

# MASTEROPPGAVE

<p>MASTEROPPGAVENS TITTEL</p> <p>Klimagassutslipp knyttet til VVS-installasjoner for et eksisterende norsk skolebygg</p> <p>- En LCA-studie av Urtekvartalet Fabrikken</p>	<p>DATO</p> <p>25.05.2022</p>
<p>FORFATTER</p> <p>Marianne Christiansen</p>	<p>ANTALL SIDER/ANTALL VEDLEGG</p> <p>47/7</p>
<p>UTFØRT I SAMARBEID MED</p> <p>Forskningsprosjektet Grønn VVS</p>	<p>VEILEDER</p> <p>Dimitrios Kranitois</p> <p>KONTAKTPERSON</p> <p>Anders Liaøy</p>

<p>SAMMENDRAG</p> <p>Klimagassutslipp fra VVS-installasjoner er underrapportert på grunn av manglende kunnskap og data-grunnlag. Formålet med denne oppgaven er å undersøke VVS-installasjoner sin påvirkning på et klimagass-regnskap til et eksisterende norsk skolebygg. Dette ble utført ved en grundig livsløpsanalyse av de bundne fasene og energibruk i drift for en case-bygning.</p> <p>Beregningene viser at VVS-installasjoner står for 184 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>BTA, hvorav ca. 67 prosent av utslippene er knyttet til materialer og ca. 31 prosent til energibruk. Resultatene fra de tre ulike scenarioene indikerer at VVS-installasjoner står for 22-38 prosent av utslippene knyttet til nybygg og 51-82 prosent til et rehabiliteringsbygg.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>3 STIKKORD</p>
<p>VVS-installasjoner</p>
<p>Klimagassberegning</p>
<p>Miljødeklarasjoner</p>

## Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen av masterprogrammet Energi og miljø i bygg - Sivilingeniør ved OsloMet - Storbyuniversitetet.

Oppgaven er utarbeidet i samarbeid med forskningsprosjektet Grønn VVS, der formålet har vært å undersøke klimagassutslippet knyttet til VVS-installasjoner for en eksisterende skolebygning i Norge. Jeg vil takke hele Forskningsgruppen Grønn VVS for relevante og spennende litteraturer.

Jeg vil takke mine interne veiledere Dimitrios Kraniotis, Peter Schild og Ann Karina Lassen for god veiledning og innspill, ukentlige møter og oppfølging gjennom hele oppgaveprosessen. Jeg vil også takke eksterne veileder Anders Liaøy, Mads Mysen, Simon Utstøl og Christian Steneng for jevnlig møter, engasjement, tilsendt case-bygning og materialuttak samt faglig veiledning gjennom arbeidet.

Arbeidet gjennom denne oppgaven har vært utfordrende og spennende. Jeg vil til slutt takke mine medstudenter Amanda Godnes Iversen og Margrete Rødland som har også deltatt i forskningsprosjektet Grønn VVS. Takk for et godt samarbeid, gode diskusjoner og støttespillere gjennom hele prosessen. Mitt engasjement for det grønne skiftet i byggebransjen har gjennom dette arbeidet blitt enda større.

Marianne Christiansen

Marianne Christiansen

Oslo, 25 mai 2022

---

## Sammendrag

Dagens klimagassutslipp må reduseres dersom målet om en global oppvarming under 2 eller 1,5 grader i henhold til Paris-avtalen skal nås. Klimagassutslipp knyttet til VVS-installasjoner er i dag under-rapportert på grunn av manglende kunnskap og datagrunnlag. Formålet med denne oppgaven er å undersøke VVS-installasjoner sin påvirkning på klimagassregnskap til et eksisterende norsk skolebygg. Dette ble utført ved en grundig livsløpsanalyse av de bundne fasene og energibruk i drift for en case-bygning, der det ble skilt mellom dimensjon og størrelser på rør, kanaler og VVS-utstyr.

Funn fra tidligere studier indikerer at VVS-installasjoner står for en betydelig del av det totale utslippet til bygget. Flere av studiene konkluderer med at ”utskiftning” er den modulen som utgjør mest, da komponenter byttes ut opp til flere ganger i løpet av estimert levetid for bygget. Bruken av miljødeklarasjoner varierer. Flere studier konkluderer med at generiske verdier ikke er egnet for VVS-installasjoner.

Gjennom et script i programvaren Revit ble et materialuttak fra en bygningsmodell importert til et Excel-dokument. I dette dokumentet ble livsløpsregnskapet til alle komponentene utført i henhold til standarder og rammeverk. Miljødata ble samlet fra flere Europeiske programoperatører og databaser, med et mål å benytte mest mulig produktspesifikke miljødeklarasjoner. Enkelte miljødeklarasjoner omfattet ikke hele produktets livsløp, disse deklarasjonene ble supplert i One Click LCA. Det ble i tillegg utarbeidet et tilnærmet referansebygg i verktøyet Carbon Designer for å få en indikasjon på hvor mye VVS-installasjoner utgjør av det totale klimagassutslippet til et bygg. Resultatene ble også vurdert opp mot to referanseverdier for klimagassutslipp fra skolebygg utarbeidet av Asplan Viak og ZEN.

Beregningene for case-bygningen viser at VVS-installasjoner står for 184 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>BTA, hvorav ca. 67 prosent av utslippene er knyttet til materialer og ca. 31 prosent til energibruk. Resultatene fra de tre ulike scenarioene indikerer at VVS-installasjoner står for 22-38 prosent av utslippene knyttet til nybygg og 51-82 prosent til et rehabiliteringsbygg. I samsvar med tidligere studier er ”utskiftning” den modulen som utgjør mest. Luftbehandling er den bygningsdelen med størst utslipp, der aggregater og kanaler utgjør en stor andel av utslippene. I tillegg utgjør stålrør en større andel av utslippet sammenlignet med plastrør i denne studien, da både levetiden er lengre og vekten er lavere.

---

## Abstract

Today's greenhouse gas emissions must be reduced if the goal of global warming below 2 or 1.5 degrees, according to the Paris Agreement, is to be achieved. Greenhouse gas emissions related to HVAC installations are currently underreported due to a lack of knowledge and data basis. The purpose of this thesis is to investigate HVAC installations' impact on greenhouse gas accounts for an existing Norwegian school building. This was done by a life cycle analysis of the bound phases and energy use for a case building.

Findings from previous studies indicate that HVAC installations account for a significant part of the total emissions to the building. Several of the studies conclude that "replacement" is the module that makes up the most, as components are replaced up to several times during the estimated life of the building. The use of environmental declarations varies. Several studies conclude that generic values are not suitable for plumbing installations.

Through a script in the software Revit, a material extract from a building model was imported into an Excel document. In this document, the life cycle accounts of all components were performed in accordance with standards and frameworks. Environmental data was collected from several European program operators and databases, with the aim of using as many product-specific environmental declarations as possible. Some environmental declarations do not cover the entire product life cycle, these declarations were supplemented in One Click LCA. In addition, an approximate reference building was prepared in the tool Carbon Designer to get an indication of how much HVAC installations make up of the total greenhouse gas emissions of a building. The results were also assessed against two reference values for greenhouse gas emissions from school buildings prepared by Asplan Viak and ZEN.

The calculations for the case building show that HVAC installations account for 184 kgCO<sub>2</sub>equ / m<sup>2</sup>BTA, of which approx. 67 percent of the emissions are related to materials and approx. 31 percent for energy use. The results from the three different scenarios indicate that HVAC installations account for 22-38 percent of the emissions associated with new buildings and 51-82 percent with rehabilitation building. According to previous studies, "replacement" is the module that makes up the most. Air treatment is the part of the building with the largest emissions, where air handling units and ducts make up a large proportion of the emissions. In addition, steel pipes make up a larger proportion of the emissions compared with plastic pipes in this study, as both the service life is longer and the weight is lower.

# Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>9</b>
1.1	Bakgrunn . . . . .	9
1.2	Formål og delmål . . . . .	9
1.3	Omfang . . . . .	10
1.3.1	Avgrensninger . . . . .	10
1.3.2	Begrensninger . . . . .	10
1.4	Disposisjon . . . . .	10
<b>2</b>	<b>State of the Art</b>	<b>12</b>
2.1	Livsløpsanalyse . . . . .	12
2.1.1	Rammeverk og standarder . . . . .	13
2.1.2	Livsløpsanalyse steg for steg . . . . .	14
2.1.3	Miljømerking . . . . .	15
2.1.4	Miljødeklarasjon III . . . . .	16
2.1.5	One Click LCA . . . . .	17
2.2	Klimagassutslipp fra bygg- og anleggsektoren . . . . .	18
2.2.1	VVS-installasjoner i bygg . . . . .	21
2.3	Tidligere studier . . . . .	22
2.3.1	Sammenligning av tidligere studier . . . . .	25
<b>3</b>	<b>Metode</b>	<b>26</b>
3.1	Beskrivelse av Urtekvartalet Fabrikken . . . . .	26
3.2	Fremgangsmåte for LCA . . . . .	28
3.2.1	Hensikt og omfang . . . . .	28
3.2.2	Innsamling av miljødata og beregninger . . . . .	28
3.2.3	Energibruk i drift . . . . .	31
3.2.4	Antagelser i beregningene . . . . .	32
3.2.5	Følsomhetsanalyse og egenkontroll . . . . .	32
3.3	Håndtering av EPD . . . . .	33
3.4	Tilpasset referansebygg . . . . .	34
<b>4</b>	<b>Resultater</b>	<b>35</b>
4.1	Totalt utslipp fra VVS-installasjoner . . . . .	35
4.2	Betydningen av VVS-installasjoner for et bygg . . . . .	37
4.3	Sanitær . . . . .	37
4.4	Varme . . . . .	39
4.5	Brann . . . . .	40
4.6	Luftbehandling . . . . .	42
4.7	Komfortkjøling . . . . .	43

4.8	Følsomhetsanalyse for livsløpsanalysen . . . . .	45
4.8.1	Miljødata . . . . .	45
4.8.2	Usikkerheter til energibruk i drift: . . . . .	45
4.8.3	Usikkerheter til aggregatets levetid: . . . . .	46
<b>5</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>47</b>
5.1	Overføring av bygningsmodell til LCA for VVS-installasjoner . . . . .	47
5.2	Håndtering av valg EPDer for VVS-installasjoner . . . . .	48
5.3	Hovedfunn for case-studiet . . . . .	48
5.3.1	Total utslipp for bygningsdelene . . . . .	48
5.3.2	Utslipp for VVS-komponenter . . . . .	49
5.3.3	VVS-installasjon sin påvirkning på klimaregnskapet . . . . .	50
5.4	Samsvar med tidligere studier . . . . .	52
5.5	Mulige usikkerheter og mangler . . . . .	54
<b>6</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>55</b>
<b>7</b>	<b>Forslag til videre arbeid</b>	<b>56</b>
	<b>Referanseliste</b>	<b>57</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>61</b>
<b>A</b>	<b>Omfang av komponenter og mengder</b>	<b>61</b>
<b>B</b>	<b>Parametere i materialuttaket</b>	<b>63</b>
<b>C</b>	<b>Utsnitt av beregningene i Excel</b>	<b>64</b>
<b>D</b>	<b>Liste over EPDer</b>	<b>66</b>
D.1	Alle EPDer og generiske verdier benyttet i oppgaven . . . . .	66
D.2	Sanitær . . . . .	69
D.3	Varme . . . . .	70
D.4	Brann . . . . .	71
D.5	Luftbehandling . . . . .	72
D.6	Komfortkjøling . . . . .	73
<b>E</b>	<b>Omregninger</b>	<b>74</b>
E.1	Sanitær . . . . .	74
E.2	Varme . . . . .	77
E.3	Brann . . . . .	79
E.4	Luftbehandling . . . . .	80
E.5	Komfortkjøling . . . . .	82

<b>F Energibruk i drift</b>	<b>84</b>
F.1 Nedre estimat . . . . .	84
F.2 Øvre estimat . . . . .	85
F.3 Utslipp for middelveiden av øvre- og nedre estimat . . . . .	86
<b>G Inndata - Carbon Designer</b>	<b>87</b>

## Ordliste

**Budne utslipp:** Utslipp knyttet til modulene for produksjon (A1-A3), transport (A4), installasjon (A5), utskiftning (B4) og sluttstadiet (C1-C4)

**Bygningsinformasjonsmodellering (BIM):** Informasjon om et bygg i digitale 3D-modeller.

**Ecoinvent:** LCA database

**Environmental Produkt Declaration (EPD):** Et kortfattet dokument som beskriver miljøegenskapen til et produkt eller tjeneste. På norsk kalles det ”miljødeklarasjon”.

**Funksjonell levetid:** Den tiden bygningen eller bygningsdelen tilfredsstiller den forutsatte funksjonen.

**Global oppvarmingspotensial (GWP):** et mål på oppvarmingseffekt de ulike klimagassene har på atmosfæren

**Livsløpsanalyse (LCA):** En metode for å bedømme potensielle miljøbelastning av et produkt eller en tjeneste gjennom hele dets livsløp.

**Livsløpseffektvurdering (LCIA):** Inventaren av den samlet dataen evalueres for å gjøre resultatet fra LCI mer meningsfullt.

