

KLIMATPÅVERKAN AV INSTALLATIONSSYSTEM I BYGGNADER

Anders Enebjörk, Daniel Uskali & Emma Winqvist

2022-11-30

FÖRORD

Projektet har finansierats av SBUF och NCC.

Projektet har berört flera aktörer och huvudsakligen genomförts i samarbete mellan NCC, installationsföretagen, GK, IVL och Bengt Dahlgren.

Projektet har i huvudsak drivits i en arbetsgrupp bestående av Anders Enebjörk (NCC), Daniel Uskali (NCC), Emma Winqvist (NCC), Åsa Thrysin (IVL), Helen Magnusson (Installationsföretagen) och Catarina Warfvinge (GK).

Anders Enebjörk och Daniel Uskali, båda från NCC, har fungerat som huvudprojektledare.

I referensgrupp har följande personer ingått:

- Alexander Hollberg, Chalmers
- Mirko Sauvan, Swegon
- Peter Ylmén, RISE
- Pia Stoll, SGBC
- Helen Magnusson, installationsföretagen
- Jarl Bengtsson, Climate recovery
- Anna Högberg, PEAB
- Karvel Andersen, Skanska

Vi vill även tacka alla projektörer som har bidragit med underlag och klocka inspel.

Projektteamet vill tacka SBUF samt medverkande företag och organisationer för finansiellt stöd. Vi önskar också tacka alla deltagare i referensgruppen för värdefulla inspel och stöd under projekttiden.

Stockholm 2022-11-30

SAMMANFATTNING

Utifrån ett livscykelperspektiv står svenska byggnader för drygt en femtedel av Sveriges utsläpp av växthusgaser, (Naturvårdsverket 2022). Sverige har som mål att nå klimatneutralitet till 2045. Som en del i att uppnå målet till 2045 infördes ett nytt lagkrav 2022 om klimatdeklaration för byggnader där byggnadens installationssystem exkluderats. I den kommande uppdateringen av lagkrav för klimatdeklaration som planeras till senast 2027, föreslås även byggnadens installationssystem ingå i deklARATIONEN (Boverket 2020).

Syftet med denna rapport är att ta fram transparenta nyckeltal för installationssystemens klimatpåverkan för el, ventilation, värme, sprinkler och hiss för byggnadstyperna flerbostadshus och kontor. Med av avgränsning för modul A1-A3, alltså tillverkningen av de material och produkter som ingår i installationssystemen. Beräkningarna baseras på 4 byggnader. Med hjälp av BIM-modeller och kompletteringar från tekniska beskrivningar har resurssammanställningar tagits fram och klimatpåverkan från ingående material och produkter beräknats. Beräkningar visar att klimatpåverkan från installationssystemen i dessa byggnader är för flerbostadshus 1: 19 kgCO₂e/BTA, flerbostadshus 2: 22 kgCO₂e/BTA, kontor 1: 48 kgCO₂e/BTA och kontor 2: 60 kgCO₂e/BTA. Vilket innebär att klimatpåverkan från installationssystem står för ca 8 % av totala klimatpåverkan från material ingående flerbostadshus och upp till 20% för kontor, detta i jämförelse med boverkets referensvärden (Malmqvist, et. al, 2021). Rapporten redovisar hur klimatpåverkan fördelas mellan de olika installationssystemen och ingående produktgrupper. Dessa resultat går i linje med tidigare beräkningar och studier.

Det har varit relativt enkelt att få fram data från BIM-modeller men beräkningarna är i sin helhet tidskrävande. Det är främst att utifrån resurssammanställningarna identifiera klimatpåverkan från vardera material/produkt som är tidskrävande, särskilt när det inte finns EPD eller typisk klimatdata från klimatdatabaser. I dag finns relativt få produkter som har sådan typ av data. En stor del av arbetet har bestått av att leta och inhämta data från produktinfo och/eller byggvarudeklarationer. Installationssystemen består av många produkter och vissa produkter är även sammansatta av flera material och produkter.

Översiktligt har även klimatoptimeringspotential undersöks för installationssystemen. Det ser ut att finnas goda möjligheter att genom optimering av systemutformning och val av material/produkter minska klimatpåverkan i betydande omfattning.

INNEHÅLL

1. BAKGRUND	4
2. SYFTE	5
3. METODIK	6
LITTERATURSTUDIE	6
INSAMLING AV DATA OCH BERÄKNINGAR	6
BESKRIVNING AV BYGGNADER INGÅENDE I FALLSTUDIE	7
AVGRÄNSNINGAR	8
4. RESULTAT	11
LITTERATURSTUDIE	11
INSAMLING OCH HANTERING AV DATA	12
FLERBOSTADSHUS	13
KONTOR	18
UTVÄRDERING OPTIMERINGSPOTENTIAL	25
5. DISKUSSION	26
6. SLUTSATSER	27
8. LITTERATURFÖRTECKNING	29

1. BAKGRUND

Byggsektorn utgör idag en stor del av klimatutsläppen från samhället. Det är främst uppströms påverkan från byggmaterial som står för en betydande andel av klimatpåverkan, sett över en byggnads hela livscykel (IVL 2016).

Från och med 2022 är det lag på att klimatdeklarera alla nybyggnadsprojekt för att få ett godkänt slutbesked, med vissa undantag (*Boverket 2021*). Lagkravet har drivit på byggbranschen att sedan en tid tillbaka utföra klimatberäkningar samt att hitta effektiva processer för detta. Idag ställs krav på entreprenörer från flertalet beställare att leverera klimatkalkyler redan under projektering. Det är inte heller ovanligt med kravställning på optimeringar utifrån ett klimatperspektiv.

I lagkravet som infördes 2022 är installationssystemen i byggnaden (el, hiss och vvs) exkluderade och i beställarkrav idag är det oftast tillåtet att antingen exkludera eller hantera dessa med schabloner. Lagkravet kommer dock att skärpas till senast 2027, då även installationerna föreslås ingå i deklARATIONEN (*Boverket 2020*). Branschen kommer alltså behöva hantera installationerna i en byggnad, med större noggrannhet än i dagsläget. Dessutom förväntas beställare förekomma ändringar i lagkrav och även ställa krav på installationer inom en snar framtid.

Generellt sett så har miljöpåverkan från exempelvis värme-, ventilation-, och AC-system inte studerats i detalj och de flesta studier som har gjorts bygger på antaganden (*Kiamili, et.al, 2020*). En av svårigheterna att utvärdera miljöpåverkan av installationssystemen ligger i bristen på tillförlitliga indata och att kostnadseffektivt få fram materialmängder. I de få studier som har genomförts har det visat sig att miljöpåverkan från installationerna är högre än vad som tidigare ansetts, till exempel så stod produktion av värme-, ventilation- och kylsystem systemet i ett kontor för 14–30% av miljöpåverkan för fyra av fem miljöpåverkanskategorier (*Ylmén, et.al, 2019*).

En del schabloner har tagits fram för installationssystemen i en byggnad per A_{temp} (*IVL 2020, rev 2022*). Schabloner återfinns även till viss del i LCA-databaser så som i One Click LCA (*Bionova 2021*). En svårighet med dessa schabloner är bristen i transparens kring hur dessa är framräknade och osäkerheten bedöms som stor. Utan tillgång till faktiska data på klimatpåverkan blir möjligheten att optimera dessa delar begränsad.

Studier har visat att metallinnehållet har den enskilt största miljöpåverkan vad gäller installationer (*Jerléus, K. 2020*). Åtgärder eller system som reducerar mängden material blir därför relevant att undersöka. Generellt så saknas utvärdering av optimeringspotential av installationssystemen med avseende på klimatpåverkan i de utförda studierna.

2. SYFTE

Projektet avser att ta fram transparenta nyckeltal för installationssystemens klimatpåverkan (el, ventilation, sprinkler och värme) för två olika byggnadstyper; *flerbostadshus* och *kontor*, vilka sedan ska kunna appliceras på flertalet liknande projekt.

Till skillnad från övriga delar i byggnaden är det för byggherre eller totalentreprenör ofta svårt att ta mängder från en kostnadskalkyl då detta ofta utgörs av en totalkostnad för underentreprenör. Däremot finns goda förutsättningar att nyttja BIM-modeller för mängdning av material. Projektet avser även att identifiera utmaningar med att inhämta informationen som krävs för att utföra klimatberäkningar på installationssystemen samt belysa status kring tillgänglighet av produktspecifika data.

Projektet avser också att översiktligt undersöka eventuell optimeringspotential utifrån klimatpåverkan genom att titta på alternativa system och möjlighet till optimering av konventionella system.

3. METODIK

Litteraturstudie

I den inledande fasen genomfördes en kortare litteraturstudie för att arbetet skulle utgå från tillgänglig information från tidigare studier. Detta följdes av ett praktiskt genomförande där data samlades in och beräkningar utfördes.

I den inledande litteraturstudien gjordes en genomlysning av vilken produktspecifik data, i form av EPD (Environmental Product Declaration, miljödeklarationer), som fanns tillgänglig. Detta i syfte att belysa möjligheterna för hur datainsamling ska göras och hur data behöver behandlas för att kunna kvantifiera klimatpåverkan.

Två byggnadstyper i form av bostäder och kontor valdes för denna studie. Detta val gjordes då dessa byggnadstyper är vanliga och ofta har olika typer av installationssystem som inte enkelt kan jämföras. Totalt fyra projekt valdes för en mer ingående studie, två kontorsbyggnader och två byggnader som innehåller bostäder.

