingen (C3) för 5 kg CO₂e. Slutskedet står för 0,3 % av radiatorsystemets totala klimatpåverkan.

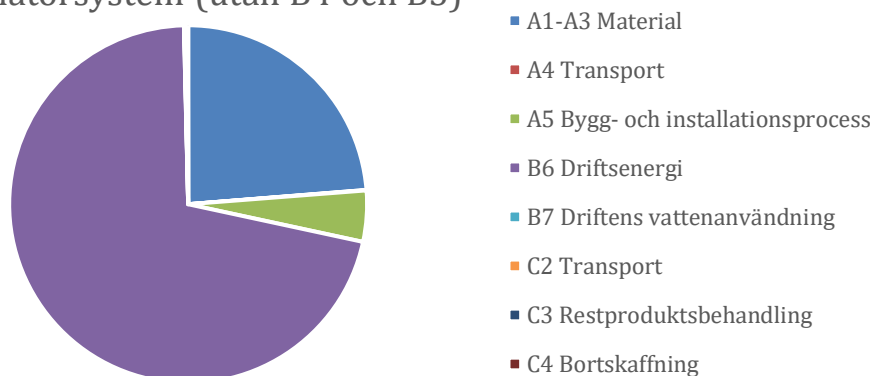
Radiatorsystem (med B4 och B5)



Figur 7. Fördelningen för modulernas klimatpåverkan i radiatorsystemets livscykelanalys, då B4 och B5 räknas med.

Radiatorsystemets klimatpåverkan för användningsskedet när modulerna B4 och B5 tas bort uppgår till 17,2 ton CO₂e, vilket alltså motsvarar 72 % av den totala påverkan. Minskningen på 804 kg CO₂e motsvarar 3 % lägre klimatpåverkan när radiatorsystemets livslängd är lika lång som golvvärmsystemet och livscykelanalysens längd på 50 år. Driftens energianvändning uppgår därmed till 71 % av radiatorsystemets totala klimatpåverkan och visas i figur 8.

Radiatorsystem (utan B4 och B5)



Figur 8. Fördelningen för modulernas klimatpåverkan i radiatorsystemets livscykelanalys, då B4 och B5 inte räknas med.

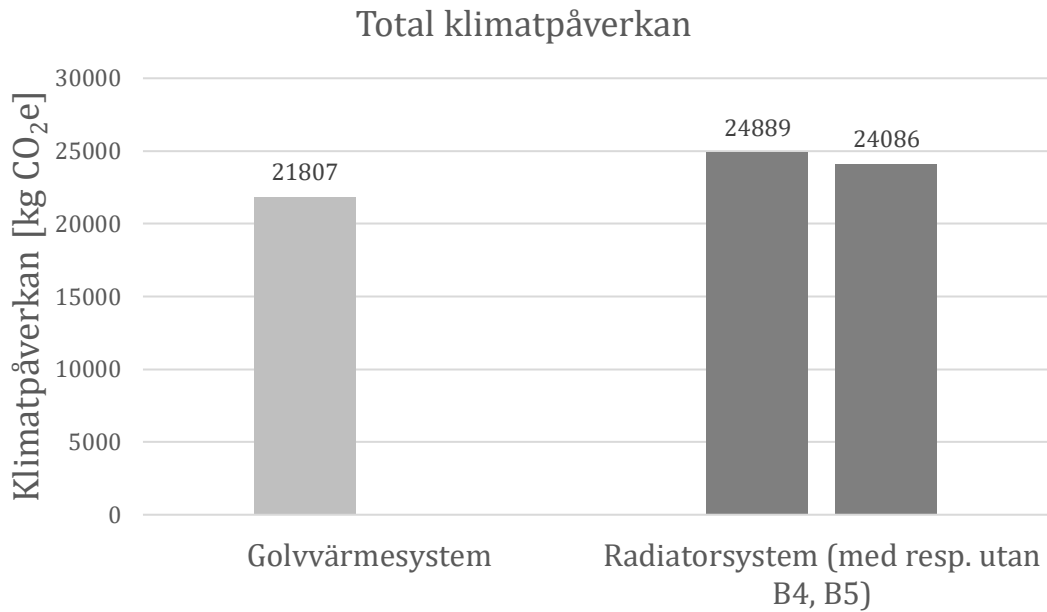
4.3 Jämförelse av klimatpåverkan

I denna del görs en direkt jämförelse mellan golvvärme- och radiatorsystemet för att komma fram till det system med lägst klimatpåverkan. Här jämförs även skillnaden mellan de två beräkningsprogrammen som använts.

4.3.1 Skillnad i klimatpåverkan mellan systemen

Golvvärmesystemets totala klimatpåverkan uppgick till 21,8 ton CO₂e jämfört med radiatorsystemets 24,9 ton CO₂e. Det innebär en skillnad på 3,1 ton CO₂e vilket motsvarar 12 % lägre utsläpp för golvvärmesystemet.

Vid omräkning där utbyte och ombyggnad (B4 och B5) inte infattas blir den totala klimatpåverkan för radiatorsystemet i stället 24,1 ton CO₂e vilket betyder en skillnad mellan systemen på 2,3 ton CO₂e. Det motsvarar att golvvärmesystemet har 9 % lägre utsläpp jämfört med radiatorsystemet.

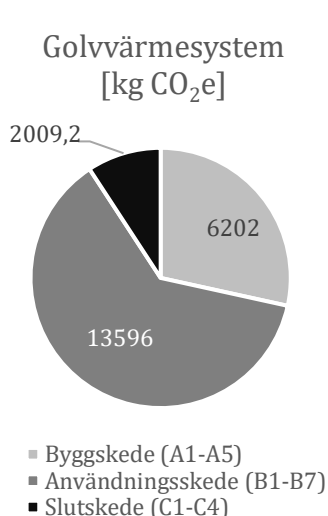


Figur 9. Total klimatpåverkan för systemen.

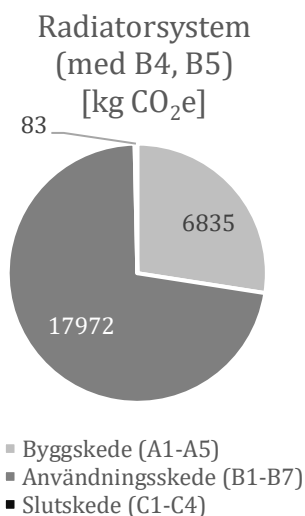
Byggskedet står för 6,2 respektive 6,8 ton CO₂e för golvvärme- samt radiatorsystemet. Det innebär en skillnad på 800 kg CO₂e och för enbart produktskedet skiljer det 100 kg mellan respektive system. 800 kg CO₂e motsvarar 12 % lägre klimatpåverkan för golvvärmesystemet.