**Livsløpsregnskap (LCI):** LCA-data blir samlet, struktureret og beregnet for å oppnå resultater for systemet som studeres.

**Miljødata:** setter miljøtilstanden til et produkt og vurderer behov for å evaluere virkninger av miljøtiltak.

**Naviate Simple BIM:** BIM-redigeringsprogram

**Produktkategoriregel (PCR)** Beskriver metoden på hvordan en hvordan en miljødeklarasjon skal beregnes, verifiseres og presenteres.

**Revit:** Et BIM-verktøy for arkitektur, EL- og VVS-prosjektering, bygg og konstruksjon.

**Solibri:** Et verktøy for blant annet å analysere, visualisere og kvalitetssikre BIM-filer.

**TEK 17:** Byggeteknisk forskrift som beskriver minimumskrav av egenskaper et bygg skal ha for å kunne oppføres i Norge lovlig.



**VVS-installasjoner:** En samlebetegnelse for alle bygningsdeler i kapittel 3 i bygningstabellen NS 3451:2022.

**Økonomisk levetid:** Den tiden bygningen eller bygningsdelen kan utnyttes uten at det er økonomisk å skifte ut, bygge om eller rive.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Aldri før har gjennomsnittstemperaturen på jorda vært høyere [1]. FNs klimapanelts sjettede hovedrapport fastslår en øking i de globale klimagassutslippene, noe som kan medføre en global oppvarming på 3,2 grader innen 2100 [2]. De globale utslippene må nå toppen mellom 2020 og 2025 om vi skal nå Parisavtalen om å begrense global oppvarming på under 2 grader, og helst mot under 1,5 grader.

Globalt står bygg- og anleggsektoren for 16 prosent av det totale klimagassutslippene [2]. I Norge estimeres utslipp knyttet til bygg og anlegg å være 15,3 prosent av landets klimagassutslipp i 2017 [3]. Norge har et mål om å redusere klimagassutslipp med 50 til 55 prosent innen 2030 sammenlignet med nivået i 1990 [4]. Byggesektoren må derfor redusere utslippene for at Norge skal nå sine klimamål.

Material- og energiforbruk for VVS-installasjoner er i dag underrapportert på grunn av manglende datagrunnlag og kunnskap. Forskningsprosjektet Grønn VVS har et mål å oppnå minst 50 prosent reduksjon av klimagassutslipp for VVS-installasjoner sammenlignet med dagens bransjestandard [5]. Prosjektet er delt inn i fire arbeidspakker. Formålet med arbeidspakke 1 er å fremskaffe et troverdig kunnskapsgrunnlag og etablere representative referanseverdier knyttet til VVS-installasjoner.

## 1.2 Formål og delmål

Som en del av arbeidspakke 1 er formålet med denne oppgaven følgende:

**Undersøke VVS-installasjoner sin påvirkningen på klimagassregnskapet til et eksisterende norsk skolebygg**

For å svare på dette formålet, skal oppgaven gjennomføre følgende delmål:

1. Kartlegge nåværende kunnskap om LCA for VVS-installasjoner
2. Overføring av bygningsmodell til LCA for VVS-installasjoner
3. Håndtering av valg av miljødeklarasjoner for VVS-installasjoner
4. Etablere representativ referanseverdier for VVS-installasjoner

Et utvalg av tidligere studier ble analysert for å kartlegge nåværende kunnskap om klimagassutslipp knyttet til VVS-installasjoner. Videre ble ulike programvarer for overføring av bygningsmodell til LCA testet, der den mest egnet ble benyttet. De to siste delmålene besvares ved å utføre en grundig livsløpsanalyse for VVS-installasjoner til en case-bygning. Avslutningsvis sammenlignes resultatene fra analysen med tidligere studier.

### 1.3 Omfang

Dette er en masteroppgave og bør ses på som et første forsøk fra studentsiden til å beregne livsløpsanalyse for VVS-installasjoner, samt å bruke verktøy som One Click LCA. For at det skal være realistisk å gjennomføre oppgaven innen den gitte tidsrammen, samt å ende med et sluttprodukt av interesse for forskningsmiljøet knyttet til Grønn VVS, har det blitt foretatt flere avgrensninger i oppgaven. Det er også begrensninger knyttet til tid og forkunnskaper som har påvirket oppgavens utforming.

#### 1.3.1 Avgrensninger

Studien avgrenser seg til en case-bygning tildelt fra forskningsgruppen, med hovedfokus på bygningsdelene 31. sanitær, 32. varme, 33.brann, 36.luftbehandling og 37. komfortkjøling. I tillegg avgrenser denne oppgaven til å kun beregne de budne utslippene samt energibruk i drift. Beregningene inkluderer kun komponenter fra materialuttaket tilsendt fra forskningsgruppen, og avgrenses til miljøpåvirkningen global oppvarmingpotensial (GWP). Det er kun miljømerking type III som benyttes i denne oppgaven.

#### 1.3.2 Begrensninger

Denne studien begrenser seg til ca. 20 uker arbeid. Det oppstod en del utfordringer med materialuttaket for VVS-installasjoner, som medførte at materialuttaket ikke ble tilsendt før andre uken av Mars. Dette førte til at denne prosessen tok mer tid enn estimert. Det er i tillegg begrenset kunnskap om case-bygningen, da det kun er tilsendt en materialliste, SIMIEN-fil og kravspek.

### 1.4 Disposisjon

Oppgavens struktur tar for seg følgende kapitler:

**Innledning:** Her begrunnes bakgrunnen for oppgaven, formål, delmålene og omfanget til oppgaven. Kapitlet avsluttes med en beskrivelse av oppgavens strukturelle oppbygning.

**State of the Art:** Dette kapitlet tar først for seg teori om livsløpsanalyser, miljømerking og One Click LCA. Videre beskrives klimagassutslipp for bygg- og anleggsektoren, der VVS-installasjoner i bygg beskrives. Til slutt analyseres et utvalg av tidligere studier.

**Metode:** Denne delen beskriver hvilke case-studie som analyseres, fremgangsmåten for livsløpsanalyse, håndtering av EPDer og det tilpassende referansebygget.

**Resultater:** Dette kapitlet tar for seg resultater fra livsløpsanalysen knyttet til VVS-installasjoner for case-bygningen, og tilpasset referansebyggene utarbeidet i Carbon Designer.

**Diskusjoner:** I denne delen av oppgaven diskuteres resultatene og delmålene presentert i innledningen.

**Konklusjon:** Her konkluderes formålet og delmålene, der de viktigste funnene fra analysen presenteres. Oppgaven avsluttes med et forslag til videre arbeid for klimagassutslipp knyttet til VVS-installasjoner.

## 2 State of the Art

Dette kapittelet vil gå inn på livsløpsanalyse, rammeverk og standarder, miljømerking, miljødeklarasjoner og One Click LCA. Videre tar dette kapitlet for seg klimagassutslipp for bygg- og anleggsektoren, der VVS-installasjoner beskrives. Til slutt presenteres et utvalg av tidligere studier, som sammenlignes i underkapittel 2.3.1.

### 2.1 Livsløpsanalyse

Livsløpsanalyse (LCA) er en metode for å bedømme potensielle miljøbelastning av et produkt eller en tjeneste gjennom hele dets livsløp [6]. Ved en LCA defineres blant annet hvilken miljøpåvirkning som er viktigst i et system, hvor i livsløpet de viktigste miljøpåvirkningene oppstår samt den totale miljøbelastningen til produktet eller tjenesten [7]. Tabell 2.1 viser organisering av ulike moduler til å vurdere bygningen i henhold til NS-EN 15978 og NS-EN 15804 [8].

Tabell 2.1: Informasjon om bygningens livsløps [8]

INFORMASJON OM BYGNINGENS LIVSLØP					Tilleggsinformasjon utover bygningens livsløp
Modul	A1-A3	A4-A5	B1-B8	C1-C4	D
	Produktstadiet	Gjennomføringsstadiet	Bruksstadiet	Livsløpets sluttstadiet	Fordeler og ulemper utover systemgrensen
	A1- Råmaterialer A2 - Transport A3 - Produksjon	A4 - Transport A5 - Bygging /installering	B1 - Bruk B2 - Vedlikehold B3 - Reparasjon B4 - Utskiftning B5 - Ombygning B6 - Energibruk i drift B7 - Vannforbruk i drift B8 - Transport i drift	C1 - Demontering C2 - Transport C3 - Avfallsbehandling C4 - Avhending	Material- og energigjenvinning og ombruk av materialer og eksport av egenprodusert energi

Produktstadiet er knyttet til utslipp fra produksjon av råmaterialer (A1), transport av råmaterial til fabrikk (A2) og produksjonen av materialet i fabrikk (A3). I gjennomføringsfasen transporteres produktet til byggeplass (A4) og produktet blir installert eller bygget (A5). Bruksstadiet (B1-B8) innebærer perioden fra da produktet blir tatt i bruk før det rives. Sluttstadiet (C1-C4) er den perioden hvor bygget rives fra demontering til avhending. Dersom noen av materialene kan gjenbrukes tas det i beregningene etter endt levetid (D).

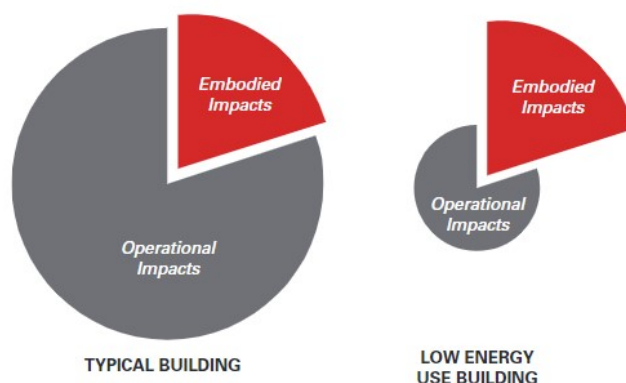
En LCA kan regne deler av livsløpet eller hele avhengig av hva som ønskes å analyseres [9]. Disse er som følgende:

- Vugge til port
- Vugge til stedet
- Vugge til grav

- Vigge til vugge

”Vugge til port” beregner kun produksjonsstadiet (A1-A3), ”vugge til stedet” inkluderer gjennomføringsstadiet (A1-A5). Når bruks- og sluttstadiet tas med, kalles det ”vugge til grav” (A1-C4), mens ”vugge til vugge” inkluderer fase D [10].

Utslippene deles inn i bundne og ikke-bundne utslipp. De bundne utslippene tilhører modulene for produksjon (A1-A3), transport (A4), installasjon (A5), utskiftning (B4) og sluttstadiet (C1-C4). De ikke-bundne utslippene er klimagassutslipp knyttet til modulene i bruksstadiet, untatt utskiftning (B4). Figur 2.1 viser hvor betydelig de bundne utslippene er ved et lavenergi bygg sammenlignet med en tradisjonell bygning [10].



Figur 2.1: Mengde bunden og ikke-bunden utslipp til et tradisjonell- og lavenergi bygning [10]

### 2.1.1 Rammeverk og standarder

Det er publisert flere standarder knyttet til livsløpsanalyser og miljødeklarasjoner på Standard Norge. NS-EN ISO 14040 og NS-EN ISO 14044 er de to overordnende rammeverket for livsløpsanalyse [11]. NS- EN ISO 14040 beskriver prinsipper og rammeverk for LCA, mens NS-EN ISO 14044 spesifiserer krav og gir retningslinjer for LCA.

De internasjonale standardene i ISO 14020-serien tar for seg standarder for miljømerking. NS-EN ISO 14021:2016 omfatter miljømerking type II. NS-EN 14024:2018 tar for seg miljømerke I, mens NS-EN ISO 14025:2010 omfatter type III. Den sistnevnte standarden definerer krav til hvordan en miljødeklarasjon skal lages. Den europeiske standarden NS-EN 15804 avgir metodiske regler for utarbeidelse av miljødeklarasjonene, mens NS-EN 15942 avgir et format for en miljødeklarasjon [11].

Den norske standarden NS 3720:2018 angir en beregningsmetode for klimagassberegning for bygninger. Denne standarden bygger på den europeiske standarden NS-EN 15978, men begrenses til beregning av klimagasser [8]. NS-EN 15978 angir derimot en beregningsmetode basert på livsløpsvurdering og andre kvantifiserte miljødata for å vurdere bygningens miljøpresentasjon [12].

### 2.1.2 Livsløpsanalyse steg for steg

En LCA innebærer i følge ISO 14044 fire faser: fastsettelse av hensikten og omfang, livsløpsregnskapsfasen (LCI), livsløpseffektvurderingsfasen (LCIA), og tolkningsfasen [13]. Figur 2.2 illustrerer disse fasene.



Figur 2.2: Fasene for en LCA [14]

Første steget i en LCA er å fastsette hensikt og omfang av analysen. Hensikten skal angi den tiltenkte anvendelsen, årsakene til å gjennomføre studien, tiltenkt målgruppe og avgjøre om resultatene skal offentliggjøres [13]. Omfanget skal definere systemgrenser og detaljeringsnivå. Her fastlegges det hva som inngår i analysen og hva som ekskluderes, som for eksempel hvilke faser og systemer som inngår i analysen. Hva som inngår i analysen kan variere i stor grad. Noen analyser sammenligner kun to ulike produkter eller systemer for å se hvilke som gir ut minst utslipp. I andre analyser analyseres hele bygninger for å evaluere det totale klimagassutslippet.