Insamling av data och beräkningar

För att göra studien behövdes information om ingående material och produkter i installationssystemen för el, styr, sprinkler, hiss och vvs samlas in. Projektet valde att göra informationsinsamling utifrån projektering och de digitala modeller som tagits fram för respektive byggnad. Projektörer i respektive projekt har tagit ut och sammanställt information om ingående material och produkter. Utifrån sammanställningar från projektörer identifierades de olika materialposterna och fördelning av dessa. I sammanställningar från projektörer har materialens mängder angetts i olika enheter, exempelvis i vikt (kg), volym (m^3), yta (m^2) längd (m) eller antal. För de produkter där modellen inte gav tillräckligt med information om produkten kompletterades det från tekniska beskrivningen och om inte det var tillräckligt kontaktades projektören. Om det genom tekniska beskrivningen eller erfarenhet uppmärksammades att det saknades data i sammanställningen kontaktades projektör för att komplettera med data.

För att kvantifiera klimatpåverkan behövdes materialen räknas om till den enhet som klimatpåverkan var angiven i. För några material/produkter fanns EPD där klimatdata angavs per produkt, då kunde antalet produkter användas, men för majoriteten av material/produkter behövde en omräkning göras till vikt. För att göra denna omräkning behövdes information om viktprocent och ingående material för respektive material/produkt. Detta inhämtas från produktinfo och/eller byggvarudeklarationer.

Klimatdata för de olika materialposterna och systemen beräknades. För att kunna jämföra system och byggnader användes nyckeltalet $kgCO_2e$ per m^2 BTA i likhet med Boverkets klimatdeklaration.

Klimatberäkningar genomfördes för fyra byggnader för att undersöka hur stor del av klimatpåverkan från byggskedet som installationssystemen står för. Detta används som underlag för att undersöka optimeringspotentialen av installationssystem.

Beräkningar har främst utförts i Excel och till viss del även i klimatberäkningsverktyget Onecklick LCA.

Beskrivning av byggnader ingående i fallstudie

Beräkningar har utförts på två flerbostadshus och två kontor, nedan beskrivs projektens storlek och systemval.

Flerbostadshus

Det har utförts beräkningar på ett lamellhus och ett punkthus med olika byggherrar och olika typer av uppvärmningssystem.

Flerbostadshus 1

Projektet består av två lamellhus på sex våningar varav en suterrängvåning och ytterligare ett plan med snedtak i vardera huskropp. I suterrängvåningarna finns bland annat ytor som delas mellan byggnaderna såsom en lokal, cykelförråd samt undercentral (UC) och el-centraler. På vindsvåningsplanet med snedtak är två ventilationsaggregat placerade samt lägenhetsförråd.

Lägenhetsstorlekarna varierar mellan 1–3 rok. Husen värms med fjärrvärme.

Installationsprodukter som är gemensamma för husen som till exempel el-central och UC har delats lika mellan husen då de har liknande BTA. Uppvärmningen sker genom vattenburna ventilationsvärmebatterier som är placerade i varje lägenhet, samt vattenburna batteri på centrala ventilationsaggregaten. I vardera hus finns ett trapphus med hiss.

Klimatberäkningen är gjord för Hus 1 som har en BTA på 3 369 m² och 56 lägenheter.

Flerbostadshus 2

Byggnaden är ett punkthus med åtta våningar samt fläktrum på taket. På bottenplan finns allmänna utrymmen så som tvättstuga, lägenhetsförråd, fordonsrum och undercentral.

Totalt finns det 37 lägenheter i punkthuset. Dessa varierar i storlek mellan 1–3 rok. BTA uppgår till 2 753 m² för hela byggnaden.

Huset är utrustat med ett FTX-system och värmebehovet tillgodoses med hjälp av fjärrvärme som distribueras via vattenburna radiatorer.

Kontor

Det har utförts beräkningar för två kontorsbyggnader med olika byggherrar och till viss del olika uppbyggnad av tekniska system.

Kontorsbyggnad 1

Kontorsbyggnad 1 är en byggnad på cirka 32 000 m². Byggnaden har åtta våningar med garage och teknikrum i källare, café/handelslokaler och kontor i entréplan samt sex ovanliggande plan med kontor. Målsättning att halvera klimatpåverkan över byggnadens livscykel. Byggnaden planeras för en trästomme med bärande balkar/pelare i limträ och bjälklag i KL-trä. Fasaderna är utfackningsväggar med trästomme. Energiförsörjning sker från fjärrvärme och fjärrkyla, el samt solceller. Byggnaden har centrala ventilationsaggregat och behovsstyrd ventilation med aktiva luftdon. Beräkningar av material och produkter i projektet baseras på lösning i systemhandling där specifika mängder baseras på bygghandling från projekt med motsvarande system men anpassat till ytan i kontorsbyggnad 1.

Kontorsbyggnad 2

Kontorsbyggnad 2 är en byggnad på cirka 11 000 m² BTA. Byggnaden har tio våningar med garage och teknikrum i källare, café/handelslokaler och kontor i entréplan samt åtta ovanliggande plan med kontor. Projektet har en stomme med bärande pelare och balkar i stål

och HDF-bjälklag samt systemfasad. Energiförsörjning sker från fjärrvärme och fjärrkyla, el samt solceller. Uppvärmning och kylning sker främst med luft och VAV-don, det finns alltså på kontorsvåningarna inget radiatorsystem för uppvärmning. För ventilation används våningsvisa ventilationsaggregat. Beräkningar av material och produkter i projektet baseras på bygghandling för bashus vilket är hela huset men utan hyresgästanpassning samt på typplan för hyresgästanpassning. Det är alltså inte en helt färdigprojekterad lösning.

Avgränsningar

En viktig del i att utföra en klimatberäkning är att bestämma avgränsningar. Både utifrån jämförbarheten med andra beräkningar samt vilka skeden och produkter som ska ingå i beräkningen.

Skeden och moduler

Avgränsningen sett till livscykeln är avgränsad till produktsskedet, A1-A3 enligt standarden EN15978. Övriga skeden är ej medräknade.

Byggnadsdelar

Nedan beskrivs avgränsningar för både kontor och flerbostadshus. BSAB-koderna (Tabell 1) har använts som ett stöd i valet av avgränsningar. De fyra byggnaderna innehåller olika typer av produkter beroende på systemval. Material och produkter för upphängning, infästning och montering är exkluderade.

VS – 84

Värme och sanitet har i undersökningen delats upp i fler undergrupper:

- Rörsystem
 - Tappvatten – komplett rörsystem från servis till blandare
 - Värme – komplett rörsystem från servis till radiator/värmebatteri
 - Avlopp – avloppsrör, golvbrunnar och vattenlås
- Isolering – all isolering av rör, böjar, t-rör osv
- Radiatorer – vattenburna radiatorer
- Undercentral – värmeväxlare, expansionskärl och pumpar
- Ventiler och mätare – till exempel avstängnings-, tryck och backventiler samt vatten- och värmemängdsmätare
- Vattenklosett
- Prefabricerad våtrumskassett – endast punkthuset, del av vägghängd toalett, och består även av värme-, tappvatten- och avloppsstammar
- Tvättställ – utslagsback. Diskho är exkluderad
- Blandare – till utslagsback, tvättställ, dusch och kök

Tabell 1 BSAB-koder för installationer

8	Installationer
80	Installationer sammansatta
81	(vakant)
82	Process
83	(vakant)
84	Sanitet/värme
85	Kyla/luft
86	EI
87	Transport
88	Styr/regler
89	Installationer övrigt

V – 85

Ventilation har delats upp i undergrupper:

- Kanalsystem – kanaler, böjar, t-rör och dylikt
- Don – inklusive till- och frånluftsventiler
- Ljuddämpare
- Spjäll – inklusive backströmningsskydd
- Huv – för ute- och avluft
- Värmebatteri
- Isolering – all isolering av kanalsystemet
- Ventilationsaggregat
- Köksfläkt – inklusive en luftavfuktare i tvättstugan

EI – 86

EI har delats upp i undergrupper:

- Kabel – alla kablar utom de som disciplinen styr tillhandahåller
- Rör – för kabel ink kanalisation för disciplinen styr
- Uttag – både infällda och utanpåliggande
- Brytare och dosor – arbetsbrytare, röklucka öppnarknapp, strömställare
- EI-central – huvud-, lägenhet och tvättstuga.
- Belysningsarmaturer – både inne i byggnaderna och på fasad
- Kanalisation – kabelstege, montageprofiler och fönsterbänkskanaler
- Övrigt – till exempel rörelsedetektor, brandvarnare och kodläsare.

Hiss – 87

För att beräkna hissens klimatpåverkan har vissa antaganden gjorts. Det har inte varit möjligt att få fram en exakt vikt, men data från liknande projekt har fått ligga till grund för den viktuppskattning som gjorts.

Styr – 88

Styr redovisas endast för flerbostadshusen och har delats upp i undergrupper:

- Apparatskåp – Lamellhus har ett skåp som styr båda husen. Punkthuset har inget enskilt apparatskåp utan det är integrerat i ventilationsaggregat och undercentralen
- Kabel – kraft och kommunikationskabel
- Ställdon och trafo
- Rumsregulator – finns enbart i lamellhus för att lägenhetsvis styra luftvärmen

Sprinkler – 89

Sprinkler finns endast i kontorsbyggnaderna och har delats upp i följande undergrupper:

- Rör
- Böjar
- T-rör
- Kopplingar
- Övrigt

Klimatdata för material och produkter

Klimatdata som finns tillgänglig i databaser likt Boverkets klimatdatabas presenteras ofta på två sätt: som typisk och konservativ. Typisk data är ett medelvärde för olika produkter inom samma produktgrupp. Konservativa värden är typiska värden som fått ett påslag för att främja användandet av specifik klimatdata (dvs data från miljövarudeklarationer (EPD)). I denna undersökning har typisk klimatdata använts i de beräkningar där specifik klimatdata saknats.

Vid val av data har följande prioriteringsordning använts:

1. Produktspecifik data från miljövarudeklarationer, EPD/PEP
2. Typisk data från klimatdatabaser
3. Proxydata – typisk data för ingående material

När proxydata behövt användas har material med en viktprocent på mindre än cirka två procent i vissa fall inte beaktats, men oftast har motsvarande mängd allokerats till ett liknande material. Exempelvis har olika sorters plast summerats på detta vis.