Användningsskedet står för 13,6 respektive 18 ton CO₂e vilket innebär att golvvärmesystemets klimatpåverkan är 24 % lägre med en skillnad på 4,4 ton CO₂e jämfört med radiatorsystemet, för just det skedet. I det fall där modulerna för utbyte och ombyggnad räknas bort från radiatorsystemets användningsskede blir klimatpåverkan för skedet 17,2 ton CO₂e, vilket leder till att golvvärmesystemets klimatpåverkan i stället är 21 % lägre med en skillnad på 3,6 ton CO₂e.

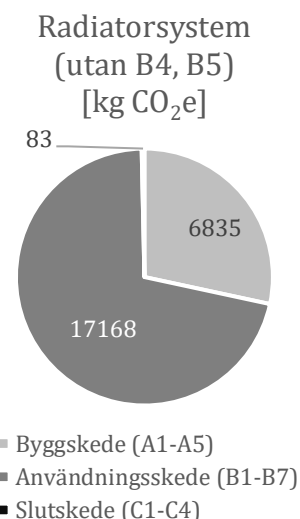
Slutskedet avviker med 1,9 ton CO₂e mellan systemen där golvvärmesystemet står för 2 ton CO₂e och radiatorsystemet 83 kg CO₂e. Det motsvarar 96 % lägre klimatpåverkan för radiatorsystemets slutskede, jämfört med golvvärmesystemet.



Figur 10. Klimatpåverkan från livscykelns skeden för golvvärmesystemet.



Figur 11. Klimatpåverkan från livscykelns skeden för radiatorsystemet, då B4 och B5 räknas med.



Figur 12. Klimatpåverkan från livscykelns skeden för radiatorsystemet, då B4 och B5 inte räknas med

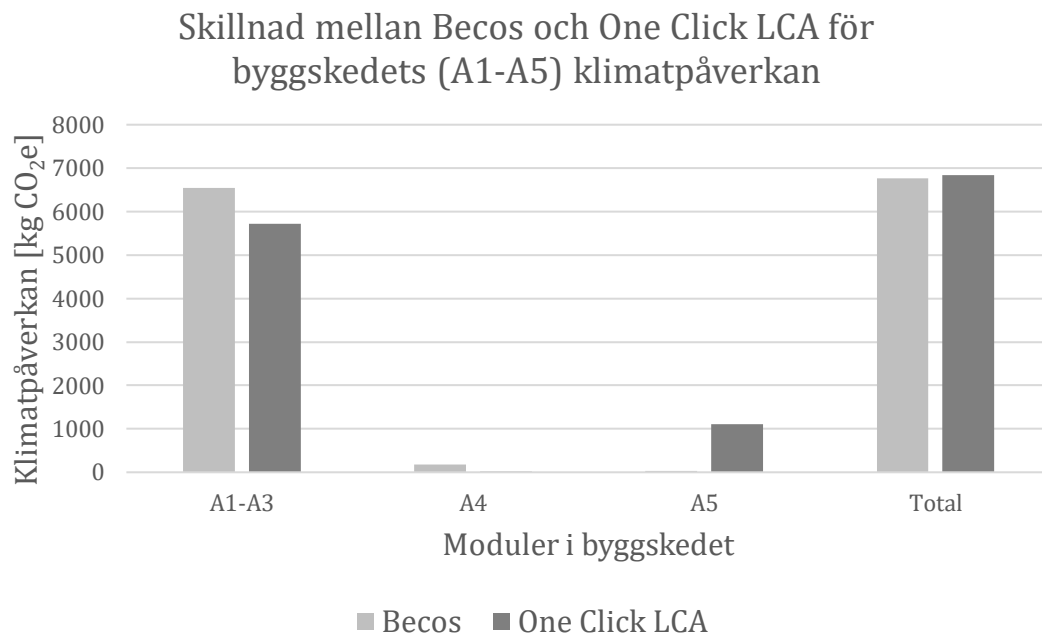
4.3.2 Energianvändning

Parametern med störst klimatpåverkan sett över hela livscykeln är energianvändningen. Vid golvvärme använder bergvärmepumpen 1 GWh elektricitet under 50 år och vid radiatorer uppgår energianvändningen till 1,2 GWh. Det betyder att golvvärmesystemet använder 0,2 GWh, eller 200 MWh mindre elektricitet under byggnadens livslängd jämfört med radiatorsystemet. Det motsvarar drygt 17 %.

4.3.3 Skillnad mellan Becos och One Click LCA

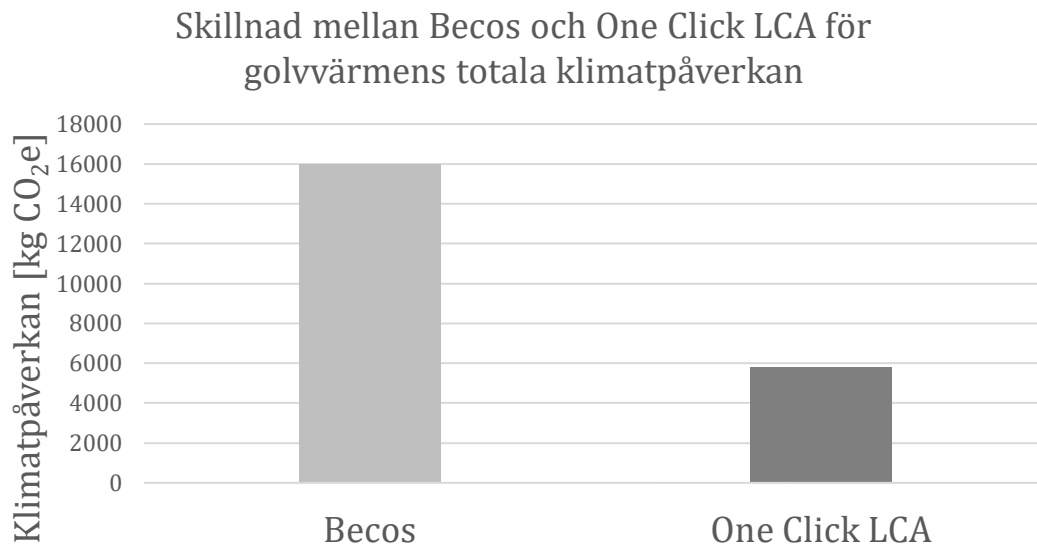
Skillnaden för radiatorsystemens klimatpåverkan från de två olika beräkningsprogrammen uppgick i byggskedet (A1 till A5) till totalt 71 kg CO₂e vilket motsvarar ungefär 1 %. Utifrån de olika modulerna visade Becos 6547 kg CO₂e jämfört med One Click LCA på 5715 kg CO₂e för produktskedet (A1 till A3), vilket betyder att One Click LCA räknar med en 13 % lägre klimatpåverkan från produktskedet. För modulen för transport (A4) beräknade One Click LCA den till 9 kg CO₂e, medan Becos beräknade den till 183 kg CO₂e. Bygg- och