Videre må den funksjonelle enheten defineres i første steg når hele livsløpet inkluderes. Dette er en referanseenhet i en livsløpsvurdering og gjør det mulig å sammenligne ulike produkter. Dersom kun fasene «vugge til port» analyseres må det benyttes en deklarerert enhet. Den deklarererte enheten er knyttet til masse, og vil ikke være sammenlignbar som den funksjonelle enheten [13].

Når hensikten og omfanget er definert, er neste fase selve livsløpsregnskapet. Her blir dataen samlet, strukturert og beregnet for å oppnå resultater for systemet som studeres [10]. Det er viktig å få med alle inngang- og utgangsdata i systemet, som for eksempel materialer og energi. Basert på den funksjonelle enheten blir dataene beregnet til utslipp og/eller avfall. I livsløpseffektvurderingsfasen evalueres inventaret av dataen som er samlet. Dette gjør resultatet mer meningsfullt, da faktorene i LCI oversettes til kun miljøpåvirkninger [10].

Den siste fasen er tolkningsfasen. Her tolkes resultatene fra analysen sammen med de opprinnelige målene og omfanget [15]. Det skal også vurderes hvor komplett studien har vært, definere usikkerheter og identifisere utfordringer under LCI- og LCIA-fasen. Til slutt skal det gis en konklusjon med begrensninger til analysen og anbefalinger.

I henhold til NS 3720:2018 skal det utføres en følsomhetsanalyse, der følsomheten til resultatene blir undersøkt basert på variasjoner i datagrunnlag og valg av forutsetninger [8]. Analysen skal avdekke resultatenes robusthet som følge av datakvalitet eller valg av forutsetning. Videre skal det se om det er en sammenheng mellom formålet med vurdering og systemgrenser. Til slutt skal det undersøke om det er samsvar mellom scenarioene på bygningsnivå og produktnivå.

### 2.1.3 Miljømerking

For å kunne identifisere hvor miljøvennlig et produkt eller tjeneste er, har den internasjonale standardiseringsorganisasjonen laget en egen serie av standarder for miljømerking [16]. Miljømerking kategoriseres inn i tre ulike typer:

- Type I: Miljømerking
- Type II: Selverklærte miljøpåstander
- Type III: Miljødeklarasjoner

Type I kan ha flere kriterier til miljøkrav, men skal utvikles i henhold til ISO 14024 [17]. Merket skal sertifiseres av en uavhengig tredjepart. Svanemerket, EU-Blomsten og Blåe Ángel er eksempler på miljømerking type I [18]. Type II er selverklærte miljøpåstander, der produsenten selv har testet og undersøkt sine produkter. Type III er tredjeverifisert miljømerking. Mer informasjon om dette i påfølgende underkapittel.



### 2.1.4 Miljødeklarasjon III

En miljødeklarasjon III er et kortfattet dokument som beskriver miljøegenskapene til et produkt [19]. Dette kalles også for en miljødeklarasjon, miljøvaredeklarasjon (MVD) og EPD (Environmental Product Declaration). Miljødeklarasjonen utarbeides i henhold til internasjonale standarder som ISO 14025:2006, ISO 14040:2006, ISO 14044:2006 og ISO 21930:2007. Dokumentet omfatter ressursforbruk og miljøpåvirkninger gjennom produktets livsløp.

For at et dokument skal bli godkjent som en miljødeklarasjon, må den være godkjent av en uavhengig tredjepart [19]. Den skal være sammenlignbar da den utvikles i henhold til standarder, og den skal være adderbare slik at miljødeklarasjonen kan brukes i større prosjekter.

Ved en klimagassberegning samles global oppvarmingspotensiale (GWP) fra miljødeklarasjonene. Dette er et mål på oppvarmingseffekten som de ulike klimagassene har på atmosfæren [20]. Klimagassene karbondioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), lystgass (N<sub>2</sub>O) og fluorgasser (HKF, PFK, SF<sub>6</sub>) har ulike oppvarmingseffekter og levetid i atmosfæren. Derfor måles global oppvarming i CO<sub>2</sub> ekvivalenter, slik at utslipp kan sammenlignes.

I 2002 etablerte NHO og BNL stiftelsen EDP-Norge [19]. Stiftelsen skal ivareta Norges EPD-ordning og er programoperatør for miljødeklarasjoner i Norge. På deres nettside publiseres godkjente miljødeklarasjoner. Produktkategoriregel (PCR) beskriver metoden på hvordan en miljødeklarasjon skal beregnes, verifiseres og presenteres. Dette gjøres i henhold til standarden NS-EN 15804 og sikrer at EPDer bearbeides likt. Et PCR-dokument må være publisert før det kan utarbeides en miljødeklarasjon til et spesifikk produkt. Per i dag er 34 PCRer publisert på EPD Norge sin hjemmeside. Av disse er én for ventilasjon som ble publisert i 2021: «NPCR 030:2021 Part B for ventilation components».

En miljødeklarasjon er bygd opp av flere scenarier. Disse scenarioene er basert på antagelser for det som skal skje i fremtiden [8]. Miljødeklarasjonen skal inneholde hvilke typer scenarier som benyttes til beregning av utslipp. Dette inkluderer scenarier til blant annet transport, monterings- og byggefase, brukstiden, sluttstadiet samt gevinst og belastning [21].

NS 3720:2018 skiller mellom nivå 1 og 2 for datakvalitet til miljødeklarasjoner. Nivå 1 er spesifikke data som er beregnet og/eller målt for et korrekt produkt eller tjeneste [8]. Her må datasettet være verifisert av tredjepart i henhold til NS-EN 15804. Nivå 2 er LCA-data som ikke tilfredsstillers nivå 1. Dette kan være generisk data, som baseres på tidligere studier av tilsvarende produkt eller gjennomsnittsverdier [19].

### 2.1.5 One Click LCA

One Click LCA er et verktøy som automatiserer livsløpsanalyser, og informerer utslippskonsekvenser ved planlegging og prosjektering av bygg [22]. Formålet til verktøyet er å minimere klimagassutslipp for byggeprosessen og gjennom byggets levetid. Den norske versjonen følger standarden NS 3720 for klimagassberegning.

Databasen til One Click LCA inneholder en god del av de tilgjengelige miljødeklarasjonene i verden [23]. Før en miljødeklarasjon kan tas med i databasen må det igjennom en tipunksverifiser. For å bli godkjent å blant annet dokumentet inneholde en detaljert beskrivelse av produktet. I tillegg må dokumentet være i samsvar med standardene EN 15804 og/eller ISO 14025.

One Click LCA implementerer faser basert på visse prosedyrer gitt av miljødeklarasjoner, bruker og regionalt scenario som samsvarer EN 15978 og ISO 21930 [24]. Tabell 2.2 viser hvilke prosedyrer One Click gjør for å implementere de ulike livssyklusmodulene.

Tabell 2.2: Implementering i One Click [24]

Livssyklusmodel	Implementeringen i One Click LCA baseres på
A1, A2 og A3	Materialdatapunkt
A4	Bruker gitt avstand og transportmetode eller brukerbekreftende regionavstander
A5	Bruker gitt data eller brukervalgt standard
B1, B2 og B3	Via datadomenestandarder eller materialspesifikke datapunkter
B4 og B5	Via levetid enten satt av bruker eller brukerbekreftende standardinnstillinger
B6	Verdier satt av bruker
B7	Verdier satt av bruker
C1	Regionalt scenario
C2	Regionalt scenario
C3	Materialegenskaper og regionalt scenario
C4	Materialegenskaper og regionalt scenario
D	Materialegenskaper og regionalt scenario

I One Click LCA inkluderes verktøyet Carbon Designer. I dette verktøyet kan det utarbeides et standard referansebygg til det prosjekterte bygget [22]. Referansebygget er en funksjonell ekvivalent til bygget i prosjektet, ved at det har de samme egenskapene som prosjektert bygg. Den representerer en "baseline" med løsninger i henhold til minimumkravene i TEK 17.

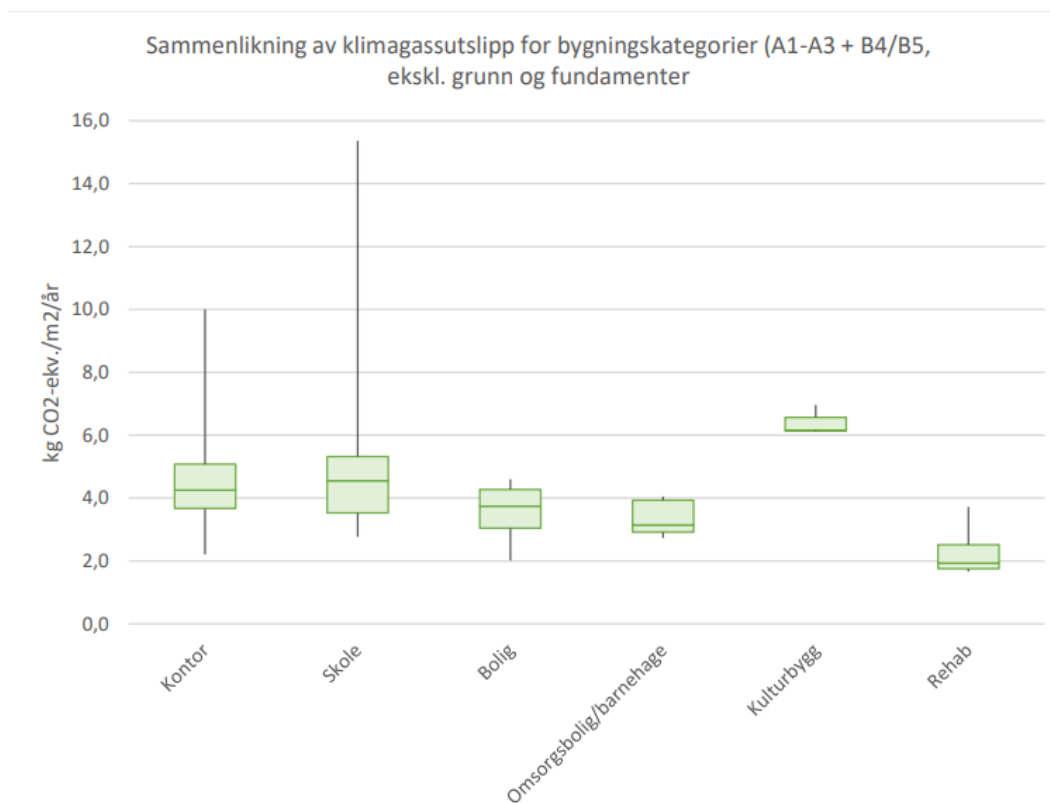
## 2.2 Klimagassutslipp fra bygg- og anleggsektoren

Det finnes i dag ingen krav om dokumentering av klimagassutslipp fra bygninger i teknisk forskrift (TEK17). Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) har sendt ut et forslag om å endre kapittel 14 i teknisk forskrift til *Energi og klimagassutslipp* der det stilles krav til dokumentering av klimagassregnskap [25]. Dette inkluderer bygningsdel 22-26 iht. NS 3451:2009+A1:2019. For boligbygning skal utslippet ikke overstige 6 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per m<sup>2</sup> BTA per år, og 4,5 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter per m<sup>2</sup> BTA per år for yrkesbygninger. Dette inkluderer livsløpsfasene A1-A3 og B4-B5, og skal beregnes i henhold til NS 3720:2018.

Arbeidet som er gjort for å utvikle miljødeklarasjon, BREEAM-sertifisering og Grønn materialguide har vært sentralt for å sette fokus på mer miljøvennlige bygg [3]. BREEAM-NOR er Norges fremste miljøsertifiseringssystem av bygg [26]. Her klassifiseres byggene i Pass, Good, Very Good, Excellent og Outstanding. Dette baseres på oppnådd poeng i BREEAM-manualen, og gjør det enklere å sammenlikne miljøprestasjonen for forskjellige bygg på en enkel måte. Grønn Materialguide hjelper arkitekter, rådgivere og utbyggere å velge miljøriktige materialer i tidligfase [27]. Guiden tar for seg informasjon om hvordan en gruppe av produktet påvirker global oppvarming, ressursgrunnlag, sirkulærøkonomi, miljøgifter og inneklimate.

Å rehabilitere et eksisterende bygg kan gi en klimafordel sammenlignet med å bygge nytt, ettersom grunn, fundamenter og bærekonstruksjoner ofte består av stål og betong [28]. En studie utført av Sintef konkluderer at rehabiliteringsprosjekter avgir mindre utslipp en nybygg [29]. Denne studien baserer seg på livsløpsanalyser for 120 byggeprosjekter over hele landet, og omfatter blant annet boliger, skoler, kontorer, museer og sykehjem.