Data för material och produkters klimatpåverkan har i första hand hämtats från produktspecifika EPD eller PEP (Product Environmental Profile). När EPD/PEP saknats har materialens klimatpåverkan i första hand hämtats från Boverkets klimatdatabas. De material som saknats där har kompletterats från tyska Ökobaudat och efter det generiska EPD:er. I tabell Tabell 2 är materialens klimatpåverkan sammanställt.

Tabell 2 Sammanställning av materialens klimatpåverkan och dess källa.

Material	kgCO ₂ e/kg	Källa	Kommentar
Koppar	2,38	Boverket	51% skrotbaserad
Plast - PE	2,92	EPD Vinidex	PE - polyetylen
Mässing	1,77	Ökobaudat	Röd mässing
Stål	2,52	Boverket	Primär råvara
Rostfritt stål	3,6	Boverket	Rostfria vattenrör, 86 % skrotbaserad
Porslin	2,48	EPD Gustavsberg	Generisk EPD för porslin
Zink	2,09	EPD Rheinzink	
Stenull	1,28	Boverket	Skivor och rullar
Glasull	0,89	Boverket	Skivor och rullar
Aluminium	10,0	Boverket	Primär råvara
Gummi	3,64	Ökobaudat	
Gjutjärn	1,64	Ökobaudat	
Cement	0,65	Boverket	
Plast - PP	2,62	Ökobaudat	PP - polypropylen

För vissa produktgrupper där det saknas specifik data har generisk produktdata använts från Boverket eller finska klimatdatabasen (co2data.fi). I finska klimatdatabasen finns uppgifter i kg CO₂/kg för exempelvis belysning, olika sorters rör, pumpar mm.

4. RESULTAT

Litteraturstudie

Den här studien har avgränsats till modul A1-A3, generiska värden för materials klimatpåverkan och installationerna för vs, v, el, styr och hiss. Nedan presenteras andra studier och rapporters nyckeltal för installationers klimatpåverkan. De skiljer sig alla på ett eller annat sätt i avgränsningarna och beräkningsförutsättningarna mot denna studie.

Malmqvist et.al, (2021) har tagit fram schablonvärden för A1-A3 för ventilation, rör, el och hiss, se tabell Tabell 3. Sammanställning har presenterats i A_{temp} och i denna rapport har resultaten presenterats i BTA. De har använt typiska (ej konservativa) värden för materialens klimatpåverkan. Vidare beskriver Malmqvist att beräkningsunderlaget för installationer har delvis varit bristande. Om klimatpåverkan ändras från A_{temp} till BTA med en faktor 0,9 blir totalen för flerbostadshus 15,6 och kontor 36,4.

Tabell 3 visar Malmqvist et.al, (2021), bilaga 5 sammanställning av klimatpåverkan i $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2 A_{temp}$ från installationer A1-A3.

	Flerbostadshus [$\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2 A_{temp}$]	Kontor [$\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2 A_{temp}$]
V	4,0	19,6
VS	3,4	6,2
EI	3,0	7,7
Hiss	6,8	6,9
Total	17,3	40,4

IVL:s (2020, rev 2022) schabloner för installationer är sammanslagna för hela byggdel 8 – installationer och uppdelad per byggnadstyp samt per $\text{m}^2 A_{temp}$. Schablonerna bygger på Malmqvist et.al, (2021) schabloner samt är uppräknade med konservativa värden och är för modul A1-A5.1. Schablonerna presenteras i tabell Tabell 4.

Tabell 4 är en sammanställning av IVL (2020, rev 2022) schabloner för byggdel 8 med konservativa värden samt uppdelat per byggnadstyp.

Byggnadstyp	GWP-GHG $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2 A_{temp}$ A1-A5.1
Flerbostadshus	23
Kontor	54

I SGBC tilläggs-certifiering NoIICO₂ ingår klimatpåverkan från installationer. SGBC har en beräknings-snurra som räknar ut mål-talen för varje byggdel, däribland installationer. Den är inte publik och därmed inte transparent vilket gör att det inte går att få fram schablonerna som används för systemet. I informationsblad om baseline och gränsvärden för NoIICO₂ 1.0 som publicerade i juni 2021 anges följande värden:

Tabell 5 Information från NollCO2 version 1.0 om klimatpåverkan installationer

Kontor			Flerbostadshus		
Baseline	261	[kg CO ₂ e/BTA]	Baseline	318	[kg CO ₂ e/BTA]
	[%]			[%]	
EI	0,4	1,0	EI	1,1	3,5
Avlopp	0,5	1,3	Avlopp	0,3	1,0
Vatten	0,7	1,8	Vatten	0,6	1,9
Brandsläcknin	1,1	2,9	Hiss	2,9	9,2
Hiss	1,6	4,2	Värme	2,8	8,9
Värme	2,6	6,8	Ventilation	0,6	1,9
Kyla	3,6	9,4	Summa	8,0	25,4
Ventilation	8,9	23,2			
Summa	17,0	44,4			

Insamling och hantering av data

En del i projektet bestod av att undersöka hur information om mängder och produkter inhämtas från byggprojekt. Efter diskussioner med projektörer för respektive tekniskt system har det visat sig att det ofta relativt enkelt går att få fram information om vilka material och mängder av dessa material som används. När en projektering kommit tillräckligt långt så att material är specificerade och inritade kan en så kallad BOM-lista tas ut vilket är en förteckning på vilka material och produkter som är angivna i BIM-modellen. Detta är främst användbart för produkter som rör, kanaler, isolering och komponenter ingående i dessa system.

Ett moment som varit tidskrävande är att räkna om de olika materialen till mängder där det finns klimatdata. Exempelvis omräkning av antalet meter rör av respektive dimension och material till vikt för att kunna räkna hur stor klimatpåverkan är. Det är tidskrävande att samla in data då det är många olika dimensioner och material. Detta är ett arbete som bör kunna automatiseras om mängddata i BOM-listor kan kopplas mot färdiga listor där vikt för respektive rör och material finns sammanställt.

Det har även varit tidskrävande att inhämta information om vad respektive produkt består av, detta berör främst komponenter som är sammansatta av flera material. I några få fall finns EPD och för främst produkter ingående i elsystem finns PEP där innehåll och relaterad klimatpåverkan anges. För övriga material har till viss del produktkort och liknande använts men främst Byggvarudeklarationer där det framgår vilka material som finns i respektive produkt. Klimatpåverkan har sedan beräknats genom att använda generisk data för respektive material. Detta är en beräkning med så kallad proxydata.

I flera fall har det varit svårt att hitta produktspecifik information om vikter och innehåll, samt att kunna härleda detta till korrekt klimatpåverkan vilket gjort att uppskattningar behövt göras. Detta är en av felkällorna i beräkningarna.

En annan felkälla är att det har varit svårt att säkerställa att alla produkter och material är med i de materialsammanställningar som legat till grund för beräkningarna. Beräkning av täckningsgrad har därmed varit svår att utföra och resultatet presenteras utan uppräkningsgrad med hänseende till täckningsgrad.

Produktspecifika data

För att göra beräkningar med god noggrannhet är det värdefullt med så specifik information som möjligt. Bästa information är därmed EPD. I en EPD redovisas resultatet från en livscykelanalys utifrån regler specifika för en produktgrupp. Ett alternativ till EPD är PEP som även det är resultat från en livscykelanalys men uppbyggt enligt annat regelverk.

Det har inom projektet undersökts i vilken omfattning EPD/PEP finns för produkter inom installationssystem. Det finns få tillgängliga EPD, endast för några produkter inom ventilationssystem och rörsystem. PEP finns till viss del för främst produkter inom elsystem, dessa är främst baserade på europeiska förhållanden. För att kunna göra noggranna beräkningar är det av vikt att leverantörer tar fram fler EPD:er och att fler produktgrupper tar fram bättre underlag.

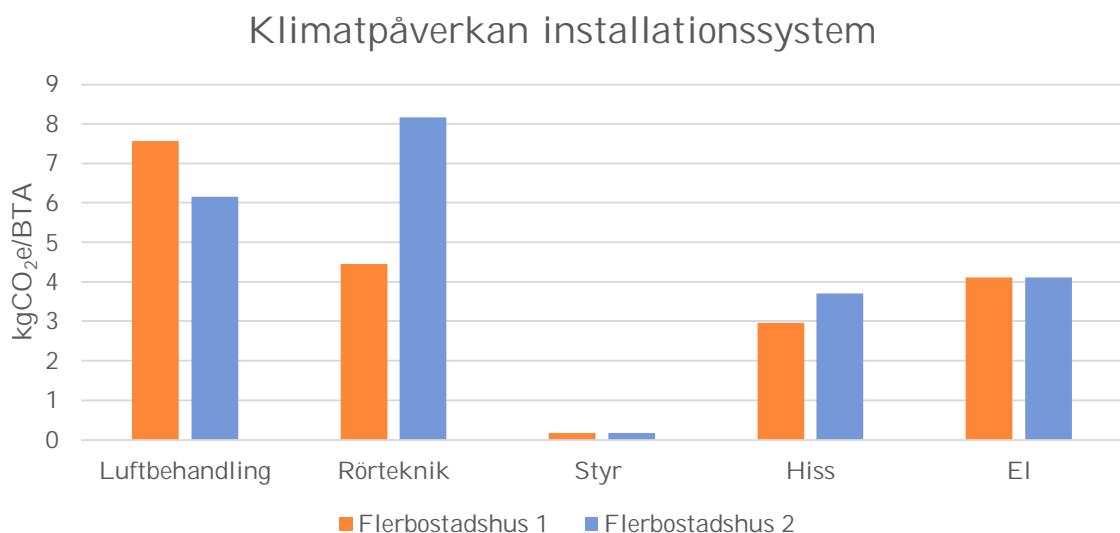
De produktspecifika underlag som finns har huvudsakligen tagits fram de senaste åren. Det har inom projektet framkommit information om att flera leverantörer arbetar med att ta fram EPD vilket innebär att tillgången väntas bli bättre.