installationsprocessen (A5) beräknade One Click LCA till 1111 kg CO₂e och Becos till 32 kg CO₂e.



Figur 10. Skillnad i klimatpåverkan mellan Becos och One Click LCA i de olika skedena samt totalt för hela byggskedet.

För golvvärmsystemet beräknade Becos med en klimatpåverkan som var 10 ton CO₂e högre än vad One Click LCA gjorde, vilket motsvarade en skillnad på 64 %. Parametern som påverkade den stora höjningen mest var EPS-skivorna med aluminiumskikt som i One Click LCA hade ett mycket lägre GWP-värde än det värdet som användes i handberäkningarna.



Figur 11. Skillnad i klimatpåverkan mellan beräkningssystemen för golvvärme.

5. Diskussion

Studien visade att golvvärmesystemet har en klimatpåverkan som är 12 % lägre jämfört med radiatorsystemet, i det ursprungliga fallet när utbyte och ombyggnad räknades med i radiatorernas livscykelanalys. När detta räknades bort blev klimatpåverkan 9 % lägre för golvvärmesystemen. Det betyder att flerbostadshusets ursprungliga värmedistributionssystem är det bästa sett ur ett miljöperspektiv, i båda fallen.

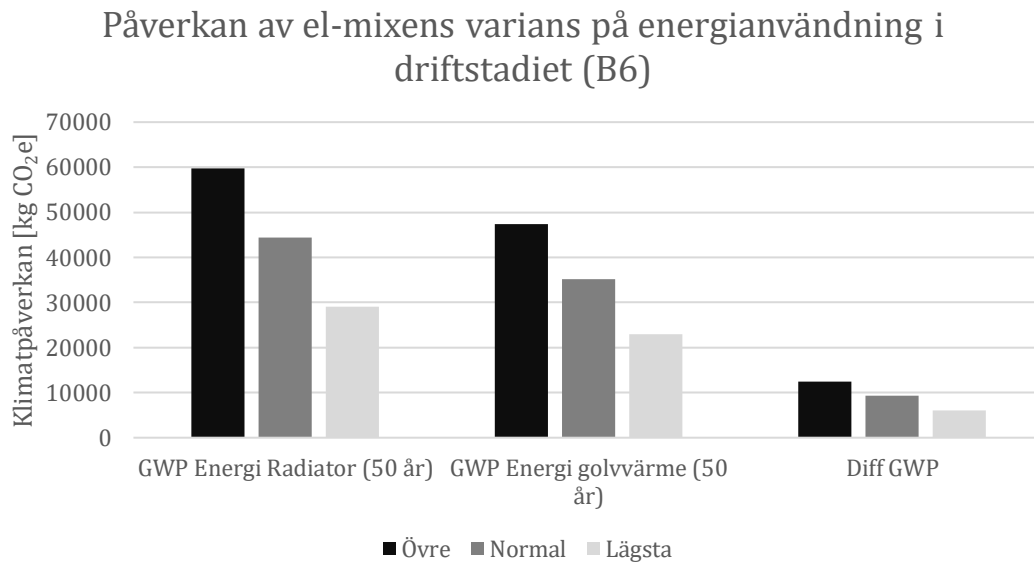
5.1 Analys av resultatet

12 procent lägre klimatpåverkan eller 3,1 ton CO₂e under 50 år och fördelat på byggnadens yta motsvarar det 1,6 kg CO₂e/m². Det innebär även att golvvärmesystemet släpper ut 62 kg färre koldioxidekvivalenter varje år jämfört med radiatorsystemet när utbyte och ombyggnad räknas med. 9 % lägre klimatpåverkan eller 2,3 ton CO₂e under 50 år och fördelat på byggnadens yta motsvarar det 1,2 kg CO₂e/m², för det andra fallet. Det innebär att när utbyte och ombyggnad för radiatorsystemet utesluts släpper golvvärmesystemet ut 46 kg färre koldioxidekvivalenter varje år jämfört med radiatorsystemet.

Med en lägre systemtemperatur på cirka 35 °C jämfört med cirka 55 °C blir energianvändningen i form av elektricitet, sett över 50 år 20 % lägre för golvvärmesystemet. Energianvändningen ingår i användningsskedet vilket är den längsta och således det skede som påverkar klimatpåverkan mest under livscykeln. Det betyder att resultatet i användningsskedet blir avgörande då systemens användningsskeden står för mellan 60 och 70 % av den totala klimatpåverkan. Golvvärmesystemets användningsskede beräknades till att ge 24 % lägre klimatpåverkan jämfört med radiatorsystemet. Båda systemen är slutna vilket betyder att samma vattenmängd används och att vattenanvändningen under drift ger en låg klimatpåverkan.

En faktor som kan göra stor skillnad mellan systemen är vilket värde som används för att beräkna energianvändningens totala GWP-värde. För beräkningarna av driftskedets energianvändning användes svensk el-mix med ett GWP-värde på 0,037 kg CO₂e/kWh. Denna data har enligt One Click LCA en möjlig variation på 35 %.

Det betyder att om det övre värdet på variationen i stället skulle användas skulle GWP-värdet från svensk el-mix vara 0,05 kg CO₂e/kWh, eller det lägre värdet 0,24 kg CO₂e/kWh. Det skulle leda till att driftskedet, som stod för en stor del av den totala klimatpåverkan, variera mycket. Detta skulle således leda till att ett annat system hade haft den högre totala klimatpåverkan.