Asplan Viak publiserte en rapport i 2019, der hensikten var å identifisere gjennomsnittlige utslippnivåer for prosjekter i dagens marked i Oslo [30]. Rapporten tar for seg en beregning av 13 kontorbygg, 21 skolebygg, 8 boligbygg, 4 barnehager, 3 sykehjem og 3 kulturbygg. Disse klimagassberegningene inkluderte bygningsdelene 21-28 iht. NS 3451, hvor kun modulene A1-A4 og B4-B5 ble beregnet. Figur 2.3 viser en sammenlikning av resultatene til klimagassutslipp for bygningskategorier ekskludert grunn og fundamenter, hvor strekene angir minimums- og maksimumsverdier. Som figuren viser har kontor- og skolebygg høyere utslipp sammenlignet med bolig og omsorgsbolig.



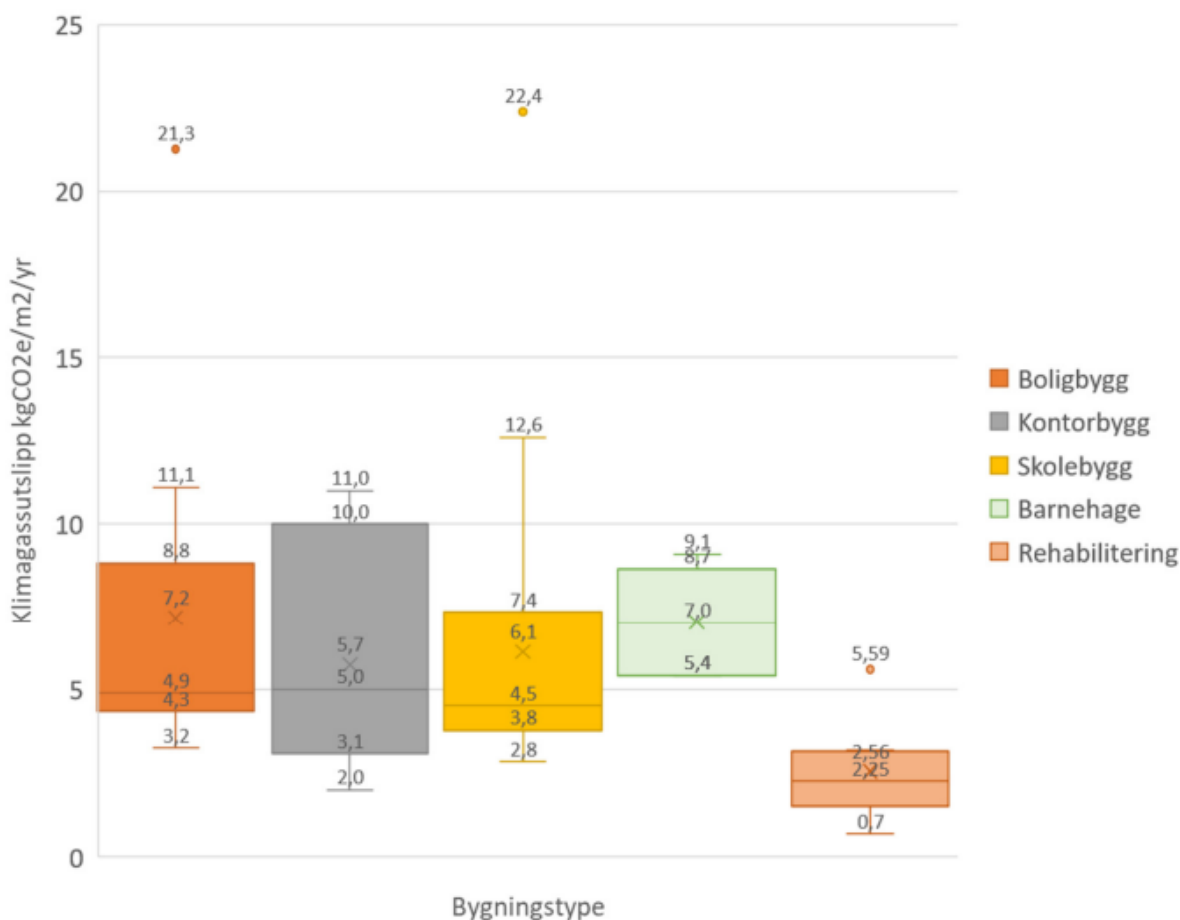
Figur 2.3: Sammenlikning av klimagassutslipp for bygningskategorier [30]

Samme rapport tar også for seg anbefalinger i One Click LCA, der blant annet det anbefales å bruke standarden NS 3720 for å få riktige systemgrenser og samtidig velge riktig utslippfaktor. Videre anbefales det å unngå lokal kompensasjon-funksjonalitet, da dette ikke gir representative beregninger. Dette er fordi det antas at materialene er produsert i Norge, noe som er sjeldent i reelle byggeprosjekter. I tillegg anbefales det å benytte en kombinasjon mellom teknisk- og kommersiell brukstid for levetider. Det presiseres at det bør brukes teknisk levetid, dersom det ikke er helt spesielle grunner og bygget er prosjektert med høy frekvens av ombygging og utskiftning av brukere.

ZEN Rapport nr. 24 *Klimagasskrav til materialbruk i bygninger* samlet inn empiriske livsløpsdata for klimagassutslipp til 133 norske bygninger fra perioden 2009 til 2020 [31]. Dette som et mål å utvikle et grunnlag for å sette absolutte krav til klimagassutslipp fra materialbruk i norske bygninger. Tekniske installasjoner blir inkludert i beregningene, i tillegg avgrenser beregningene til livsløpsmodulene A1-A3 og B4. Byggene er samlet fra ordninger som Futurebuilt, ZEB og ZEN, disse ordningene har miljøambisjoner ved å fokusere på å redusere energibruken, materialer og transportutslipp i deres prosjekter.

Resultatene fra studien til ZEN viser at rehabiliteringsprosjekter gir et utslipp mellom 2-3 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år, kontorbygg mellom 3,1-10,0 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år, boligbygg mellom 4,3-8,8 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år og skolebygg mellom 3,8-7,4 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år, se figur 2.4. Et gjennomsnittlig utslipp for bygningene gir bygningskroppen ansvaret for 51 prosent av det totale klimagassutslippet (ca. 6 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år), VVS, elkraft, tele og automatisering og tekniske installasjoner for 21 prosent (ca. 2,5 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år), og utendørs ansvaret for 28 prosent av det totale utslippet (ca. 3,3 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år).

I tillegg ses det en nedgang av utslipp fra perioden 2012/2013 til 2019. Dette er mulig et resultat at det har blitt utviklet ulike standarder og verktøy de siste årene som muliggjør beregning av klimagassutslipp. Samtidig har det i de siste årene kommet mer standardiserte datakilder som miljødeklarasjoner og databasen i Ecoinvent.



Figur 2.4: Sammenlikning av klimagassutslipp for bygningskategorier [31]

### 2.2.1 VVS-installasjoner i bygg

VVS-installasjoner er et begrep som benyttes som en samlebetegnelse for alle bygningdeler i kapittel 3 i bygningstabellen NS 3451:2022 [32]. Dette gjelder bygningsdelene 31. sanitær, 32. varme, 33. brannsløkking, 34. gass og trykkluft, 35. varmepumpe- og kuldeinstallasjoner, 36. luftbehandling, 37. komfortkjøling, 38. vannbehandling og 39. andre VVS-installasjoner.

Sanitæranlegg omfatter alle rørledninger for forbruksvann, spillvann, overvann, drenevann og utstyr som er koblet til disse [33]. Varmeanlegg benyttes til oppvarming av bygninger, innretninger og installasjoner [34]. I motsetning kjøler kjøleanlegg luften eller væsken til lavere temperatur [35]. Slokkeanlegget har det formål å slukke en brann. I dag benyttes det i stor grad sprinkelanlegg, som er et automatisk, stasjonært slokkeanlegg [36]. Et ventilasjonsanlegg kan kontrollere temperatur, fuktighet og forurensing til et rom [37]. Dette kan reguleres enten ved konstante luftmengder eller etter behov.

Det er i dag en stor usikkerhet på hvor mye klimagassutslipp VVS-installasjoner står for, som følge av at dette ekskluderes i klimagassberegningene. En pilotstudie av Erichsen og Horgen (nå Multiconsult) indikerer at VVS-installasjoner står for omtrent 20 prosent av det totale klimagassutslippet til nybygg, og 40 prosent ved et rehabiliteringsprosjekt [5]. Dette kan blant annet begrunnes av den korte levetiden til VVS-installasjoner.

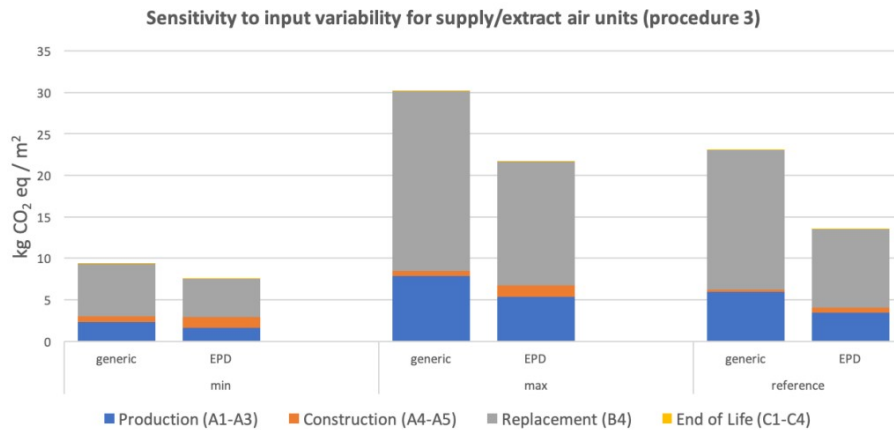
## 2.3 Tidligere studier

For å finne nåværende kunnskap om LCA for VVS-installasjoner ble et utvalg av seks tidligere studier analysert. Dette med et mål å finne hvilke programvarer som brukes til materialuttak, hvilke miljødata som blir brukt og resultatene om livsløpsanalysen. Artiklene presenteres i de neste avsnittene og sammenlignes i avsnitt 2.3.1.

Borg [38] utførte både en konvensjonell og en dynamisk livsløpsanalyse for de bundne fasene og energibruk i drift av et ventilasjonssystemet til et kontorbygg i Trondheim. Bygget har balansert ventilasjonssystem og variable luftmengder. Det ble ikke tatt hensyn til ulike kanal- og komponentstørrelser. Informasjon for materialene til ventilasjonssystemet ble hentet fra Revit, og sortert i et excel-dokument der beregningene ble utført. Miljødeklarasjoner som ble brukt er hentet fra Ecoinvent og LCA-data fra tidligere studier. Som resultat ga den konvensjonelle beregningen 30.98 kg CO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, mens den dynamiske beregningen hadde 33 prosent lavere utslipp.

Kjeken [39] gjennomførte en livsløpsanalyse av Ocean Space Center, hvor hun så på de bundne utslippene for teknisk anlegg. Fra en IFC-fil ble det hentet ut informasjon av materialene fra programvarene Revit og Solibri, som ble eksportert til en excel-fil. Det ble utført to ulike livsløpsanalyser. Den ene analysen benyttet generiske verdier i One Click LCA, mens den andre analysen brukte produktspesifikk miljødeklarasjoner der det var mulig i en egen excel-fil. Det ble benyttet miljødeklarasjoner og generiske verdier fra One Click. Der det manglet data i One Click, ble det utarbeidet en prioritetsliste for valg av miljødeklarasjoner.

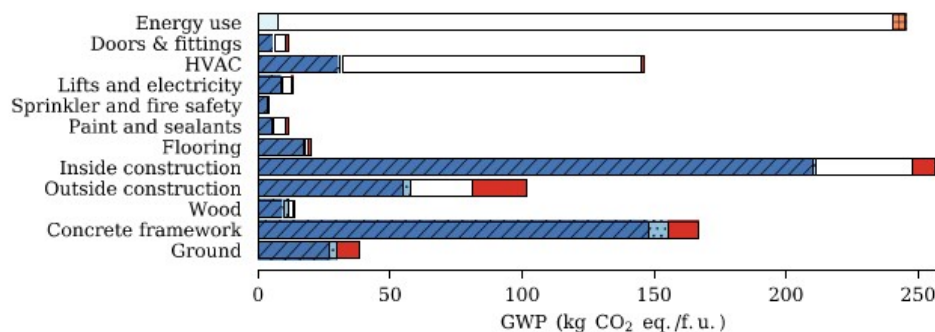
Konklusjonen viser at tekniske installasjoner står for 33-46 prosent av de totale bundne utslippene. Utskiftning var den fasen som ga ut mest utslipp med omtrent 57 prosent av det totale utslippene til tekniske installasjoner. Videre var luftbehandling den bygningsdelen som hadde størst innvirkning på utslippet. De produktene som bidro til den største andelen var ventilasjonskanaler, VAV-tilluftsenheter og aggregater. Kjeken analyserte også forskjellen mellom generiske verdier og EPDer. Generelt ga de generiske verdiene høyere utslipp. Dette illustrerer i figur 2.5, som viser variasjonen mellom generiske verdier og EPDer for aggregater.