Flerbostadshus

Resultatet från beräkningar av klimatpåverkan för flerbostadshusen presenteras i detta avsnitt.

I Figur 1 och Tabell 6 framgår klimatpåverkan per BTA för respektive disciplin, samt en summering av dessa. Den disciplin som har högst klimatpåverkan skiljer sig mellan byggnaderna. För flerbostadshus 1, med uppvärmning via ventilationen, står denna disciplin för högst klimatpåverkan. Flerbostadshus 2, som värms med ett vattenburet värmesystem med radiatorer, har högst klimatpåverkan från rörsystem.

Underlag från el och styr saknas för flerbostadshus 1, och i figur 1 och tabell 6 nedan har samma värde (i enhet $\text{kgCO}_2\text{e/BTA}$) använts för båda projekten, för att göra summan jämförbar.



Figur 1 Sammanställning av klimatpåverkan från respektive disciplin per BTA.

Tabell 6 Sammanställning av klimatpåverkan från respektive disciplin per BTA. Värden i parentes är uppskattade värden från den andra byggnaden.

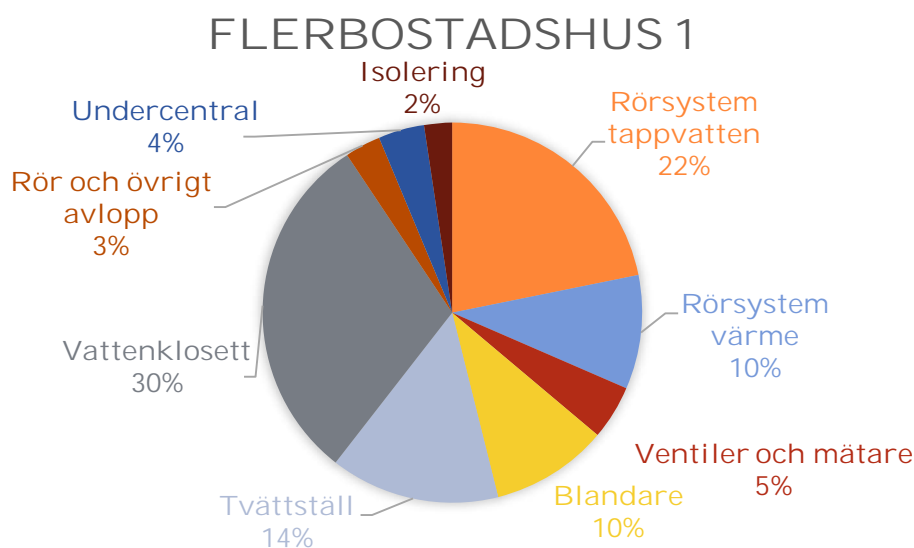
Disciplin	Flerbostadshus 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Flerbostadshus 2 [kgCO ₂ e/BTA]
Värme och sanitet	4	8
Luftbehandling	8	6
El	(4)	4
Styr	0,2	(0,2)
Hiss	3	4
Summa	19	22

För att sätta resultatet i relation till övriga byggdelar anges det i Boverkets referensvärden (Malmqvist, et. al, 2021) att medelvärdet för klimatpåverkan uppgår till 260 kg CO₂e/BTA för byggdelar ingående i klimatdeklaration 2022. Installationssystemens klimatpåverkan utgör enligt beräkningar i denna studie cirka 8% av den totala klimatpåverkan. För byggnader där övriga byggdelar optimerats utgör installationssystemen därmed en större del.

Värme och sanitet

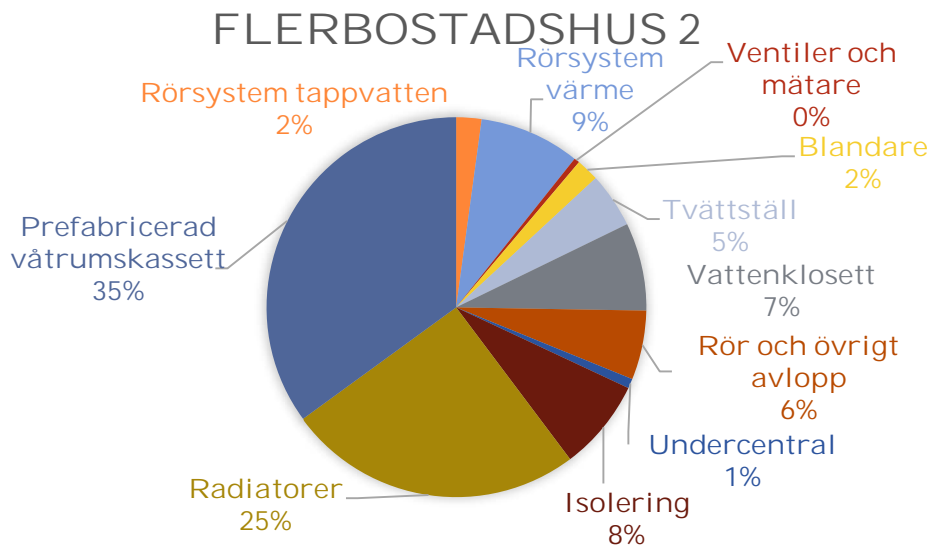
Klimatpåverkan från material och produkter som tillhör disciplin värme och sanitet uppgår för flerbostadshus 1 till drygt 4 kg CO₂e/BTA. Störst påverkan har vattenklosett, följt av tappvattensystemet och tvättställ (Figur 2).

Uppvärmningen sker genom vattenburna ventilationsvärmebatterier som är placerade i lägenheterna, samt vattenburna batteri på de centrala ventilationsaggregaten. Klimatpåverkan från detta presenteras under stycket ventilation nedan.



Figur 2 Klimatpåverkan av rörteknik uppdelat per produktgrupp för flerbostadshus 1

Klimatpåverkan från material och produkter som tillhör disciplin värme och sanitet uppgår för flerbostadshus 2 till drygt 8 kg CO₂e/BTA. Att denna byggnad värms av ett traditionellt värmesystem bestående av vattenburna radiatorer är tydligt, då endast radiatorerna står för en fjärdedel av klimatpåverkan inom denna avgränsning. Störst påverkan, med mer än en tredjedel av klimatpåverkan, har en prefabricerad våtrumskassett som består av värme-, tappvatten- och avloppsstammar samt den vägghängda vattenklosettens vattentank, Figur 3.



Figur 3 Klimatpåverkan av rörteknik uppdelat per produktgrupp för flerbostadshus 2

Tabell 7 Jämförelse mellan respektive del inom disciplinen värme och sanitet för flerbostadshusen

Rörteknik	Flerbostadshus 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Flerbostadshus 2 [kgCO ₂ e/BTA]
Rörssystem tappvatten	1,0	0,2
Rörssystem värme	0,4	0,7
Ventiler och mätare	0,2	0,0
Blandare	0,4	0,2
Tvättställ	0,6	0,4
Vattenklosett	1,3	0,6
Rör och övrigt avlopp	0,1	0,5
Undercentral	0,2	0,1
Isolering	0,1	0,6
Radiatorer	-	2,1
Prefabricerad våtrumskassett	-	2,9
Totalt	4,4	8,2

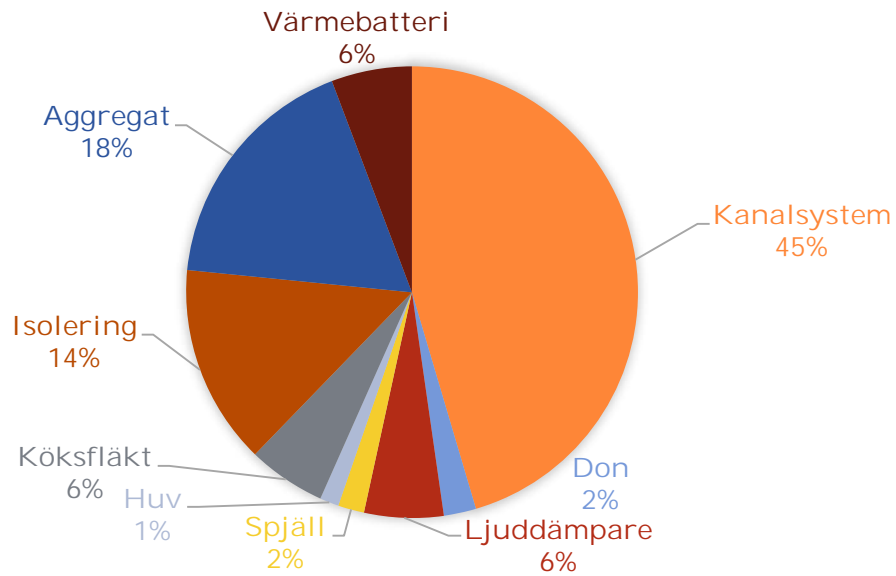
I Tabell 7 presenteras detaljerat resultat för undergrupperna inom disciplinen värme och sanitet.

Ventilation

Klimatpåverkan från material och produkter som tillhör disciplinen ventilation uppgår för flerbostadshus 1 till knappt 8 kg CO₂e/BTA. Störst påverkan har kanalsystemet som står för nästan hälften av klimatpåverkan (Figur 4).

Uppvärmningen sker genom vattenburna ventilationsvärmebatterier som är placerade i lägenheterna, samt vattenburna batteri på de centrala ventilationsaggregaten. I figuren går det att utläsa att ventilationsaggregaten och värmebatterierna står för cirka en fjärdedel av klimatpåverkan inom denna disciplin.