Figur 12. Skillnaden mellan driftskedets totala klimatpåverkan beroende av vilket värde på svensk el-mix som används. Vid beräkningen användes radiatorernas årliga energianvändning på 24 000 kWh och golvvärmen 19 000 kWh

One Click LCA uppskattade att radiatorsystemet kräver ett systembyte, alternativt en renovering under de 50 åren, vilket förklaras med att radiatorer har en kortare livslängd jämfört med golvvärme. Livslängden för systemen är dock schablonmässiga och svåra att sätta ett exakt värde på, vilket medförde att ett till alternativ gjordes där radiatorerna hade lika lång livstid som golvvärmen, och därför inte krävde ett utbyte eller renovering under de 50 åren. Utfallet av åtgärden ledde till att radiatorsystemets totala klimatpåverkan minskade med 3 %, vilket betyder att livslängden för studiens två system inte har så stor påverkan på slutresultatet. Andra parametrar för beräkningen av klimatpåverkan påverkar slutresultatet mer och kräver följaktligen större och mer ingående åtgärder.

Omkring en fjärdedel av den totala klimatpåverkan står byggskedet för i de två livscyklerna. Trots att systemen skiljer mycket i uppbyggnad, har produktskedet (A1

till A3) i livscykelanalysen i princip samma klimatpåverkan för både golvvärme och radiatorer. Golvvärmesystemet har en större rörmängd än radiatorsystemet, och isolerskivorna där golvvärmeslingorna är placerade består av polystyren som är ett plastmaterial som påverkar resultatet mycket. Radiatorsystemets produktskede domineras dock av radiatorerna som är i materialet stål och står för en stor del av skedets klimatpåverkan, men där även injusteringsventilerna bidrar.

I livscykelns avslutande skede, slutskedet, där systemen avvecklas har radiatorsystemet 96 % lägre klimatpåverkan jämfört med golvvärmesystemet. Det kan förklaras med att radiatorsystemet endast kräver att radiatorerna och injusteringsventilerna demonteras och sorteras, vilket görs lätt samt att de relativt få rörstråken i golvet byts ut eller tas bort. För golvvärmesystemet krävs dock en mer avancerad process där rörslingorna ska tas bort och ligger utspridda över i princip hela golvytan, samt att EPS-skivorna som består av polystyren som är svårt att återvinna. Det bidrar till att golvvärmesystemets slutskede har en så pass mycket högre klimatpåverkan.

Då beräkningen av klimatpåverkan för radiatorsystemets byggskede utfördes i Becos visade resultatet på ett likvärdigt värde på klimatpåverkan som det för livscykelanalysen, med en ytterst liten skillnad på 1 %. För enbart produktskedet skiljer sig beräkningsprogrammen något mer där Becos hade 13 % högre klimatpåverkan jämfört med One Click LCA. Resterande moduler för transport och bygg- och installationsprocessen skiljer något mer mellan programmen vilket resulterar i det jämna slutresultatet. Resultatet från radiatorsystemets beräkning visar att Becos är ett verktyg som fungerar bra för en välarbetad Revit-modell. För golvvärmesystemet erhöles inte någon Revit-modell vilket innebar att en egen modell gjordes bestående av golvvärmerören. På så sätt kunde även en beräkning av klimatpåverkan i Becos för golvvärmen tas fram för att kunna jämföra med golvvärmens livscykelanalys. Den totala klimatpåverkan enligt Becos blev avsevärt mycket högre med 64 % högre utsläpp från byggskedet jämfört med livscykelanalysen. Detta tros bero på att EPS-skivorna och aluminiumskiktet som användes för golvvärmen hade ett lägre GWP-värde i One Click LCA, jämfört med värdet som användes från produktbladet. Hade ett liknande GWP-värde använts i One Click LCA som i handberäkningarna skulle golvvärmesystemets totala

klimatpåverkan öka och gå förbi radiatorsystemet och då ha en 4 % högre klimatpåverkan.

5.2 Resultatets relevans

I slutändan visar studien att skillnaden i klimatpåverkan mellan de två värmedistributionssystemen inte är speciellt stor, och att golvvärme respektive radiatorer har olika fördelar och nackdelar. Med tanke på att referensbyggnaden optimerats efter just golvvärme, var utfallet av systembytet relativt smärtfritt. Att driftens energianvändning visade sig vara den parametern med störst klimatpåverkan sett över de analyserade 50 åren var väntat. Analysens resultat upplevs således relevant och trovärdigt men skulle förmodligen ge ett annat utfall om studien utförts på andra sätt.

Att referensobjektet som studien baserats på, som var ett flerbostadshus med ett projekterat golvvärmesystem är en parameter att fokusera mer på. Byggnaden är anpassad efter just golvvärmesystemet och dess egenskaper. Vid ett byte av värmedistributionssystem till radiatorer kan vissa lösningar vara överflödiga och helt enkelt inte passa det nya systemet, exempelvis fönsterpartierna från golv till tak. I studien har flera avgränsningar gjorts på grund av att byggnaden inte är byggd för ett radiatorsystem, exempelvis fönstren som gick hela vägen ned till golvet. De stora fönstren kan ha påverkat resultatet genom att radiatorernas värmebehov inte täcker, eller har svårt att motverka kallraset som kommer uppstå. Golvvärme avger värme jämnt över hela ytan där värmen stiger upp över golvet som skapar en god komfort där kallras från fönster motarbetas effektivt. Radiatorerna strålar ut värme som sedan sprids i rummet genom konvektion, där placeringen av radiatören är viktig för att motverka bland annat kallras. Således hade troligtvis fönstertyorna behövts minskas vid ett systembyte för att göra jämförelsen mer rättvis.

Projekteringen av radiatorsystemet baserades på golvvärmesystemets ritningar, där värmebehovet för golvvärmen användes för att bestämma radiatorernas effekt. Även det kan ha påverkat resultatet en del. Vid projekteringen av radiatorerna lades en säkerhetsmarginal på 20 % till på värmebehovet, vilket troligtvis lett till att radiatorerna blivit överdimensionerade. En vidare riskvärdering på säkerhetsmarginalen skulle i framtiden kunna utföras för att få ett effektivare system.