Figur 2.5: Variasjoner av minimum og maksimum utslippsfaktor for aggregater[39]

Nguyen [40] sammenlignet ulike metoder for å beregne forenklet livsløpsanalyse til et ventilasjonsanlegg i produksjonsstadiet. Dette ble gjort ved å utføre en manuell beregning og beregning i One Click LCA. Både Revit og Solibri ble brukt for å ta ut materialmengder, komponenter og parametere. Miljødeklarasjoner ble hentet fra EPD-Norge og EPD Ökobaudat og generiske verdier i One Click LCA. Det konkluderes at en tradisjonell manuell beregning ga lavere utslipp enn i One Click LCA, og at One Click LCA ikke er egnet for LCA beregning av ventilasjonssystem. En manuell beregning ga et total utslipp på 18,74 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup> for ventilasjonssystemet. Avslutningsvis påpekes det at det finnes for lite tilgjengelige miljødeklarasjoner for ventilasjon, noe som gir en usikkerhet bak resultatene.

Ylmèn et al. [41] utførte en livsløpsanalyse av et kontorbygg i Sverige, der de bundne fasene og energibruk i drift ble analysert. Her ble spesifikke miljødeklarasjoner brukt, og databasen Ecoinvent ble benyttet der miljødeklarasjonene manglet faser. Figur 2.6 viser resultatene fra klimagassberegningen.



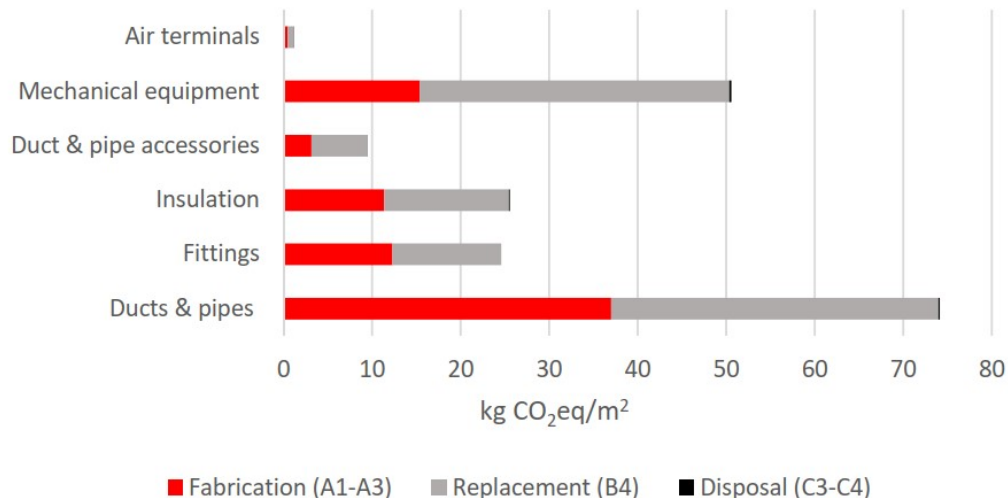
Figur 2.6: Klimagassutslipp for de ulike bygningstypene [41]



I denne case-studien hadde VVS-installasjoner hadde et utslipp på 150 kg CO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>. Kobber og aluminium var de materialene som ga høyest utslipp med 64-93 prosent av det totale utslippene. Som grafen over viser er utskiftning, illustrert med den hvite streket, den fasen som har høyest utslipp. Dette etterfølger produksjonsfasen, som er illustrert med blå strek. Sprinkler og brannsikkerhet ga betraktelig lavere utslipp med ca. 10 kg CO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>.

Liaøy og Winsvold [42] utførte en klimagassvurdering for rørsystemer, i produksjonsstadiet, for Økern portal. Her sammenlignes Blue Pipe og Green pipe med konvensjonelle metallrør. Beregningene ble utført i et internt utviklet klimagassverktøy, og informasjon om materialene ble hentet fra Revit. Dette beregningsverktøyet tilpasser de ulike rørdimensjonene. Det ble benyttet spesifikke miljødeklarasjoner hentet fra EPD Norge og ibu-epd.com. Resultatene viser at det er vesentlig lavere klimagassutslipp knyttet til bruk av Blue Pipe og Green pipe. I tillegg er komfortkjøling den rørtypen som gir mest utslipp. Dette skyldes den lavtempererte væsken til kjøling i forhold til romtemperaturen, og det da kreves mer væske for å oppnå ønsket kjøleeffekt. Det var varierende kvalitet på miljødeklarasjoner og klimagassdokumenter som medførte en usikkerhet i beregningene.

Kiamili et al. [43] analyserte de bundne utslippene og energibruk (B6) til varme, ventilasjon og kjøling i et kontorbygg i Sveits. Materialmengder og data er hentet fra en BIM-modell i Revit. Her ble det benyttet spesifikke miljødeklarasjoner, og databasen i Ecoinvent. Resultatene viser at varme, ventilasjon og kjøling stod for 15-36 prosent av det totale bundne utslippene. Dette utgjør ca. 183 kg CO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>. Figur 2.7 viser resultatene til de ulike komponentene til bygningsdelene. Som grafen viser, har kanaler og rør størst påvirkning etterfulgt av mekanisk utstyr. Mekanisk utstyr har et høyt utslipp da filteret i aggregatet byttes ut hvert år.



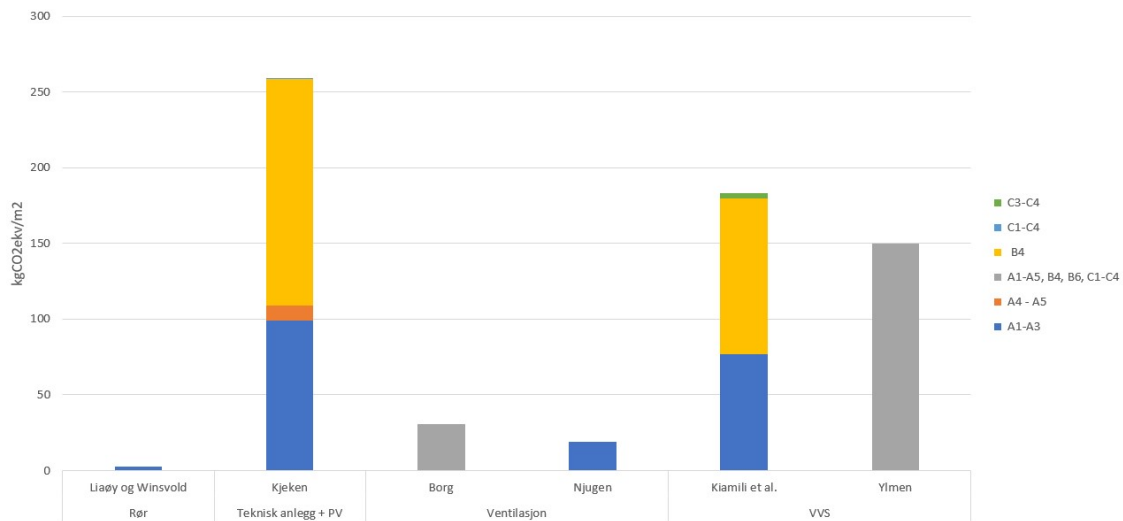
Figur 2.7: Klimagassutslipp for VVS-installasjoner [43]

### 2.3.1 Sammenligning av tidligere studier

Tidligere studier har flere likeheter og ulikheter. For programvarer ble Revit og Solibri brukt til materialuttak, men det kommer ikke frem hva slags informasjon som ble hentet ut. Bruken av miljødeklarasjoner varierer. Kjekken og Nguyen brukte generiske verdier og produktspesifikke EPDer der det var mulig. Ylmèn et al. og Kiamili et al. benyttet produktspesifikke EPDer og databasen i Ecoinvent. Videre brukte Borg databasen i Ecoinvent og LCA data fra andre studier, mens Liaøy og Winsvold brukte produktspesifikke EPDer. Både Kjekken og Nguyen konkluderer med at generiske verdier ikke er representative, da generiske verdier har generelt høyere utslipp enn spesifikke miljødeklarasjoner.

Figur 2.8 viser total klimagassutslippene til case-bygningene til de valgte studiene. Som figuren viser var det en variasjonen for hvilke systemgrenser som ble analysert. Liaøy og Winsvold, og Nguyen analyserte kun produksjonsstadiet (A1-A3). Kjekken analyserte de bundne fasene, mens Borg, Ylmèn et al. og Kiamili et al. inkluderte energibruk i drift i tillegg til de bundne fasene.

Kjekken, Ylmèn et al. og Kiamili et al. konkluderte at utskiftning var den fasen som ga mest utslipp, mens Borg sine beregninger viste at energibruk i drift var den fasen som ga mest utslipp. Hvor stor del av utslippene til hele bygget er varierende. Kjekken konkluderte at tekniske anlegg og PV står for 33-46 prosent av de totale bundne utslippene til bygget. Kiamili et al. konkluderte at varme, ventilasjon og kjøling stod for 15-36 prosent av de totale bundne utslippene og energibruk i drift. For studien til Ylmèn et al. står VVS-installasjoner for 14-32 prosent av de bundne utslippene og energibrukt i drift.



Figur 2.8: Sammenligning av resultater til tidligere studier

### 3 Metode

Formålet med denne oppgaven er å undersøke VVS-installasjon sin påvirkning på klimagassregnskap for et eksisterende norsk skolebygg. Dette kapitlet tar for seg en beskrivelse av case-bygningen før fremgangsmåten for livsløpsanalysen for VVS-installasjoner beskrives. Kapitlet avsluttes med en beskrivelse av utarbeidelsen av de tilpassende referansebyggene.

#### 3.1 Beskrivelse av Urtekvartalet Fabrikken

Urtekvartalet er en av Oslo sentrums største utviklingseiendommer, og består av tre ulike bygg: Veksthuset, Fabrikken og Drivhuset. Disse tre byggene utgjør totalt 45.000 m<sup>2</sup> [44]. Denne oppgaven vil kun ta for seg Urtekvartalet Fabrikken ved beregning av klimagassutslipp for VVS-installasjoner.

Fabrikken er et rehabiliterings- og utbyggingsprosjekt i Urtekvartalet på Grønland i Oslo, som stod ferdig sommeren 2021. Dette er en tidligere fabrikk som nå har blitt moderne kunstfaglig læringsarena for Høgskolen Kristiania. Bygget er sertifisert som Excellent i henhold til BREEAM-NOR manualen med en energikarakter B [45], og tilfredsstillende kravene i TEK 17. Bygget er det nest største i Urtekvartalet og har et brutto areal på ca. 17 000 m<sup>2</sup> [46], og en bruksareal på 14 320 m<sup>2</sup>. Figur 3.1 illustrerer case-bygningen [46].

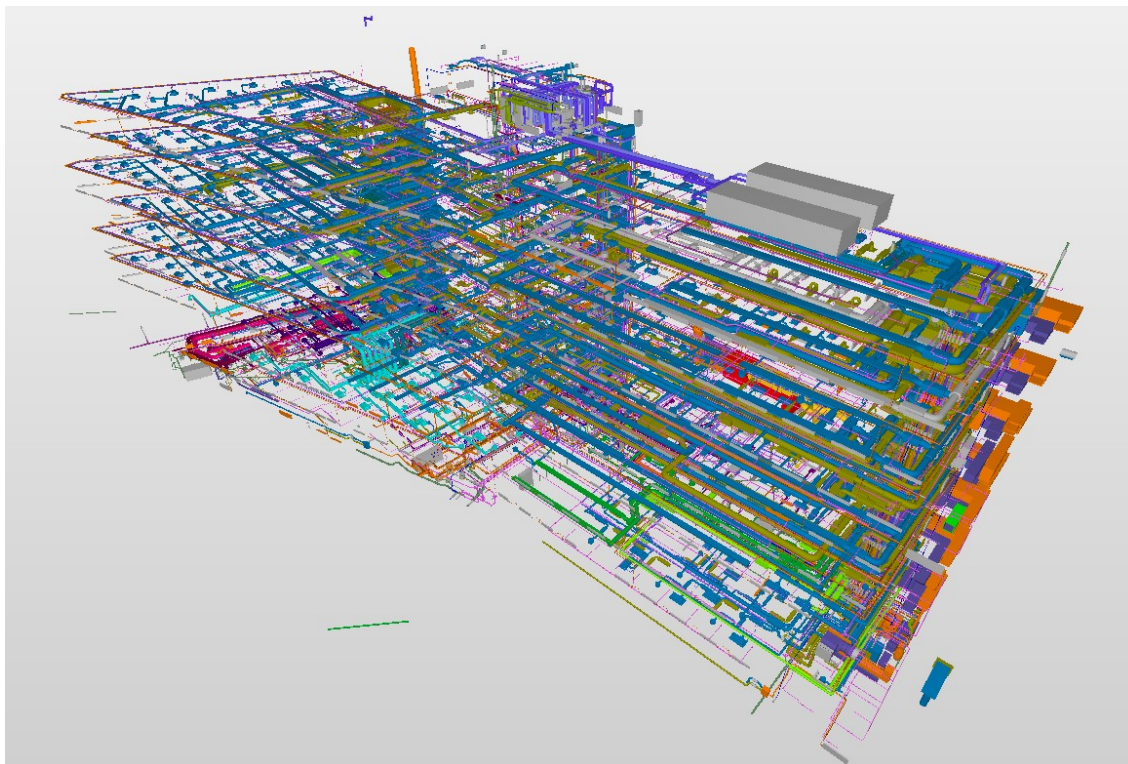


Figur 3.1: Urtekvartalet Fabrikken til høyre [46]

Bygget benyttes balansert ventilasjonsprinsippet med både konstante- og variable luftmengder. Aggregatene er desentraliserte med to aggregater per etasje. Det er både roterende- og plategjenvinner på aggregatene. Varmeanlegget er vannbåren varme med energileveranse fra Forum Varme. Dette skal dekke transmisjonstapet, infiltrasjon, oppvarming av ventilasjonsluft samt snøsmeltanlegg. Romoppvarming skjer primært gjennom radiatorer på yttervegg.