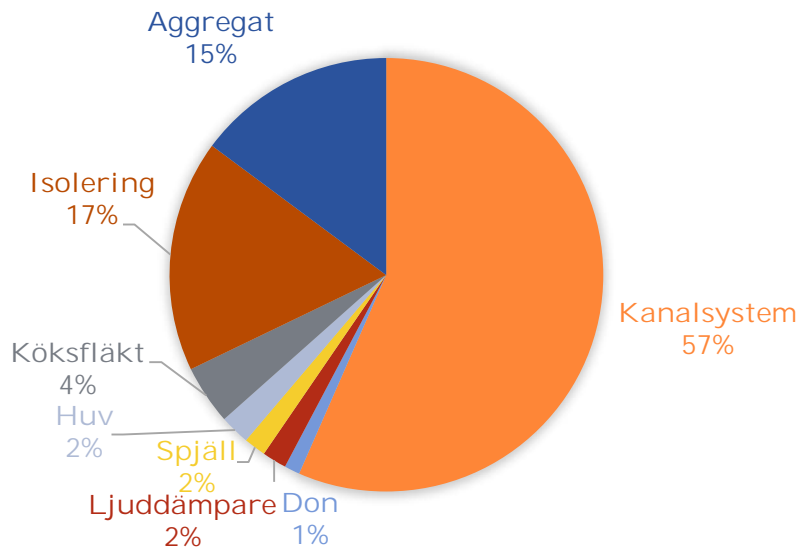
FLERBOSTADSHUS 1



Figur 4 Klimatpåverkan av luftbehandlingssystemet uppdelat per produktgrupp för flerbostadshus 1

Klimatpåverkan från material och produkter som tillhör disciplinen ventilation uppgår för flerbostadshus 2 till drygt 6 kg CO₂e/BTA. Störst påverkan har kanalsystemet som står för mer än hälften av klimatpåverkan (Figur 5). Därefter kommer isolering och aggregat som vardera står för cirka 15%.

FLERBOSTADSHUS 2



Figur 5 Klimatpåverkan av luftbehandlingssystemet uppdelat per produktgrupp för flerbostadshus 2

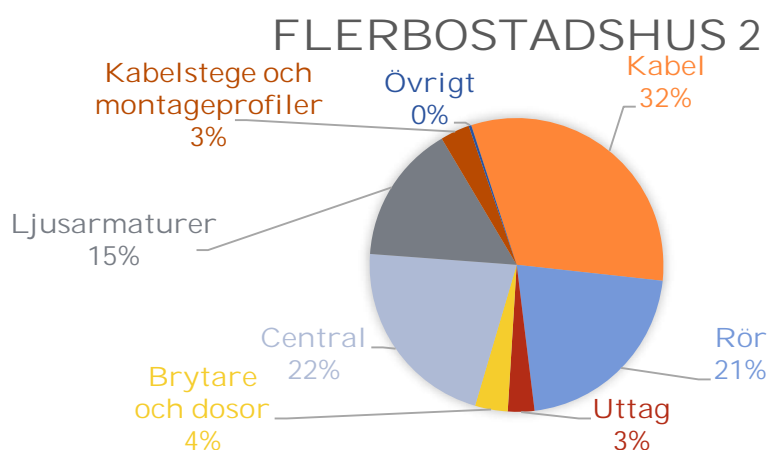
Tabell 8 Jämförelse mellan respektive del inom disciplinen ventilation för flerbostadshusen

Luftbehandling	Flerbostadshus 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Flerbostadshus 2 [kgCO ₂ e/BTA]
Kanalsystem	3,4	3,5
Don	0,2	0,1
Ljuddämpare	0,4	0,1
Spjäll	0,1	0,1
Huv	0,1	0,1
Köksfläkt	0,4	0,3
Isolering	1,1	1,1
Aggregat	1,3	0,9
Värmebatteri	0,4	-
Totalt	7,6	6,2

I tabell 8 presenteras detaljerat resultat för undergrupperna inom disciplinen ventilation.

El

Klimatberäkning för el i flerbostadshus 1 saknas. Resultatet i Figur 6 kommer ifrån flerbostadshus 2 och klimatpåverkan uppgår till drygt 4 kg CO₂e/BTA. Störst påverkan har kablar, följt av el-central, rör och armaturer.



Figur 6 Klimatpåverkan av elinstallationer uppdelat per produktgrupp för flerbostadshus 2

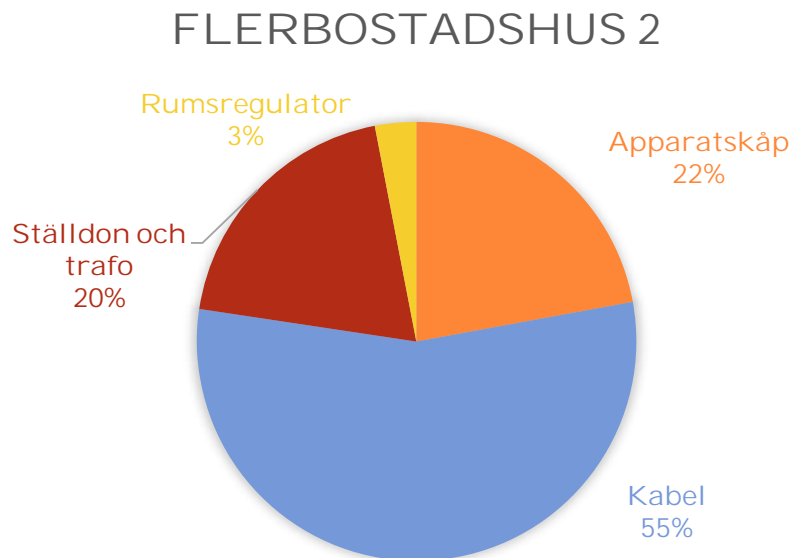
Tabell 9 Resultat för respektive del inom disciplinen el för flerbostadshus 2

El	Flerbostadshus 1 & 2 [kgCO ₂ e/BTA]
Kabel	1,3
Rör	0,9
Uttag	0,1
Brytare och dosor	0,1
Central	0,9
Ljusarmaturer	0,6
Kabelstege och montageprofiler	0,1
Övrigt	0,0
Totalt	4,1

I Tabell 9 presenteras detaljerat resultat för undergrupperna inom disciplinen el.

Styr

Klimatberäkning för styr i flerbostadshus 2 saknas. Resultatet i Figur 7 kommer ifrån flerbostadshus 1 och klimatpåverkan blir knappt 0,2 kg CO₂e/BTA. Störst påverkan har kablar, följt av apparatskåp samt ställdon och transformator.



Figur 7 Klimatpåverkan av styrsystemet uppdelat per produktgrupp för flerbostadshus 1

Hiss

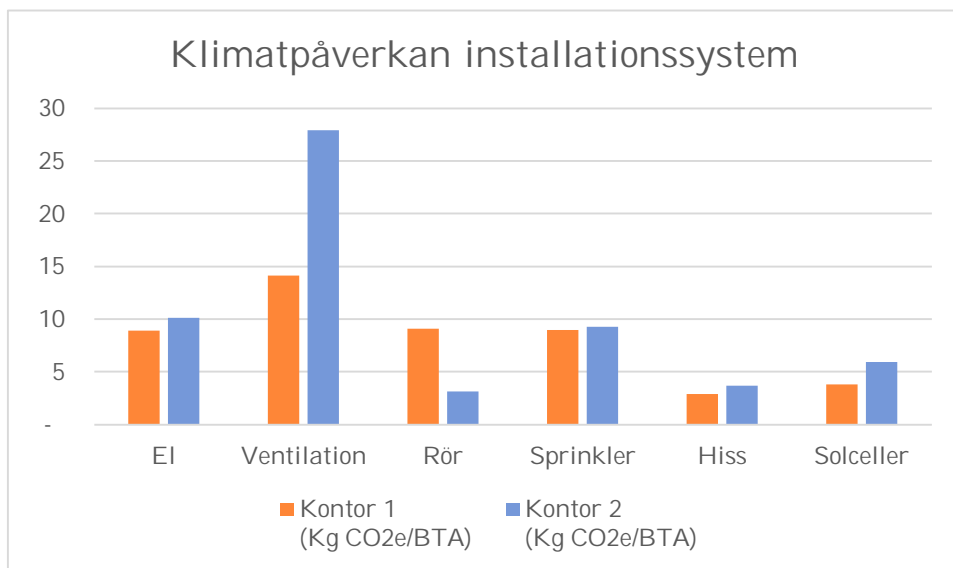
Det har inte varit möjligt att få fram projektspecifik information gällande hissarnas vikt i något av projekten. Data från liknande projekt har fått ligga till grund för den viktuppskattning som gjorts. EPD för en annan modell av samma tillverkare har använts för att få fram klimatpåverkan per kilo hiss. Det är därmed stor osäkerhet i dessa värden.

Resultatet visar att klimatpåverkan från hissar i dessa två projekt varierar mellan 3 kg CO₂e/BTA för flerbostadshus 1 och knappt 4 kg CO₂e/BTA för flerbostadshus 2.

Kontor

I detta avsnitt redovisas resultatet från beräkningar av klimatpåverkan för installationssystem i de två kontorsbyggnaderna. Inledningsvis redovisas summering av systemen som helhet där de även jämförs mellan de två byggnaderna vilket följs av mer detaljerade redovisningar av respektive system (Figur 8 och Tabell 10).

För att sätta dessa värden i relation till övriga byggdelar anges det i Boverkets referensvärden att klimatpåverkan ofta uppgår till knappt 250kg CO₂e/BTA för byggdelar ingående i klimatdeklaration 2022. Installationssystemens klimatpåverkan utgör enligt beräkningar i denna studie upp till 20 % av totala klimatpåverkan. För byggnader där övriga byggdelar optimerats utgör installationssystemen därmed en ännu större andel.