Driftens energianvändning påverkade studiens resultat mest och vid beräkningen av bergvärmepumpens energianvändning användes årsverkningsgraden SCOP i ekvation 3. Eftersom det är just driftenergin som i längden påverkar det slutgiltiga resultatet för livscykelns klimatpåverkan kan den stora skillnaden härledas tillbaka till de två värdena för SCOP. Årsverkningsgraden beror på de dimensionerande vattentemperaturerna för systemen och varierade beroende på om pumpen skulle användas för golvvärme eller radiatorer. Systemtemperaturerna var 35 respektive 55 °C, se bilaga B. Värdet på SCOP för golvvärme var 5,29 och för radiatorer 4,20, vilket vid beräkning av använd elektricitet påverkade resultatet avsevärt; 19 respektive 24 kWh/år. Golvvärmesystemet använder således 20 % mindre elektricitet varje år. I ekvation 3 användes samma värde för värmebehov för båda systemen, men där golvvärmesystemets uträkning dividerades med ett större värde på SCOP vilket resulterade i ett lägre svar på pumpens använda elektricitet. Mindre avvikelser för SCOP ger stora skillnader i slutändan vilket innebär att värdena är väldigt känsliga för slutresultatet. Värdena för bergvärmepumpens verkningsgrad enligt bilaga B är teoretiska och kan variera mycket vid den verkliga driften när systemen ska ta hänsyn till varierande utetemperaturer, de boendes behov, olika framledningstemperaturer på vattnet och andra parametrar som kommer växla under de 50 åren. De dimensionerande temperaturerna för radiatorsystemet skulle kunna sänkas vilket skulle ge ett högre värde på säsongsårsverkningsgraden och därmed sänka energianvändningen. Detta hade i sin tur krävt större radiatorer för att täcka värmebehovet och då ökat radiatorsystemets klimatpåverkan i byggskedet.

Värt att tillägga är att bergvärmepumpens tekniska livslängd är mycket kortare än värmedistributionssystemen. Oftast kan en bergvärmepump användas i 15 till 25 år innan den byts ut och den beräknade livslängden i livscykelanalysen var 50 år. Därför är resultaten för den totala klimatpåverkan för systemen sannolikt missvisande. Jämförelsen mellan golvvärme och radiatorer har dock inte påverkats nämnvärt eftersom bergvärmepumpens livslängd troligtvis är ungefär lika lång för båda systemen.

I studien har flertalet beräkningsprogram använts vilket betyder att resultaten påverkas till stor del av programmens beräkningsmetoder. Programmen som använts

till största del är One Click LCA samt Becos. En parameter där One Click LCA påverkade livscykelanalysens resultat var modulerna för transport. Beräkningsprogrammet estimerade transportmodulernas värden utifrån den transportavståndet till den valda geografiska platsen för byggnaden och genomsnittliga, schablonmässiga värden för bränsleförbrukning. Därmed har dess uträkningar påverkat till viss del. Däremot har just klimatpåverkan från transporter i längden inte påverkat det totala värdet avsevärt, och de modulerna med större påverkan har beräknats på mer konkreta sätt. För att utreda de olika programmens relevans jämfördes resultatet för främst byggskedet mot varandra, och slutsatser kunde göras om vad skillnaden faktiskt var.

5.3 Becos eller LCA för beräkning av klimatpåverkan?

Becos och One Click LCA gav en likvärdig total klimatpåverkan i byggskedet, men där resultaten visade att de olika skedena, speciellt A1 till A3, men även A5 skiljer mycket i klimatpåverkan. Becos visade en 12 % högre klimatpåverkan för skedena A1 till A3 jämfört med One Click LCA. Detta antogs bero på att olika massor för radiatorerna användes i de olika programmen. Den beräknade massan av material som användes i One Click LCA och som beräknades i förväg genom Excel, var 1544 kg. I Becos var massan för radiatorerna däremot 1912 kg. Detta i kombination med att One Click LCA använde sig av ett lägre värde på kg CO₂e/kg jämfört med vad Becos gjorde, ledde till att One Click LCA visade på en lägre klimatpåverkan för produktskedet. Det AI-drivna programmet använder sig av ungefärligt värde på produktskedet för att beräkna klimatpåverkan för bygg- och installationsprocessen (A5) för de olika komponenterna. Becos kunde däremot inte beräkna klimatpåverkan för denna modul då klimatdata saknades för radiatorernas bygg- och installationsprocess. Det kan förklaras med att Becos fortfarande är under uppbyggnad och vid projektering av radiatorsystemet fanns inte den valda radiatormodellen från Purmo i programmet. De ansvariga hos Bengt Dahlgren som uppmanades att lägga in nya klimatdata för Purmo Compact lade endast in produktskedet (A1 till A3) och transporten (A4), men inte om klimatdata för A5 vilket förklarar skillnaderna i bygg- och installationsskedet.

För golvvärmsystemet var skillnaderna mycket större. Avsaknaden av data för de olika materialen ledde till att handberäkningarna blev mycket större än i One Click

LCA. Trots detta ger båda beräkningsprogrammen värdefull information i projekteringsstadiet. Becos var enkelt att använda direkt i Revit och gjorde en tidseffektiv automatisk beräkning direkt i programmet medan One Click LCA var en mer tidskrävande beräkningsmetod, men som även gav resultat från användnings- och slutskedet.

5.4 Framtida arbete och betydelse för branschen

Studien fokuserar på klimatpåverkan för de två värmedistributionssystemen, och utifrån resultatet kan slutsatser dras. Det finns dock aspekter som studien inte tar upp, men som skulle varit intressant att utveckla och forska i vilken inverkan de skulle kunna ha på resultatet. En sådan aspekt är den ekonomiska kostnaden för systemen där en livscykelkalkyl (LCC) för golvvärme respektive radiatorer skulle visa på de ekonomiska skillnaderna. Med tanke på att radiatorsystemet troligtvis är det billigare systemet rent kostnadsmässigt hade en jämförelse för att kunna avgöra skillnadens betydelse varit på sin plats. Således skulle skillnaden i klimatpåverkan, som enligt denna studie är till golvvärmesystemets fördel, kunna analyseras ifall den är värd den ökningen i kostnad eller om radiatorsystemet är mest hållbart i längden.