Bygget er fullsprinklet, og sprinkelsentralen er plassert i teknisk rom i plan U1 der det er tilknyttet et vanninnlegg fra utvendig hovedledning. Kjøleanlegget er utformet som et mengderegulert, vannbårent anlegg med to kjølemaskiner i energisentralen i U1 og tørrkjølere plassert på taket. Sanitæranlegget omfatter alle innvendige rørføringer for ivaretagelse av forbruksvann, spillvann og overvann.

Figur 3.2 er et utklipp fra BIM-filen for case-bygningen, som viser omfanget av komponenter som beregnes i denne oppgaven.



Figur 3.2: VVS-installasjoner for Urtekvartalet - Fabrikken

## 3.2 Fremgangsmåte for LCA

### 3.2.1 Hensikt og omfang

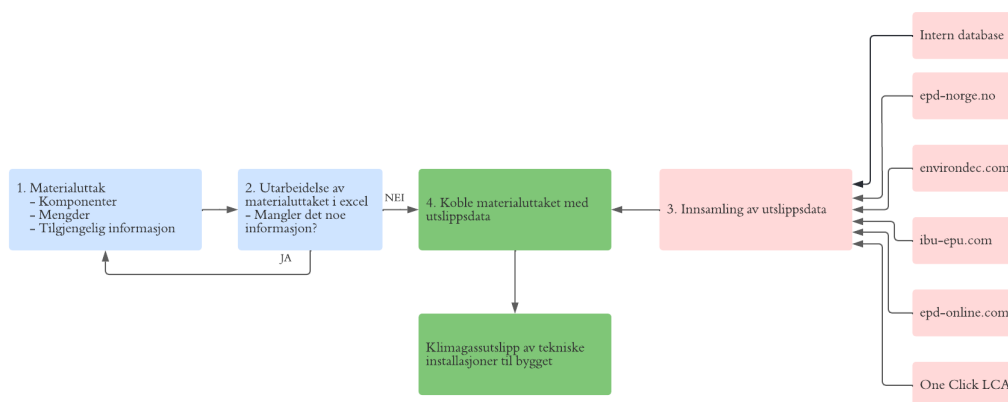
Hensikten med denne livsløpsanalysen er å etablere representativ referanseverdier for VVS-installasjoner. Dette ble utført ved å beregne utslipp for VVS-installasjoner til et case-bygning. Analysen begrenset seg til følgende bygningsdeler: 31. sanitær, 32. varme, 33. brann, 36. luftbehandling og 37. komfortkjøling. Alt av sensorer og annet automatikk ekskluderes.

Det ble utført en grundig livsløpsanalyse i Excel, hvor både spesifikk EPD og generiske verdier ble brukt. Programvaren Revit ble benyttet for materialuttak, ved hjelp av et internt script. Denne analysen begrenset seg til komponenter hentet fra materialuttaket. Se vedlegg A for omfanget av komponenter og mengder.

Systemgrensene er «vugge til grav» der alle de bundne fasene (A1-A5, B4, C1-C4 iht. NS 3720) og energibruk i drift (B6) ble analysert. Bygningsdelnummer er avgrenset til 3. Det er kun globalt oppvarmingspotensial som ble beregnet, som ble utført i henhold til NS 3720:2018. Den valgte funksjonelle enheten er én m<sup>2</sup> BTA over den estimerte levetiden for bygningen på 60 år.

### 3.2.2 Innsamling av miljødata og beregninger

Før selve livsløpsregnskapet måtte følgende punkter utføres: materialuttak, utarbeidelse av materialuttak i Excel og innsamling av utslippsdata. Utslippsdata ble deretter koblet med materialuttaket i Excel for å beregne utslippet for case-bygningen. Figur 3.3 viser en oversikt over stegene i prosessen for å regne ut det totale klimagassutslippet til case-bygningen. Hver av disse stegene beskrives under.



Figur 3.3: Steg for å beregne total klimagassutslipp

**Steg 1 - Materialuttak:** Informasjon om komponentene ble hentet ut fra et materialuttak i Revit, da det var utfordrene å ta ut materialene fra programmet Naviate Simple BIM. Det ble tilsendt et materialuttak fra forskningsgruppen Grønn VVS, der et internt script ble benyttet. Se vedlegg B.1 for en oversikt over hvilken informasjon som tas ut fra et vanlig materialuttak i Revit, og hvilke som ble hentet fra scriptet.

**Steg 2 - Utarbeidelse av materialuttak:** Materialuttaket ble sortert i et excel-ark, etter bygningsnummer 3 i standarden NS 3451:2022 [32]. Excel-arket følger retningslinjer i NS 3720:2018 og er inspirert av beregningsarket i masteroppgaven til Nguyen [40]. Se vedlegg C for mer informasjon og et utsnitt av beregningsarket. De økonomiske levetidene ble hentet fra vedlegg D i NS-EN 15459-1:2017 [47]. For komponenter som ikke var nevnt i standarden, ble funksjonelle levetider hentet fra rapporten *Levetider i praksis* av Multiconsult benyttet [48].

**Steg 3 - Innsamling av utslippsdata:** Vedlegg D.1 viser en oversikt over alle miljødeklarasjoner og generiske verdier som er benyttet i denne oppgaven. Innsamling av database for miljødata ble utført i samarbeid med medstudenter. Miljødata ble hentet fra følgende kilder: epd-norge.no, environdec.com, ibu-epu.com, epd-online.com, One Click LCA og en intern database utviklet av Multiconsult (tidligere Erichsen & Horgen).

En rekke kriterier ble satt for at miljødeklarasjonen kunne bli brukt. Der hvor det var mulig ble datakvalitet 1 i henhold til NS 3720:2018 benyttet. På bakgrunn av dette var det kun europeiske miljødeklarasjoner som ble tatt med. Det var også en fordel om miljødeklarasjonen inneholdt så mange faser som mulig, slik at det ikke var nødvendig å supplere med andre verdier. I tilfeller der det ikke var tilgjengelig spesifikke miljødeklarasjoner ble datakvalitet 2 benyttet.

**Steg 4 - Koble materialuttaket med utslippsdata:** Fordi den deklarererte enheter for produkter oppgis med ulike benevnninger, var det nødvendig med omregninger av enheter. En oversikt over alle miljødeklarasjonene og generiske verdier for de ulike bygningstypene vises i vedlegg D.2 til D.6. Nedenfor beskrives omregningene for sirkulær kanal og isolasjonstypen rørskål med aluminiumsfolie. Resten av omregningene er detaljert beskrevet i vedlegg E.

Sirkulær kanaler: Kanaler fra størrelse  $\varnothing 100$  til  $\varnothing 1350$  ble beregnet hver for seg med Lindab sin spesifikke EPD for sirkulære kanaler [49]. Formel 16 viser formelen som ble benyttet ved omregning. Det ble hentet vekt per meter for hver kanaldimensjon. Lengden ble hentet fra materialuttaket. Det ble supplert for fase A5 med en samme EPD i One Click LCA.

$$GWP = \frac{GWP}{m} * \frac{1m}{1,41kg} * \frac{kg}{m} * m \quad (1)$$

Rørskål m/Al.folie: En tysk miljødeklarasjon fra Rockwool ble brukt til å beregne isolasjonen for Rørskål [50]. I tillegg ble det benyttet verdier i et vedlegg til EPDen for å kunne legge til aluminiumsfolie på isolasjonen. Formel 2 viser hvordan GWP ble beregnet for de ulike isolasjonstykkelsene.

$$GWP = \frac{GWP}{m^2} * 0,82 * \frac{kg}{m^3} * m^3 \quad (2)$$

Hvor GWP er summen av GWP for isolasjon for Rørskål og aluminiumsfolie for hver fase. 0,82 er en skaleringsfaktor oppgitt i EPDen for å få omgjort GWP per kg. Tetthet oppgitt i EPDen er 33kg/m<sup>3</sup> og volum (m<sup>3</sup>) er hentet fra materialuttaket.

For kanal- og rørdeler inkluderer komponenter som bend, t-stykker, overganger, endelokk, union og kryssrør. Beregning av disse komponentene kan være svært kompliserte og tidskrevende, da det er mange ulike typer materialer og dimensjoner. Kjekken [39] la 15 prosent til på alle type rør og kanaler for å ikke ekskludere disse komponentene. Dette ble vurdert i denne oppgaven, men denne prosenten vil variere i stor grad avhengig av prosjektering. Derfor ble et makro-script i excel utviklet av intern veileder, P. Schild. For kanaldeler ble det beregnet total vekt for hver dimensjon. Dette ble utført for både sirkulære og rektangulære kanaler. For rørdeler ble det beregnet volum for alle de ulike delene. Dette volumet ble senere brukt for å beregne total vekt for hver rørtype.

Resultatene ble analysert i Excel. Først ble det beregnet hvor mye klimagassutslipp VVS-installasjoner står for per kvadratmeter og hvilke faser som ga mest utslipp, før hvert av fagene ble analysert. Dette ble utført for å se hvilke komponent som ga mest utslipp.

### 3.2.3 Energibruk i drift

Case-bygningen er et rehabiliteringsprosjekt med store usikkerheter knyttet til energibruk. Derfor ble det tilsendt to SIMIEN-filer fra forskningsgruppen, et øvre og et nedre estimat. Energiberegningene ble utarbeidet av Multiconsult for Case-bygningen. Det ble utført en årssimulering til begge filene for å få energibehovet og levert energi. Bygget benytter fjernvarme og direkte el. som energikilde, de energipostene til de tilhørende energikildene er listet nedenfor.

- Fjernvarme: romoppvarming, varmebatteri, tappevann
- Direkte el.: vifter, pumper, belysning, teknisk utstyr, romkjøling, kjølebatteri

For å finne levert energi til hver post, ble det beregnet en prosent basert på forholdet mellom total levert energi og energibehov. Dette ble utført både for fjernvarme og direkte el. Denne prosentandelen ble brukt til å beregne levert energi til energipostene, se vedlegg F.

Det ble beregnet en middelerverdi til alle energiposter for øvre- og nedre estimat. Disse verdiene ble tatt inn i One Click LCA, der det ble skilt mellom elektrisitet og fjernvarme. I følge NS 3720:2018 skal minst to scenarier for elektrisitetsforsyninger stilles. Det ene scenarioet skal være norsk forbruksmik (gjennomsnitt per år over objektets levetid), mens det andre scenarioet skal være for europeisk (EU28+NO) forbruksmik (gjennomsnittlig per år over objektets levetid). Forskjellen mellom disse to scenarioene analyseres i følsomhetsanalysen i underkapittel 4.8.

I denne oppgaven er scenarioet for norsk forbruksmik brukt i beregningene for utslipp knyttet til elektrisitet. For fjernvarme blir distriktoppvarming for Oslo brukt. One Click regner ut klimagassutslipp basert på verdiene til levert energi. Se vedlegg F for beregning av energibruk i drift.

Utslippene til postene ble fordelt til de ulike fagene. Pumper ble delt til fagene sanitær, varme og komfortkjøling. Dette ble fordelt med hensyn på forholdet mellom total vekt pumpe et fag har ift. total vekt pumper. Vekt ble hentet fra datablad for case-bygget tilsendt av forskningsgruppen. Bygningsdelene har dermed følgende energikilder:

- Sanitær: Tappevann og 1,32 % pumper
- Varme: Romoppvarming og 21,02 % pumper
- Luftbehandling: Varmebatteri, vifter og kjølebatteri
- Komfortkjøling: Romkjøling og 77,66 % pumper
- Bygg: Belysning og teknisk utstyr



### 3.2.4 Antagelser i beregningene

Noen generelle antagelser er tatt for beregningene. Det antas at det ikke byttes ut eller legges til andre komponenter enn de som er beregnet. Videre antas det at vekten mellom dimensjoner på rør og kanaler er lineært, da det i noen tilfeller har blitt interpolert mellom dimensjoner for å få riktig vekt per lengde. I enkelte tilfeller var det utfordrene å finne spesifikke vekt for komponenter, disse komponentene antas å ha lik vekt som et lignende produkt med samme materiale og funksjon.