Figur 8 Sammanställning klimatpåverkan för respektive system angivet som kg CO₂e/BTA

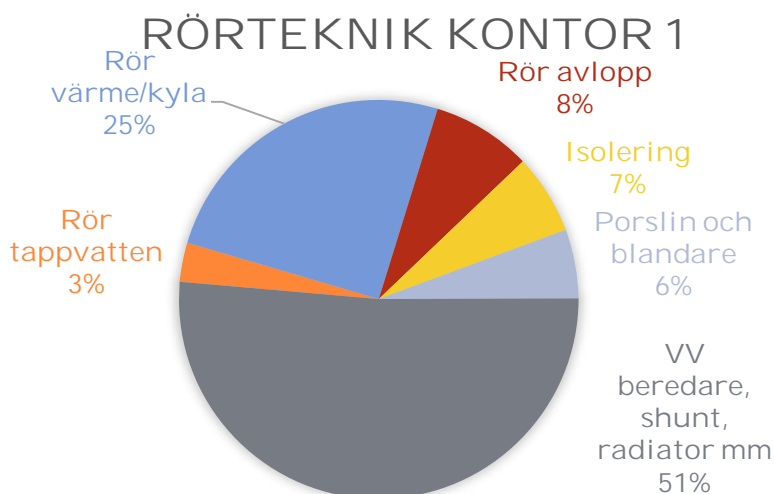
Tabell 10 Sammanställning klimatpåverkan för respektive system angivet som kgCO₂e/BTA

	Kontor 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Kontor 2 [kgCO ₂ e/BTA]
El	9	10
Ventilation	14	28
Rör	9	3
Sprinkler	9	9
Hiss	3	4
Solceller	4	6
Summa	48	60

Från dessa sammanställningar är det tydligt att beroende på val av systemuppbyggnad i de två projekten varierar klimatpåverkan mycket. Resultat är i samma storleksordning som data från andra beräkningar som redovisas ovan.

Värme och sanitet

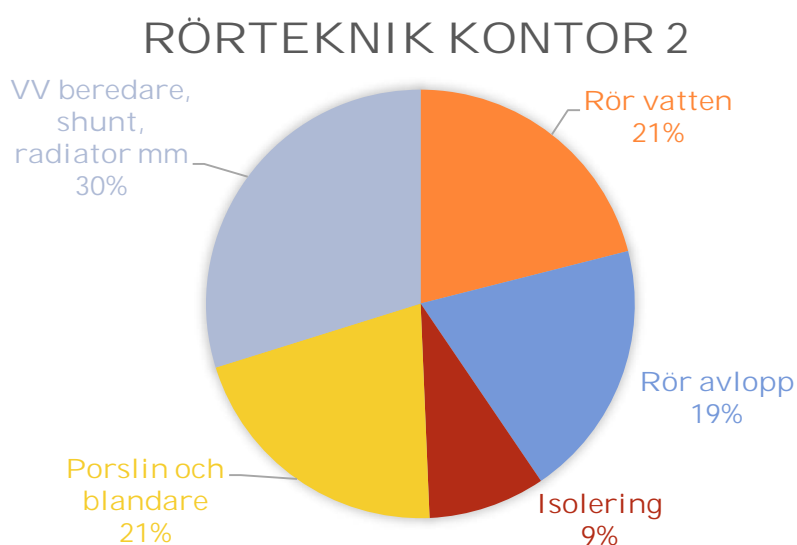
Klimatpåverkan från material och produkter som ingår i systemet för värme och sanitet uppgår för kontorsbyggnad 1 till cirka 9 kg CO₂e/BTA.



Figur 9 Fördelning klimatpåverkan mellan material/produkter ingående i rörsystem kontorsbyggnad 1

Denna byggnad har ett traditionellt utformat system med radiatorer för uppvärmning och VVC för varmvatten. Rör i tappvattensystemet är plaströr vilket har lägre klimatpåverkan jämfört med kopparrör och isolering har bytts till glasullisolering med lägre klimatpåverkan jämfört med alternativ. I Figur 9 visas fördelning av klimatpåverkan från olika delar ingående i värme och sanitet. Systemet för uppvärmning är den del som bidrar med högst klimatpåverkan där radiatorerna utgör största delen. Även rörsystem för värme och kyla utgör stora delar.

Klimatpåverkan från material och produkter som ingår i systemet för värme och sanitet uppgår för kontorsbyggnad 2 till cirka 3 kg CO₂e/BTA (Figur 10 Fördelning klimatpåverkan mellan material/produkter ingående i rörsystem kontorsbyggnad 2).



Figur 10 Fördelning klimatpåverkan mellan material/produkter ingående i rörsystem kontorsbyggnad 2

Denna byggnad har endast enstaka radiatorer på entréplan. I övrigt sker uppvärmning med ventilationssystemet. Rörsystem är främst kopparrör och VVC har förutom på entréplan och omklädningsrum ersatts med lokal beredning av varmvatten vid respektive våtgrupp.

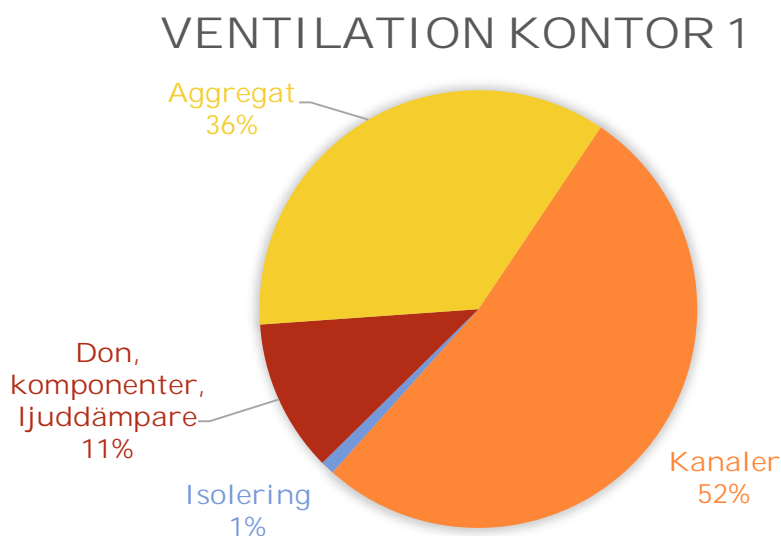
Tabell 11 Jämförelse klimatpåverkan för respektive del i system för värme och sanitet angivet som kg CO₂e/BTA

	Kontor 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Kontor 2 [kgCO ₂ e/BTA]
Rör tappvatten	0,3	0,7
Rör värme/kyla	2,5	-
Rör avlopp	0,8	0,6
Isolering	0,7	0,3
Porcelain och blandare	0,6	0,7
VV beredare, shunt, radiator mm	5,1	0,9
Summa	10,0	3,2

Systemvalen i kontorsbyggnad 2, där radiatorsystemet ersatts och annan lösning används för VVC, visar att det finns åtgärder som minskar klimatpåverkan från material, se tabell 11. I kontor 1 används plaströr i tappvattensystem vilket ger lägre klimatpåverkan jämfört med kopparrör i kontor 2.

Ventilation

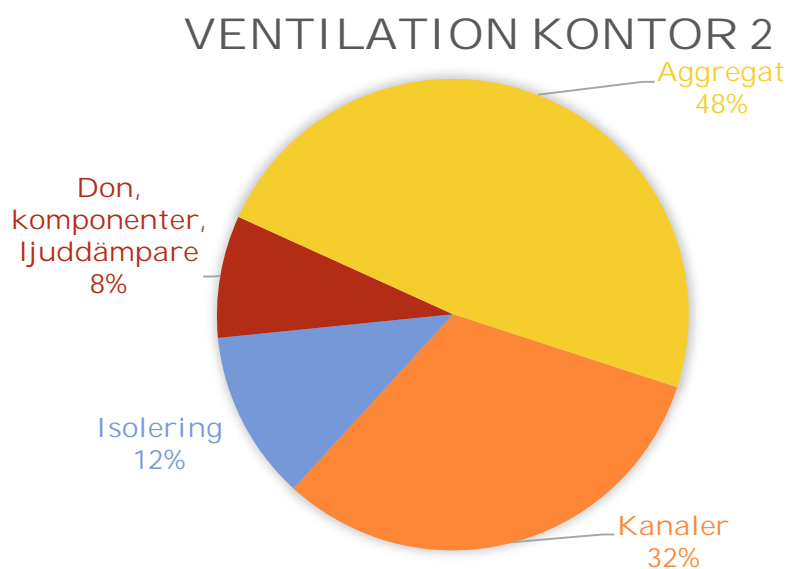
Klimatpåverkan från material och produkter som ingår i ventilationssystemet uppgår för kontorsbyggnad 1 till cirka 14 kg CO₂e/BTA.



Figur 11 Fördelning klimatpåverkan mellan material/produkter ingående i ventilationssystem kontorsbyggnad 1

Ventilationssystemet är FTX med behovsstyrd ventilation med aktiva don (ej kylbafflar). Ventilationskanaler i de mindre dimensionerna är kanaler av pressad glasull vilket har lägre klimatpåverkan än vanliga plåtkanaler. Isolering har bytts till glasullisolering med lägre klimatpåverkan jämfört med alternativ. Ventilationsaggregat är planerat för platsbyggda aggregat. Valet är gjort utifrån studie där det visats att dessa har lägre klimatpåverkan jämfört med prefabricerade. Ventilationskanalerna står för största delen av klimatpåverkan följt av ventilationsaggregat (Figur 11).

Klimatpåverkan från material och produkter som ingår i ventilationssystemet uppgår för kontorsbyggnad 2 till cirka 28 kg CO₂e/BTA.