För att ge en mer rättvis jämförelse av resultatet skulle samma studie kunna göras på en eller flera andra referensbyggnader som har andra förutsättningar, jämfört med projektet som analyserats i denna studie. Därmed skulle resultatet kunna tolkas på ett mer trovärdigt sätt och skulle kunna ge lärdom om vilka byggnadstyper systemen lämpas för. Vilket system som hade lägst klimatpåverkan skulle eventuellt variera beroende på vilken typ av byggnad som analyserades då golvvärme respektive radiatorer har olika för- och nackdelar. Att variera geografisk plats där jämförelsen utförs skulle också kunna ge en annan dimension i studien där klimatförhållandet byts vilket gör att värmebehovet förändras. Även olika ventilationssystem skulle påverka värmebehovet och därmed driftstadiet.

Årsverkningsgraden SCOP påverkade energianvändningen till stor del och därmed den slutgiltiga klimatpåverkan. Eftersom dessa värden har en så pass stor inverkan på resultatet skulle en kompletterande analys som mer ingående studerar årsverkningsgraden varit intressant. En kompletterande analys skulle även kunna inkludera andra pumpar med andra egenskaper. Denna studie räknade med att den

befintliga bergvärmepumpen används för både golvvärme och radiatorer. Det skulle kunna analyseras om det finns bättre alternativ där en annan pump som i stället är mer anpassad och inriktad på varje enskilt värmedistributionssystem, eventuellt skulle leda till att verkningsgraderna blir mer förmånliga och effektiva. Det skulle möjligen justera energianvändningen och således systemens klimatpåverkan i längden.

Studien räknar på livslängden på 50 år, men en annan frågeställning hade kunnat vara hur golvvärme- och radiatorsystemet står sig mot varandra vid en livslängd på 100 år. Vid en dubbelt så lång livslängd skulle med största sannolikhet även golvvärmesystemet vara i behov av ett systembyte eller renovering. Med tanke på att golvvärmesystemets har en mer komplicerad uppbyggnad än radiatorsystemet hade det vid en renovation av systemet behövts bryta upp exempelvis golv och isoleringsplattor samt byta ut dessa. Dessa åtgärder skulle leda till en stor ökning i klimatpåverkan eftersom materialen och processerna har höga GWP-värden. Följaktligen skulle en analys av klimatpåverkan för systemen under 100 år ge ett intressant perspektiv för studien och eventuellt ett annat resultat.

Resultatet visar att beräkning av klimatpåverkan i tidiga skeden i projekteringen är en nyckel till att få ner klimatpåverkan från installationsbranschen. Det gäller även alla andra branscher inom byggsektorn då beräkning av klimatpåverkan belyser de parametrar som påverkar klimatet mest. På så sätt kan revideringar och ändringar på komponenter till mer klimatsmarta alternativ göras tidigt utan att påverka projekteringsprocessen avsevärt. Traditionella livscykelanalyser är etablerade i branschen och fungerar bra men kräver en del arbete och forskning för att ta fram klimatdata för varje parameter. Becos är ett verktyg för installationsbranschen som visat sig vara ett bra komplement som underlättar byggskedets beräkning av klimatpåverkan och kan utföras parallellt under projekteringen. Med en klimatdatabas som ständigt växer blir Becos mer komplett som kommer fortsätta att utvecklas.

6. Slutsats

Studien undersökte vilket vattenburet värmedistributionssystem i ett flerbostadshus som har lägst klimatpåverkan. Referensbyggnaden som användes var projekterad med ett golvvärmesystem och studien inleddes med att konvertera från byggnadens befintliga system, till ett radiatorsystem. Därefter fortsatte studien med beräkning av klimatpåverkan på de två systemen, där beräkningen utfördes genom traditionell livscykelanalys samt genom Bengt Dahlgrens egenutvecklade beräkningsprogram Becos. Resultaten för de två värmedistributionssystemens klimatpåverkan analyserades och jämfördes. För att säkerställa rimligheten för byggskedets klimatpåverkan och för att komma fram till vilken metod för beräkning av klimatpåverkan som fungerade bäst, jämfördes även de två metodernas resultat med varandra.

Resultatet för beräkningarna visade att golvvärmesystemet var det system som hade lägst klimatpåverkan sett över livslängden på 50 år. Golvvärmesystemets klimatpåverkan beräknades till 12 % lägre när analysen inkluderade ett utbyte och ombyggnad av radiatorsystemet under dess livstid, och 9 % lägre när dessa två parametrar exkluderades. Skillnaden mellan systemens klimatpåverkan är märkbar men inte avgörande. Studien visade på att byggnaden även skulle lämpa sig för ett radiatorsystem, utan extrema konsekvenser på klimatet. Med viss anpassning och injustering till byggnadstypen och dess behov skulle skillnaden rentav kunna minska till ännu lägre nivåer. Trots att golvvärmesystemet visat sig vara bättre ur ett klimatperspektiv, kan radiatorsystemet med stor sannolikhet vara bättre ur ett ekonomiskt perspektiv. Skillnaden i klimatpåverkan är inte överdrivet stor vilket betyder att radiatorsystemet, även fast det har högre klimatpåverkan, kan användas som ett billigare alternativ med en rimlig klimatpåverkan.

Som ett komplement till traditionell beräkning av klimatpåverkan i form av livscykelanalys fungerar Becos bra och fungerar som ett effektivt sätt att ta ut information om klimatpåverkan för byggskedet. Becos möjliggör realtidsberäkning vilket är användbart vid modellering och dimensionering av VVS-system. De val som görs för systemet kan hela tiden kontrolleras och jämföras för att på så sätt kunna välja det mest klimatsmarta alternativet. Studien visar dock på stora skillnader mellan

metoderna där Becos ger ett högre väldigt mycket högre resultat för golvvärmesystemet. Orsaken till den stora skillnaden var att klimatdatan för isolerskivorna, EPS varierade i de olika fallen vilket resulterade i en 64 % högre total klimatpåverkan för golvvärmen jämfört med radiatorerna. Det erhållna underlaget för golvvärmesystemet innefattade inte modeller i Revit vilket medförde att en schablonmässig modell av systemet projekterades i arbetet, vilket eventuellt kan ha lett till osäkerheterna kring materialen eftersom de inte var exakt preciserade. Skillnaden beror därför på osäkerheter kring klimatdatan för materialet, mer än de olika beräkningsmetoderna. Däremot var resultatet för radiatorsystemets klimatpåverkan väldigt likvärdiga för de två beräkningsmetoderna vilket tydligt visar på Becos användbarhet och trovärdighet när en komplett projekterad modell används.