### 3.2.5 Følsomhetsanalyse og egenkontroll

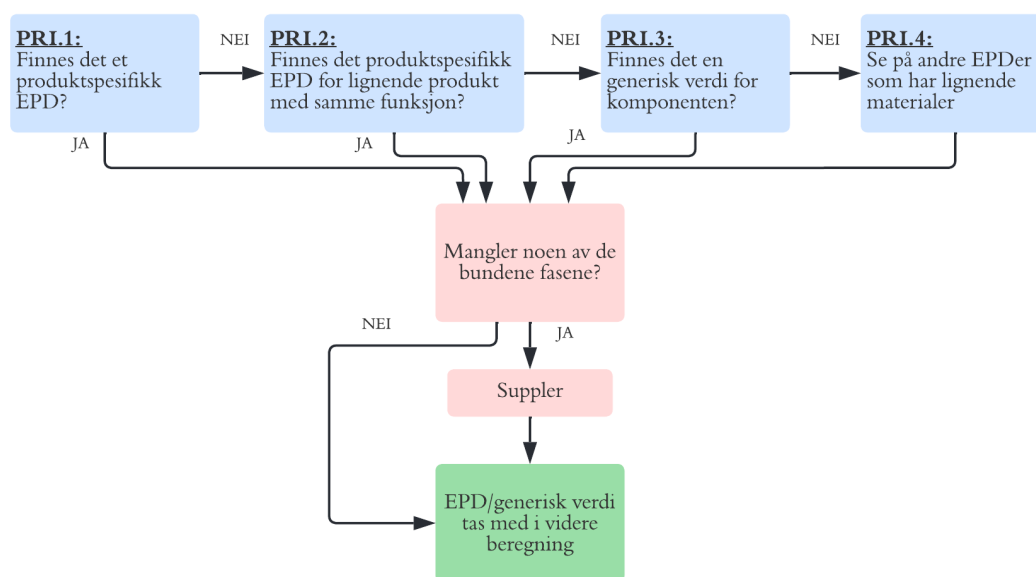
For å kunne analysere resultatene ble det utført en følsomhetsanalyse i henhold til NS 3720:2018. Dette ble utført med det formål å undersøke hvor følsomme resultatene er i forhold til variasjoner for forutsetninger for beregningen. Først ble valgt å se på hvor stor påvirkning det ville vært å bytte ut scenario 1 for elektrisitet med scenario 2. Det ble også vurdert ulike utslipp aggregater har ved andre levetider. Disse to punktene ble valgt på bakgrunn av at de står for en betydelig del av de totale utslippene for VVS-installasjoner.

I tillegg ble det gjennomført en egenkontroll av beregningsarket for å kvalitetssikre arbeidet. Dette inkluderte følgende punkter:

- Se om alle komponenter fra materialuttaket er tatt med i beregning
- Gå igjennom de brukte miljødeklarasjonene
  - i. Brukes den til riktig komponent?
  - ii. Stemmer deklarasjonenheten?
  - iii. Er inndata til de ulike fasene riktige?
- Stemmer alle omregninger?
- Har komponenten riktig levetid?
- Er det riktig prioritering?

### 3.3 Håndtering av EPD

På grunn av mangel på tilgjengelige miljødeklarasjoner for spesifikke produkter, ble en prioritetsliste satt. Denne illustrerer i figur 3.4, og er inspirert av lignende prioritering som Kjekken og Resh [39][51]. Første steg var å se om det eksisterer et produktspesifikk miljødeklarasjon for det spesifikke produktet. Dersom dette ikke fantes, ble en spesifikk miljødeklarasjon for et lignende produkt med samme materialer og funksjon benyttet. Om ingen produktspesifikke produkter var tilgjengelig, ble en generisk verdi benyttet. I noen tilfeller var ingen av de nevnte tilgjengelig, i disse tilfellene ble miljødeklarasjon valgt basert på materialet til komponenten.



Figur 3.4: Prioriteringsliste over valg av miljødeklarasjoner

En del av de valgte miljødeklarasjonene manglet noen av de bundne fasene, og disse ble derfor supplert med andre verdier. One Click LCA tar noen antagelser for å beregne de resterende fasene. De fasene som ble manglet ble derfor hentet fra One Click dersom denne miljødeklarasjonen var i databasen. Situasjoner der den valgte miljødeklarasjonen ikke lå inne i One Click sin database, ble det valgt en annen miljødeklarasjon til å supplere de resterende fasene.

### 3.4 Tilpasset referansebygg

For å finne hvor stor prosentdel VVS-installasjoner står for ble det beregnet byggets totale utslipp. Ideelt skulle dette utføres i One Click LCA med uttak fra Solibri eller andre programmer. På bakgrunn av kunnskap til ekstern veileder ble det valgt programmet Naviate Simple BIM for materialuttak. Dette viste seg å være utfordrende, da mange materialer var uidentifiserte. En VVS-ingeniør kan ha vanskeligheter å identifisere alle bygningsmaterialer. Samtidig er denne jobben tidskrevende, men nødvendig dersom dette programmet skal brukes.

På bakgrunn av utilstrekkelig kunnskap for bygningsmaterialer ble det valgt å lage et tilpassete referansebygg ved å bruke Carbon Designer i One Click LCA. Dette ble gjort for å generere et typisk bygg i henhold til TEK 17 innen bygningskategorien, med standard planløsning og materialvalg. Geometrien ble tilpasset case-bygningen for å få mer realistiske resultater. Beregningene er utført i henhold til NS 3720, og inkluderer fundament og sub-strukturer, stendervek og kledning samt innervegger og interiørmaterialer. Se vedlegg G for inputdata.

LCA-parametere i One Click LCA ble valgt basert på anbefalinger av rapporten til Asplan Viak [30]:

- Beregninger iht. NS 3720
- Teknisk brukstid for levetider
- Transportavstandsverdier for materialer i Norden
- Deaktivering av lokalisering av materialproduksjon
- Material-loket for sluttstadiet

## 4 Resultater

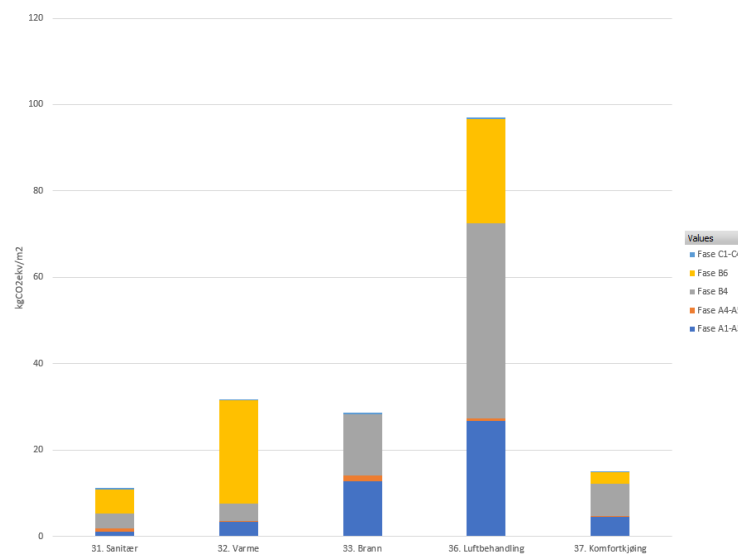
Dette kapittelet tar for seg resultater fra livsløpsanalysen knyttet til VVS-installasjoner og resultater fra referansebyggene utarbeidet i Carbon Designer. Først presenteres det totale utslippet knyttet til VVS-installasjoner og hvor stor andel dette har for det totale klimagassutslippet for bygget. Videre analyseres utslippene knyttet til hver av bygningsdelene.

### 4.1 Totalt utslipp fra VVS-installasjoner

Totalt står VVS-installasjoner for 184,04 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>BTA for case-bygningen. Av dette er utskifting (B4), energibruk i drift (B6) og produksjonsstadiet (A1-A3) de fasene med størst innvirkning, se tabell 4.1. Figur 4.3 viser en oversikt over utslipp knyttet til bygningsdelene. Luftbehandling er den bygningsdelen med mest utslipp, etterfulgt av brann og varme. Utslippene knyttet til hver av disse bygningsdelene presenteres i underkapitlene: 4.3 - 4.7.

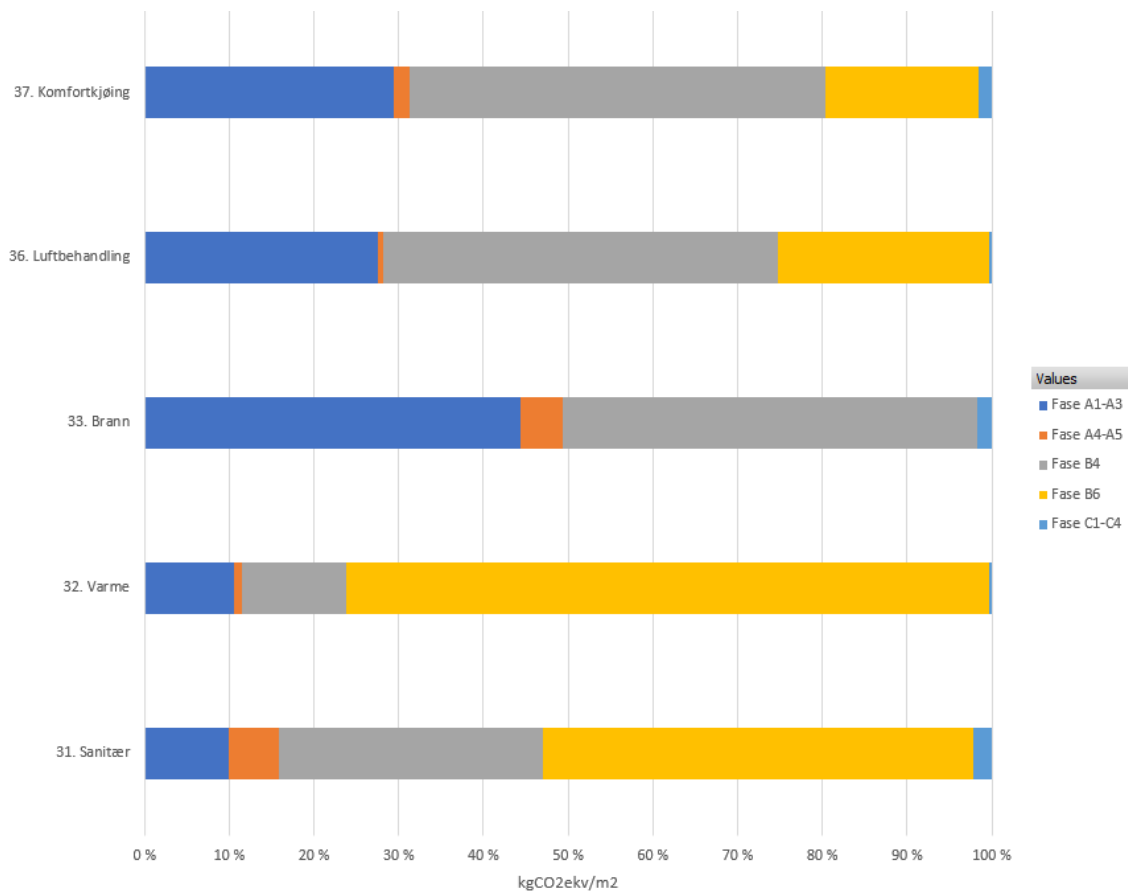
Tabell 4.1: Utslipp for VVS-installasjoner

Livssyklusfase	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Andel av total [%]
Produksjonsstadiet (A1-A3)	48,7	26,46
Gjennomføringsstadiet (A4-A5)	3,25	1,76
Utskifting (B4)	74,08	40,25
Energibruk i drift (B6)	56,69	30,80
Livsløpets sluttstadiet (C1-C4)	1,34	0,72
Total	184,04	



Figur 4.1: Oversikt over total utslipp

Figur 4.2 illustrerer prosentandelene til hver av de bundne fasene og energibruk i drift til bygningdelene. For komfortkjøling, luftbehandling og brann er det utskiftning (B4) som utgjør mest. Dette er utslipp knyttet til materialer, mens for varme og sanitær er det energibruk i drift (B6) som har størst betydning på utslippene.



Figur 4.2: Fasenes prosentandel på bygningdelene

## 4.2 Betydningen av VVS-installasjoner for et bygg

Tabell 4.2 viser utslipp for hver av de bundne fasene og energibruk i drift for VVS-installasjoner og de tilpassende referansebyggene utarbeidet i Carbon Designer. Resultater viser et utslipp for et nybygg på 294,4 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, og 113,3 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup> for et rehabiliteringsbygg. Dette inkluderer ikke energibruk i drift, og det må derfor legges til utslipp til denne fasen for belysning og teknisk utstyr på 24,87kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>. For et nybygg vil VVS-installasjoner for denne case-bygningen stå for 36,6 prosent av byggets totale utslipp, og 53,14 prosent ved et rehabiliteringsprosjekt.