Figur 12 Fördelning klimatpåverkan mellan material/produkter ingående i ventilationssystem kontorsbyggnad 2

Ventilationssystemet är FTX med behovsstyrd ventilation med aktiva don (ej kylbafflar). Två ventilationsaggregat placeras per våningsplan. Ökat antal ventilationsaggregat ger en betydande ökning av klimatpåverkan. Figur 12 visar att aggregaten står för nästan hälften av klimatpåverkan, följt av kanaler som nästan står för en tredjedel.

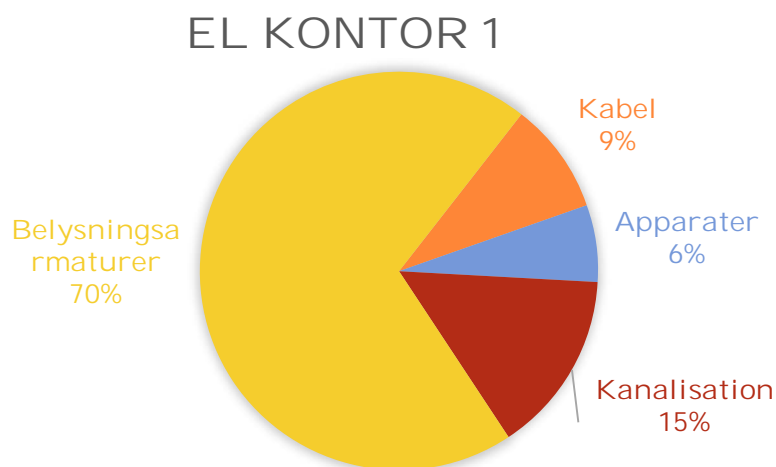
Tabell 12 Jämförelse klimatpåverkan för respektive del i ventilationssystem angivet som kg CO₂e/BTA

	Kontor 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Kontor 2 [kgCO ₂ e/BTA]
Kanaler	7,6	8,9
Isolering	0,2	3,2
Don, komponenter, ljuddämpare	1,6	2,3
Aggregat	5,2	13,5
Summa	14,7	27,9

Som framgår i tabell 12 är den största skillnaden mellan de två byggnaderna att härleda till de olika strategierna i uppbyggnad av ventilationssystemet där lösningen med våningsvisa aggregat medför högre klimatpåverkan. Aktivt val av isolering samt användning av kanaler som inte kräver extra isolering är förklaringen till den stora skillnaden mellan projektens klimatpåverkan från isolering.

EI

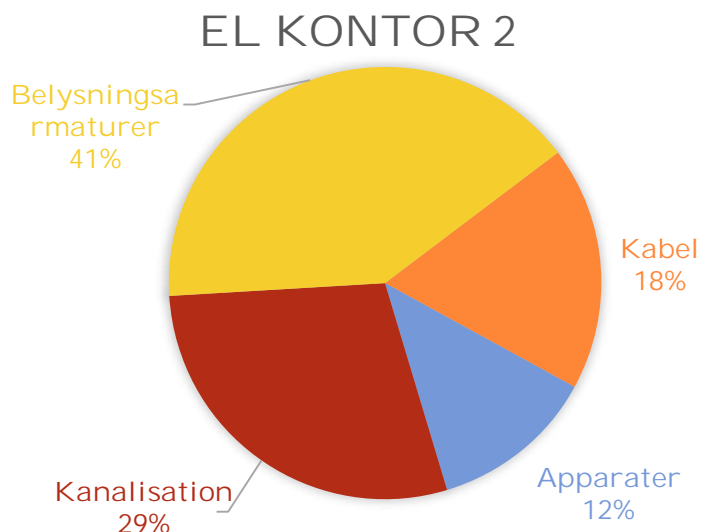
Klimatpåverkan från material och produkter som ingår i elsystemet uppgår för kontorsbyggnad 1 till cirka 11 kg CO₂e/BTA.



Figur 13 Fördelning klimatpåverkan mellan material/produkter ingående i elsystem kontorsbyggnad 1

Belysningsarmaturer utgör den största delen av klimatpåverkan inom elsystemet, detta följt av kanalisation (kabelstegar, fönsterbänkskanaler) och kabel (Figur 13). I kontor 1 har belysningsarmaturer inte varit helt specificerade vilket gjort att generiska värden för belysningsarmaturer till stor del använts.

Klimatpåverkan från material och produkter som ingår i elsystemet uppgår för kontorsbyggnad 2 till cirka 10 kg CO₂e/BTA.



Figur 14 Fördelning klimatpåverkan mellan material/produkter ingående i elsystem kontorsbyggnad 2

Även för kontor 2 utgör belysningsarmaturer den största delen av klimatpåverkan inom elsystemet, detta följt av kanalisation (kabelstegar, fönsterbänkskanaler) och kabel (Figur 14).

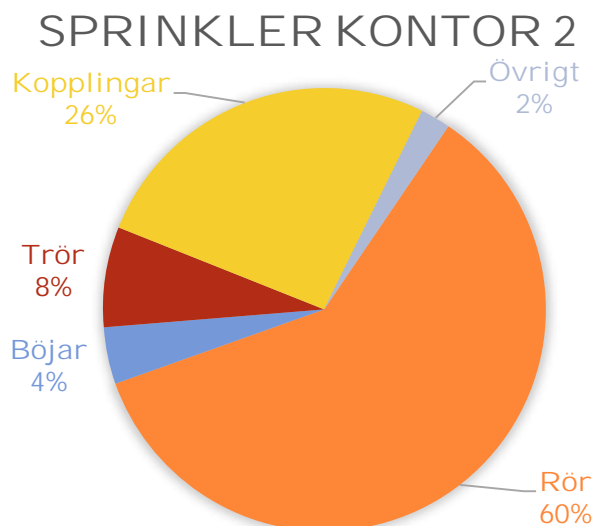
Tabell 13 Jämförelse klimatpåverkan för respektive del i elsystem angivet som kg CO₂e/BTA

	Kontor 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Kontor 2 [kgCO ₂ e/BTA]
Kabel	1,0	1,8
Apparater	0,7	1,3
Kanalisation	1,6	2,9
Belysningsarmaturer	7,4	4,1
Summa	10,6	10,1

I kontor 1 har belysningsarmaturer inte varit helt specificerade vilket gjort att generiska värden för belysningsarmaturer till stor del använts. I kontor 2 har mer specifika uppgifter och värden används för belysningsarmaturer vilket förklarar en del av den lägre klimatpåverkan som syns i tabell 13. Inom gruppen apparater ingår många olika komponenter som uttag, brytare, sensorer mm. Även när dessa olika produkter summeras utgör de endast en mindre del av totala klimatpåverkan. El-centraler utgör den största delen av klimatpåverkan inom gruppen apparater.

Sprinkler

För beräkning av klimatpåverkan från sprinklersystemen har det endast funnits detaljerad information för kontorsbyggnad 2 vilket innebär att det endast är kontorsbyggnad 2 som redovisas. Klimatpåverkan från material och produkter som ingår i sprinklersystemet uppgår för kontorsbyggnad 2 till cirka 9 kg CO₂e/BTA. I sammanställning ovan används samma uppgift för kontor byggnad 1 för att möjliggöra jämförelse på totalen.



Figur 15 Fördelning klimatpåverkan mellan material/produkter ingående i sprinklersystem i kontorsbyggnad 2

Rör och kopplingar utgör största delen. I gruppen övrigt ingår många olika komponenter som sprinklerhuvuden, ventiler mm. Även när dessa olika produkter summeras utgör de endast en mindre del av totala klimatpåverkan, vilket går att utläsa från Figur 15.

Tabell 14 Klimatpåverkan för respektive del i sprinklersystem angivet som kg CO₂e/BTA

	Kontor 2 [kg CO ₂ e/BTA]
Rör	5,6
Böjar	0,4
Trör	0,7
Kopplingar	2,4
Övrigt	0,2
Summa	9,3

En jämförelseberäkning utfördes som visade att lättviktsrör kan klimatpåverkan från rör ingående i sprinklerinstallationen minskas med cirka 20 %.

Hiss

Information om hissarnas klimatpåverkan är svår att utläsa från projektdokumentation och tillgänglig EPD. Det finns EPD från några tillverkare men det är stor variation mellan hissar då dessa ofta är projektunika. Det är därmed stor osäkerhet i dessa värden. Resultatet visar att klimatpåverkan från hissar i dessa två projekt varierar mellan cirka 3 kg CO₂e/BTA för kontor 1 och cirka 4 kg CO₂e/BTA för kontor 2.

Solceller

Solceller redovisas ibland som en del av elsystemet men väljs här att redovisas separat. Det är svårt att hitta specifik information om klimatpåverkan för olika produkter så Boverkets generiska värden har använts. Klimatpåverkan från solcellsanläggning är direkt relaterad till hur stor anläggning som byggs vilket utöver projektets storlek kan bero på många val och parametrar. Kontor 1 planerar att bygga en anläggning på cirka 960 m² med en klimatpåverkan på cirka 4 kg CO₂e/BTA och kontor 2 planerar att bygga en anläggning som är på cirka 570 m² och har en klimatpåverkan på cirka 6 kg CO₂e/BTA.

Utvärdering optimeringspotential

När byggnader som ingår i denna studie jämförs ger det vissa indikationer på system och materialval som kan ge högre respektive lägre klimatpåverkan. I denna studie tas det inte hänsyn till förändrade funktioner eller förändrad livslängd mm då det endast är produktions skedet A1-A3 som utvärderas. Det finns en mängd potentiella val och förändringar som inte utvärderas eller tas upp här då de inte studerats i tillräcklig detalj för att dra slutsatser. Några övergripande slutsatser kring systemutformning och val av produkter som kan minska klimatpåverkan beskrivs nedan.

Ventilationssystem

I ventilationssystemet ger det lägre klimatpåverkan om ventilationskanaler av stål byts till kanaler av pressad isolering, typ Climate recovery. Detta då Climate recovery har lägre klimatpåverkan än stål och eventuell isolering av stålkanaler kan utgå.