Sammanfattningsvis visade studien på att valet av värmedistributionssystem påverkade byggnadens klimatpåverkan genom hela dess livslängd. För flerbostadshuset som analyserats i denna studie var det befintliga golvvärmesystemet det med lägst klimatpåverkan. Resultatet är till viss del svårbedömt och väldigt teoretiskt då vissa anpassningar av systemen och andra förutsättningar skulle kunna göra att det eventuellt blivit ett annat utfall. Livscykelanalyserna visar att golvvärme och radiatorer har olika områden där de är bättre än det andra, med hänsyn på klimatpåverkan. Följaktligen leder beräkning av klimatpåverkan i ett tidigt skede av projekteringen till en ökad kunskap om var utsläppen kommer från och hur det ska gå till för att få ner dem till så låga nivåer som möjligt.

7. Referenser

- Bengt Dahlgren. (2022). Hämtat från Becos: <https://bengtdahlgren.se/becos>
- Boverket. (den 27 februari 2017). Hämtat från Dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT 1981-2010): <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/oppna-data/dimensionerande-vinterutetemperatur-dvut-1981-2010/>
- Boverket. (2020). *Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader – Förslag på färdplan och gränsvärden (Rapport 2020:13)*. Boverket. Hämtat från <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2020/utveckling-av-regler-om-klimatdeklaration-av-byggnader.pdf>
- Boverket. (den 3 juli 2024). Hämtat från Introduktion till livscykelanalys (LCA): <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/livscykelanalys/introduktion-till-livscykelanalys-lca/>
- Boverket. (den 26 januari 2026). Hämtat från Boverkets klimatdatabas: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/>
- Fossilfritt Sverige. (2024). Hämtat från Bygg- och anläggningssektorn: <https://fossilfritt sverige.se/roadmap/bygg-och-anlaggningssektorn/>
- Gärdt, A. (den 2 september 2025). *Billigt VVS*. Hämtat från Golvvärme eller radiatorer – vad passar bäst i ditt hus?: <https://billigtvvs.se/blog/2025/sep/golvvarme-eller-radiatorer-vad-passar-bast-i-ditt-hus/>
- Lindberg, K., & Bergstrand, M. (2022). *Jämförelse av klimatpåverkan från installationsprodukter (Rapport 22U0535)*. Bjerking AB. Hämtat från <https://bjerking.se/download/18.751633f51850a20e98118fd/1670936051491/Slutrapport%20-%20J%C3%A4mf%C3%B6relse%20av%20klimatp%C3%A5verkan%20fr%C3%A5n%20installationsprodukter.pdf>
- LK Systems. (u.d.). Hämtat från LK PE-X Universal X16 utbytesrör RiR: <https://www.lksystems.se/sv/produkter/universal/ror/pe-x/lk-pe-x-universal-x16-utbytesror-rir-77792515/>
- LK Systems. (u.d.). Hämtat från LK Golvvärmerör PE-Xa: <https://www.lksystems.se/sv/produkter/golvvarme/ror/lk-golvvarmeror-pe-xa-77791267/>
- Nationalencyklopedin. (den 20 april 2026). Hämtat från konvektion: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/konvektion>

- Naturskyddsföreningen. (den 14 januari 2025). Hämtat från Vad är energikällor?:
<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-energikallor/>
- Naturvårdsverket. (den 22 april 2025). Hämtat från Därför blir det varmare:
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/darfor-blir-det-varmare/>
- Naturvårdsverket. (den 27 januari 2026). Hämtat från Klimatet och bygg- och fastighetssektorn:
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/>
- One Click LCA. (den 26 mars 2026). Hämtat från Transport Emissions Data (A4):
<https://help.oneclicklca.com/en/articles/275911-transport-emissions-data-a4>
- One Click LCA. (2026). Hämtat från One Click LCA:
<https://oneclicklca.com/sv/company/about-us>
- Purmo. (u.d.). Hämtat från Kalkylator för panelradiatorer:
<https://www.purmo.com/sv-se/beraekningsprogram/kalkylator-foer-panelradiatorer/>
- Purmo. (den 18 april 2026). *Purmo*. Hämtat från Datablad Compact:
<https://blobfiles.purmogroup.app/public/1433456/1991519>
- SGU. (den 15 maj 2023). Hämtat från Bergvärme:
<https://www.sgu.se/samhallsplanering/energi/Geoenergi-geotermi-och-energilagring/bergvarme/>
- Sveriges miljömål. (den 24 juni 2025). Hämtat från Begränsad klimatpåverkan:
<https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/begransad-klimatpaverkan/>
- VVS Företagen. (2012). *VVS Företagens Teknikhandbok*. VVS Företagen.
- VVSkatalogen. (den 9 april 2025). Hämtat från Vattenburna värmesystem – så fungerar de och vad du bör tänka på: <https://vvskatalogen.se/vattenburna-varmesystem-sa-fungerar-de-och-vad-du-bor-tank-a-pa/>
- WWF. (u.d.). Hämtat från Koldioxidekvivalent:
<https://www.wwf.se/ordlista/koldioxidekvivalent/>

8. Bilagor

HEATUP GOLVVÄRMESYSTEM

according EN 1264

Sammanställning

Framledningstemperatur	39,0 °C
Genomsnittlig returtemperatur	33,1 °C
Total värmebehov	39711 Watt
Total effekt golvvärme	53991 Watt
Total vattenflöde	7892,8 l/h
Max. tryckförlust	19250 Pa
Vatteninnehåll	807 l
Total värmeyta golvvärme	1880,1 m ²
Total rumsyta	1880,2 m ²
Total rörlängd 16x2 mm	7132 m
Totalt antal värmekretsar	170

HeatUp EPS med ALU folie

Värmeyta	cc 300	16x2 mm	1591,5 m ²
Yta med framledningar			288,7 m ²

Bilaga A. Golvvärmeberäkning för referensbyggnaden sammanställd av Heat Up.