En av kontorsbyggnaderna har våningsvisa ventilationsaggregat vilket när det jämförs med kontorshuset med centralt placerade aggregat visar sig ha betydligt högre klimatpåverkan relaterat till använda material och produkter.

Värmesystem

En av kontorsbyggnaderna utformas med värmesystem utan radiatorer där uppvärmning istället sker via ventilation, detta ger lägre klimatpåverkan jämfört med byggnaden med radiatorsystem.

För flerbostadshuset är det svårare att dra några slutsatser mellan de olika systemvalen för uppvärmning, då andra produktval har större påverkan. Sanitetsporcelain och prefabricerade våtrumskassetter står för de största posterna inom gruppen värme och sanitet.

Isolering

För rör och ventilation ingår generellt stora mängder isolering, det är därmed av stor betydelse att isolering med låg klimatpåverkan väljs. Ofta är glasull ett alternativ med låg klimatpåverkan och det börjar även komma stenuull med lägre klimatpåverkan då produktionen ställs om. Det är därmed viktigt att följa utvecklingen och bevaka vilka tillgängliga material som finns.

Rör

Inom rörinstallationer finns det exempel som visar att det klimatpåverkan minskar när rör av metall byts till plaströr. I detta exempel är det rör i tappvattensystem som förändrats.

Belysningsarmaturer

Det är stor skillnad på klimatpåverkan från olika belysningsarmaturer. Klimatpåverkan är ofta relaterad till mängden material och denna skiljer mycket mellan olika produkter som ger samma ljusmängd. Det finns såklart andra skillnader mellan produkterna men visar att genom aktiva val av belysningsarmaturer kan klimatpåverkan påverkas då just belysningsarmaturerna är den största posten inom elsystemet för kontorsbyggnader.

Sprinkler

I sprinklerinstallationen kan sprinklerrören ofta bytas ut till lättviktsrör, detta är idag en relativt vanlig lösning som minskar mängden använt stål och därmed relaterad klimatpåverkan.

Hiss

Klimatpåverkan från hiss är ca 3-4 kgCO₂e/BTA för både bostäder och kontor. Beräkningsunderlaget har varit av generisk karaktär vilket medför utmaningar för optimering. För fortsatt utredning av klimatoptimering av hiss behövs fortsatta studier.

5. DISKUSSION

Beräkningar och underlag

Beräkningarna i denna studie är baserade på mängder från BIM-modeller. Detta gör att det går att få detaljerad information om mängd av material och produkter på ett relativt enkelt sätt. Det är dock endast system och produkter som projekteras i detalj som ingår när mängder hämtas från modeller. Vissa delar projekteras vanligtvis inte i detalj, exempelvis upphängning och infästning. Det är även vanligt att mängden kabel inte projekteras i detalj. För att få med denna typ av produkter behöver olika insatser göras vilket är tidskrävande, det krävs manuell handpåläggning då det inte är automatiserat.

En slutsats från detta arbete är att det är relativt tidskrävande att göra beräkningarna då det är många olika komponenter i installationssystemen. I flera av systemen, såsom el och sprinkler, ingår många små komponenter som även när de summeras endast utgör mindre delar. Det bör därmed i framtida beräkningar gå att utesluta dessa eller använda schabloner för påslag och istället fokusera på material och komponenter som står för större del av klimatpåverkan. I arbetet med att minska klimatpåverkan bör insatser fokuseras på de delar som utgör större påverkan och även då behöver dessa mindre påverkande komponenter inte inkluderas i detalj.

Om beräkningar baseras på kalkyl istället för BIM-modeller är det ofta enklare att använda schabloner och att räkna upp resultat utifrån täckningsgrad och därmed hantera stora mängder av små produkter.

Oavsett om beräkningar baseras på kalkyl eller BIM-modeller finns det risk att material och produkter inte kommer med i beräkningarna. I de utförda beräkningarna har inte täckningsgraden hanterats vilket blir en felkälla då det inte säkerställts att alla material är medräknade. Vidare för att minska risken att några material/produkter inte kommer med är det bra om de som utför beräkningarna är insatt i de tekniska installationerna och då kan identifiera delar som saknas. Det anses dock vara svårt att både vara insatt i alla tekniska system och byggdelar och samtidigt kunna utföra klimatberäkningar enligt regelverk.

Livscykelperspektiv

När beräkningar och utvärderingar görs utifrån klimatpåverkan under A1-A3 finns det en uppenbar risk för suboptimeringar då livslängd och möjlighet till att förlänga livslängden inte ingår i beräkning. Det finns idag exempelvis produkter som är demonterbara och anpassade för att kunna uppgraderas vilket är svårt att ta hänsyn till i denna typ av beräkning. Även möjligheten att materialåtervinna produkter är en viktig parameter som det inte tas hänsyn till. Det är parametrar som behövs tas hänsyn till vid utformning av system och val av produkter när olika alternativ jämförs.

På samma sätt som att beräkningarna inte tar hänsyn till livslängden tas det inte hänsyn till energiprestanda och klimatpåverkan relaterad till energianvändning. Även detta är något som den som projekterar och väljer produkter behöver ta hänsyn till.

6. SLUTSATSER

Sammanfattning av klimatpåverkan från material och produkter som ingår i installationssystem i flerbostadshus presenteras i tabell 15.

Tabell 15 Beräknade nyckeltal för flerbostadshus, utan uppräknig med avseende på täckningsgrad.

Disciplin	Flerbostadshus 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Flerbostadshus 2 [kgCO ₂ e/BTA]
Värme och sanitet	4	8
Luftbehandling	8	6
El	(4)	4
Styr	0,2	(0,2)
Hiss	3	4
Summa	19	22

För att sätta resultatet i relation till övriga byggdelar anges det i Boverkets referensvärden (Malmqvist, et. al, 2021) att medelvärdet för flerbostadshus klimatpåverkan uppgår till 260 kg CO₂e/BTA för byggdelar ingående i klimatdeklaration 2022. Installationssystemens klimatpåverkan utgör enligt beräkningar i denna studie cirka 8% av den totala klimatpåverkan. Detta ligger i linje med de resultat som identifierats i litteraturstudien, även om det blir grova jämförelser med de nyckeltal som är presenterade i andra enheter.

Sammanfattning av klimatpåverkan från material och produkter som ingår i installationssystem i kontor presenteras i tabell 16.

Tabell 16 Beräknade nyckeltal för kontorsbyggnader, utan uppräknig med avseende på täckningsgrad.

	Kontor 1 [kgCO ₂ e/BTA]	Kontor 2 [kgCO ₂ e/BTA]
El	9	10
Ventilation	14	28
Rör	9	3
Sprinkler	9	9
Hiss	3	4
Solceller	4	6
Summa	48	60

För att sätta dessa värden i relation till övriga byggdelar anges det i Boverkets referensvärden att kontorsbyggnaders klimatpåverkan ofta uppgår till knappt 250kg CO₂e/BTA för byggdelar ingående i klimatdeklaration 2022. Installationssystemens klimatpåverkan utgör enligt beräkningar i denna studie upp till 20 % av totala klimatpåverkan. Resultat är i samma storleksordning som data från andra beräkningar vilka identifierats i litteraturstudie.

Från dessa sammanställningar är det tydligt att beroende på val av systemuppbyggnad i de två kontorsprojekten varierar klimatpåverkan mycket.

Det är relativt enkelt att få data om mängder för material och produkter ingående i BIM-modeller men det krävs relativt mycket arbete för att räkna om till jämförbara enheter och hitta information om produkter och relaterad klimatpåverkan. Det finns god potential att förenkla dessa beräkningar och process genom att utveckla verktyg och arbetssätt.

Det finns få produkter som har specifik information om klimatpåverkan i form av EPD eller PEP. Det finns till viss del generiska data för olika produktgrupper, dessa är dock mycket grova och anses medföra stora felkällor.

Avgränsningarna som görs i beräkningar både när det gäller skede och ingående system/produkter påverkar resultatet i stor utsträckning. Det är viktigt att ange förutsättningar för att kunna jämföra resultat.

8. LITTERATURFÖRTECKNING

Bionova (2021). One Click LCA, program för LCA-beräkningar i byggprojekt.

Boverket (2021). Klimatdeklaration av byggnader.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/klimatdeklaration/>

Hämtad 2021-05-04.

Boverket (2020). Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader.

<https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/publikationer/2020/utveckling-av-regler-om-klimatdeklaration-av-byggnader/> Hämtad 2021-05-04.

IVL Svenska Miljöinstitutet (2020). Anvisningar för LCA-beräkning i byggprojekt.

<https://www.ivl.se/projektwebbar/klimatkrav-till-rimlig-kostnad/anvisningar-lca-berakning-byggprojekt.html> Hämtad 2022-11-30.

IVL Svenska Miljöinstitutet (2016). Rapport B 2260 - Byggnadens klimatpåverkan. Larsson, M., Erlandsson, M., Malmqvist, T., Kellner, J.

Jerléus, K. (2020). *Ett ventilationssystem miljöpåverkan*. Examensarbete Linneuniversitetet

Kiamili, C., Hollberg, A., Habert, G. (2020). *Detailed Assessment of Embodied Carbon of HVAC Systems for a New Office Building Based on BIM*

Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J., Erlandsson, M. (2021). *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader*

Naturvårdsverket (2022). *Klimatet och bygg- fastighetssektorn*

<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomstallningen/omraden/klimatet-och-bygg--och-fastighetssektorn/> Hämtad 2022-11-30

Sweden Green Building Council (2021) NollCO2 Baseline och gränsvärden juni 2021 icke konservativa värden.

[Manualer och ramverk för NollCO2 - Sweden Green Building Council \(sgbc.se\)](https://www.sgbc.se/Manualer-och-ramverk-for-NollCO2)

Ylmén, P., Peñaloza, D., Mjörnell, K. (2019). *Life Cycle Assessment of an Office Building Based on Site-Specific Data*