Mega			Mega ^{±E}	Mega [±]	Mega ^{±H}	Mega ^{±L}	Mega ^{±L}
Köldmedium	Typ		R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
	Mängd ¹	kg	3,9	3,9	4,4	6,3	9,0
	Provttryck (lågtryck/högtryck)	MPa	3,0/4,5	3,0/4,5	3,0/4,5	3,0/4,5	3,0/4,5
	Konstruktionstryck	MPa	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Kompressor	Typ		Scroll	Scroll	Scroll	Scroll	Scroll
	Olja		POE	POE	POE	POE	POE
Elektriska data 3-N	Nätspänning	Volt	400	400	400	400	400
	Märkeffekt, kompressor	kW	14	14	17,5	22,2	32,5
	Märkeffekt, cirkulationspumpar	kW	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0
	Säkring ¹⁹	A	32	32	40	50	63
	Tillsats, 3 steg	kW	5/10/15	N/A	N/A	N/A	N/A
	Säkring tillsats inkl. kompressor och cirkulationspumpar	A	32/40/50 ²¹	N/A	N/A	N/A	N/A
Prestanda	COP ¹		4,73	4,73	4,60	4,50	4,71
	Värmeeffekt ²	kW	20,18	20,18	25,71	35,60	52,00
	Ingående effekt ²	kW	4,26	4,26	5,81	7,91	11,00
	SCOP, Golvärme (35°C)		5,72 ³	5,72 ³	5,86 ³	5,29 ³	5,30 ³
	SCOP, Radiator (55°C)		4,33 ⁴	4,33 ⁴	4,55 ⁴	4,20 ⁴	4,32 ¹⁰
Effektområde (B0/W35)		10–33 ¹¹	10–33 ¹¹	11–44 ¹²	14–59 ¹²	21–88 ¹²	
Energieffektivitetsklass med styrning¹⁷	Golvvärme (35°C)		A+++	A+++	A+++	A+++	N/A ²⁰
	Radiator (55°C)		A+++	A+++	A+++	A+++	N/A ²⁰
Energieffektivitetsklass utan styrning¹⁸	Golvvärme (35°C)		A+++	A+++	A+++	A+++	N/A ²⁰
	Radiator (55°C)		A+++	A+++	A+++	A+++	N/A ²⁰
Max systemtryck	Köldbärande	bar	6	6	6	6	6
	Värmebärande	bar	6	6	6	6	6
Max/min temperatur¹³	Kylkrets	°C	20/10	20/10	20/10	20/10	20/10
	Värmebärande	°C	65 ¹⁴ /20	65 ¹⁴ /20	65 ¹⁴ /20	65 ¹⁴ /20	65 ¹⁴ /20
Max/min köldmedietryck	Lågtryck	MPa	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
	Högtryck	MPa	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Ljudeffektivitet	Min/Max ^{15a}	dB(A)	41–56 ¹¹	41–56 ¹¹	41–56 ¹²	40–59 ¹²	45–63 ¹²
	Ljudeffektivitet ^{15b}	dB(A)	47	47	50	43	50
Frostskyddsmedel för köldbärarslingan			Ethanol+vattenlösning -17°C ± 2 ¹⁶				
Mått BxDxH (utan rör)*		mm	692x796x1652 ± 10	692x796x1652 ± 10	692x796x1652 ± 10	900x849x1644 ± 10	900x849x1644 ± 10
Mått BxDxH (med rör)*		mm	692x796x1722 ± 10	692x796x1722 ± 10	692x796x1722 ± 10	900x849x1744 ± 10	900x849x1744 ± 10
Vikt Standard		kg	309	300	310	407	487

1) Kylretsen är hermetiskt tillsluten och innehåller köldmedia som omfattas av F-gasförordningen. GWP för R410A enligt EC 517/2014 är 2088, vilket ger en CO2-ekvivalent motsvarande S och S-E: 8,143 ton, M: 9,187 ton, L: 13,154 ton, XL: 18,792 ton.
2) B0/W35 enligt EN14825-1 inkl cirk.pump vid 2700 rpm på S-E och S och 3600 rpm på M, L, XL.
3) B0/W35, enligt EN14825, Cold Climate Pdesign 33 kW
4) B0/W35, enligt EN14825, Cold Climate Pdesign 31 kW
5) B0/W35, enligt EN14825, Cold Climate Pdesign 36 kW
6) B0/W35, enligt EN14825, Cold Climate Pdesign 34 kW
7) B0/W35, enligt EN14825, Cold Climate Pdesign 60 kW
8) B0/W35, enligt EN14825, Cold climate Pdesign 55 kW

9) B0/W35, enligt EN14825, Cold Climate Pdesign 85 kW
10) B0/W35, enligt EN14825, Cold Climate Pdesign 79 kW
11) Kompressorvarvtal 1500-4500 rpm
12) Kompressorvarvtal 1500-6000 rpm
13) Öppna era att det ej går att kombinera samtliga köldbärartemperaturer med värmebärartemperaturer.
14) Minimum inkommande köldbärartemperatur 0°C
15a) Ljudeffektivitet uppmätt enligt EN 12102:2017 och EN 3741:2010 (B0/W35)
15b) Ljudeffektivitet enligt energimärkning, uppmätt enligt EN 12102:2017 och EN 3741:2010 (B0/W35)
16) Lokala regler och föreskrifter måste alltid kontrolleras innan frostskyddsmedel används.

17) Då värmepumpen är installerad i ett värmesystem som styrs via värmepumpens reglerdator. Enligt Eco design-direktiv 811/2013.
18) Då värmepumpen ej är kopplad till ett värmesystem, samt att den inbyggda reglerdatorns funktion ej räknats med. Enligt Eco design-direktiv 811/2013.
19) Säkerhetsstörken kan anpassas beroende på värmepumpens effekt - se "Teknisk data" i dokumentationsbanken.
20) Produkten omfattas inte av Energimärkningsdirektivet då produktens Pdesign >70 kW
21) Minsta rekommenderade säkringsstorlek beror på begränsning av el-förlust (S/10/15 kW) i kombination med kompressor. Max bilämnat effekt för el-förlust kan även status in öka med och utan kompressor för ytterligare anpassning vidlig evokning.

Thermia Värmepumpar och dess certifierade återförsäljare förbehåller sig rätten till ändringar i detaljer och specifikationer utan föregående meddelande. Med reservation för ex. trykfel. 20230217_MegaL350_3WE

Thermia Värmepumpar | Box 950 | SE-671 29 Arvika | Tel. 0570-813 00 | www.thermia.se



Bilaga B. Produktdatablad för bergvärmepump Mega L från Thermia.



CHALMERS