Tabell 4.2: Total utslipp for fasene til VVS-installasjoner, nybygg og rehabiliteringsbygg

Livsløpsfase	VVS [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Nybygg [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Rehab [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]
A1-A3	48,7	241,2	75,2
A4-A5	3,25	22,0	6,9
B4*	76,08	19,5	19,5
B6	56,69	24,87	24,87
C1-C4	1,34	11,7	11,7

\* For nybygg og rehab inkluderes fasen B5

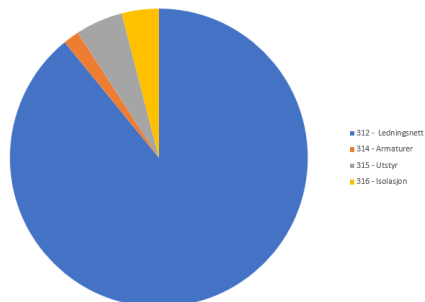
## 4.3 Sanitær

Sanitær står for 11,51 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>BTA, dette er ca. 6 prosent av utslippene knyttet til VVS-installasjoner. Tabell 4.3 viser en oversikt over utslippene til de ulike livssyklusfasene. Energibruk i drift er den fasen som utgjør mest, etterfulgt av utskiftning. For sanitær er utslipp til energibruk i drift knyttet til levert energi for oppvarming av tappevann og 1,32 prosent av pumpeenergien.

Tabell 4.3: Total utslipp for 31.sanitær

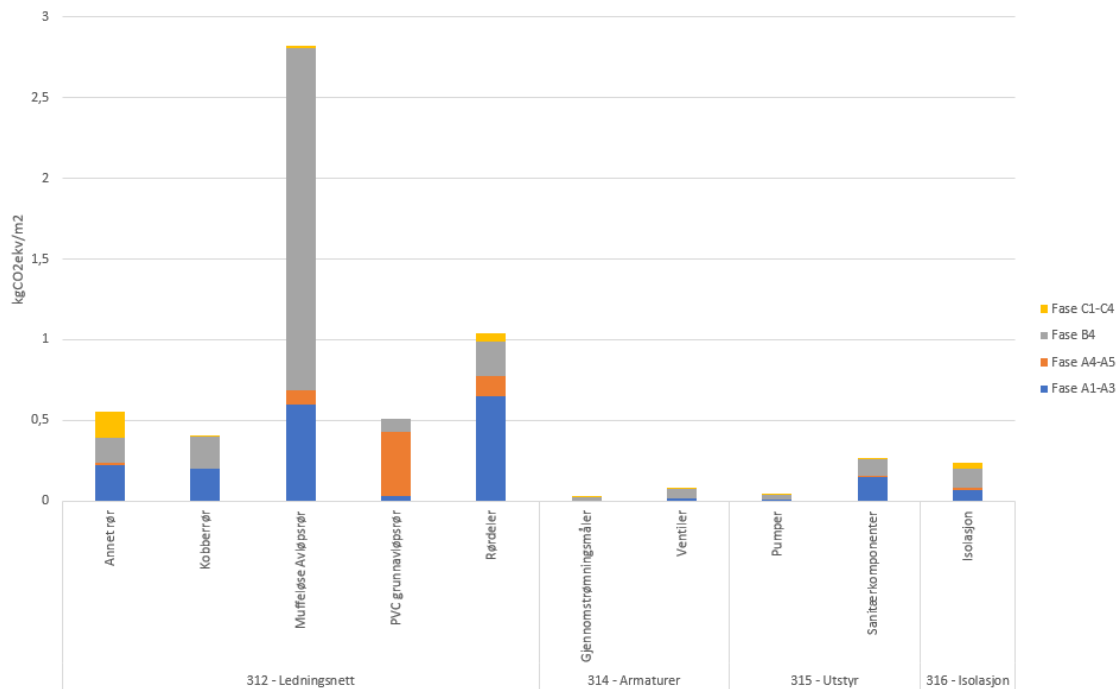
Livssyklusfase	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Andel av total [%]
Produksjonsstadiet (A1-A3)	1,36	11,82
Gjennomføringsstadiet (A4-A5)	0,68	5,91
Utskiftning (B4)	3,51	30,50
Energibruk i drift (B6)	5,68	49,35
Livsløpets sluttstadiet (C1-C4)	0,28	2,43
Total	11,51	

Som figuren nedenfor viser at 312 - ledningsnett for sanitærinstallasjoner, illustrert med blå farge, er den 3-sifferet bygningsdelskoden med mest utslipp. Dette er utslipp knyttet til byggets rørsystem.



Figur 4.3: Utslipp for 3-sifferet bygningskodene for 31.sanitær

Grafen i figur 4.4 viser utslipp til alle komponentene knyttet til de ulike bygningdelene. Muffeløse avløpsrør og rørdeler er de komponentene med mest utslipp. Den estimerte levetiden for muffeløse avløpsrør er 15 år, da dette anses som et åpen rørsystem. Dette er grunnen til at utslippet for utskiftning (B4) er så stor. Annet rør inkluderer følgende: galvanisert gjengerør, PE korrugerte drenerør, PE 80, PP rør og rustfritt stålrør. Disse ble samlet da de enkelte ikke ga noe betydelig utslipp. Sanitærkomponenter innebærer utslipp for uteslagsvask, sluk, utekran og fettutskiller.



Figur 4.4: Oversikt over utslipp for sanitær

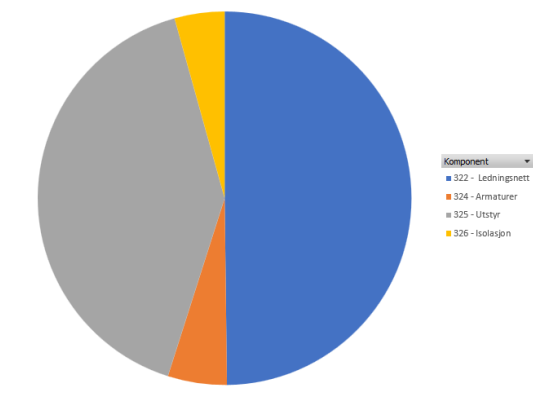
#### 4.4 Varme

Varme står for 31,71 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, som er ca. 17,1 prosent av utslippene til VVS-installasjoner. Energibruk i drift utgjør en betraktelig del av utslippene, etterfulgt av utskiftning og produksjon, se tabell 4.4.

Tabell 4.4: Total utslipp for 32.varme

Livssyklusfase	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Andel av total [%]
Produksjonsstadiet (A1-A3)	3,35	10,57
Gjennomføringsstadiet (A4-A5)	0,28	0,87
Utskiftning (B4)	3,91	12,33
Energibruk i drift (B6)	24,08	75,93
Livsløpets sluttstadiet (C1-C4)	0,09	0,29
<b>Total</b>	<b>31,71</b>	

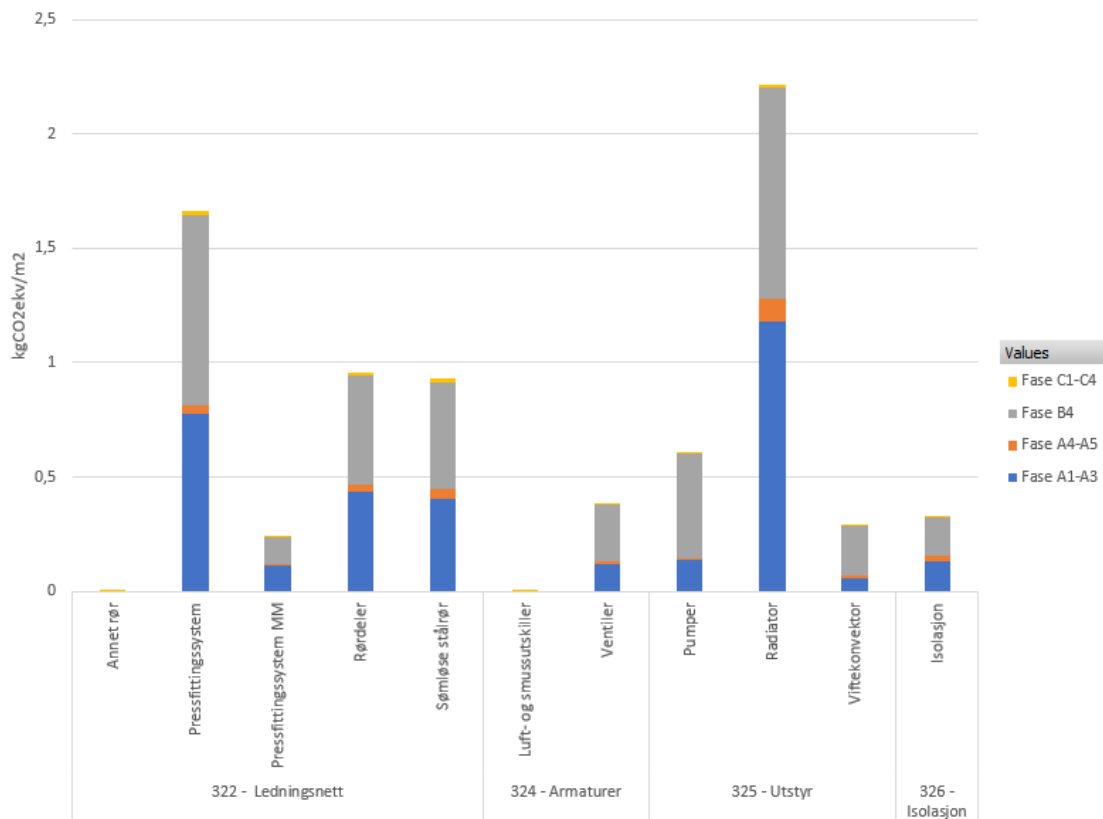
Figur 4.5 viser fordeling mellom utslipp til de ulike 3-sifrede bygningdelskodene for varme. 322 - ledningsnett for varme installasjoner og 325 - Utstyr for varmeinstallasjoner står for mest utslipp. Dette er utslipp til rør og rørdeler samt pumper, radiator og viftekonvektor.



Figur 4.5: Utslipp for 3-sifferet bygningskodene for 32.varme

Grafen i figur 4.6 viser en oversikt over komponenter til bygningsdelene og deres utslipp per m<sup>2</sup> BTA. Radiator er det utstyret som avgir mest utslipp, og pressfittingsystem er den rørtypen med størst utslipp.





Figur 4.6: Oversikt over utslipp for 32.varme

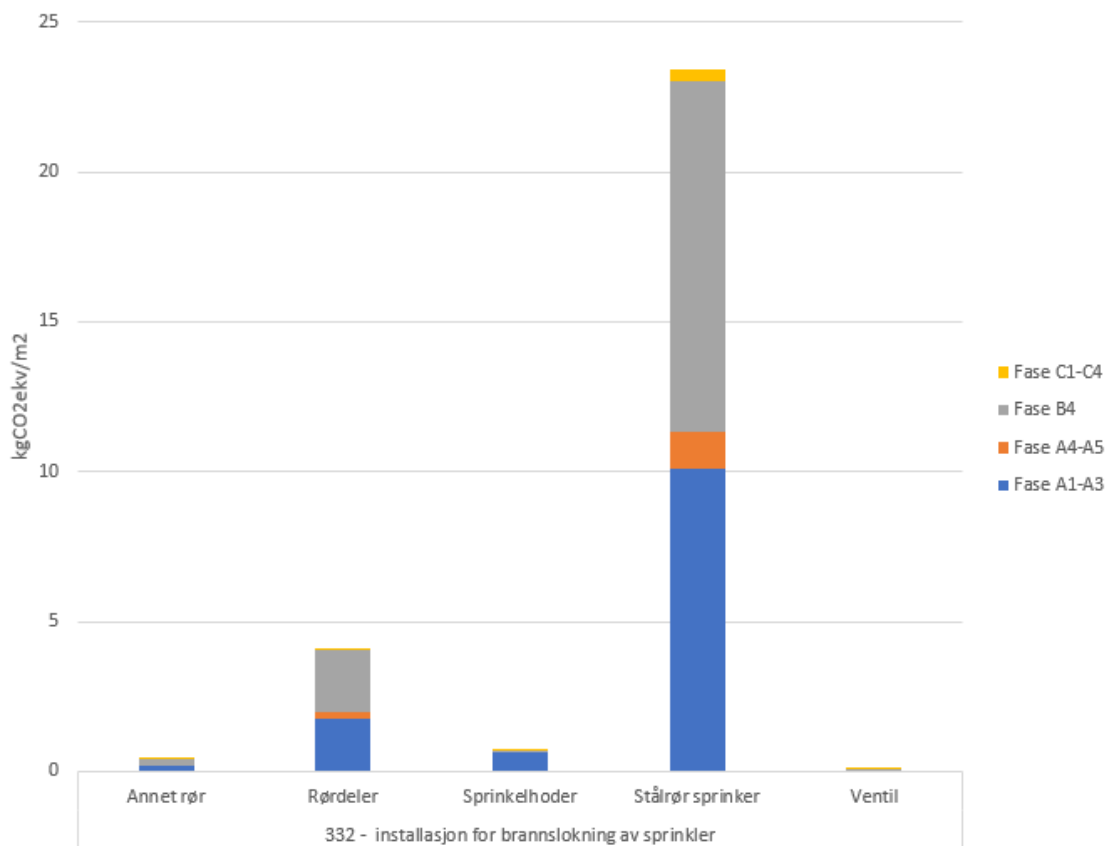
## 4.5 Brann

Brann avgir 28,72 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, som er 15,6 prosent av det totale utslippet til VVS-installasjoner for case-bygningen. Produksjonsstadiet og utskiftning er de livssyklusfasene med mest utslipp. Dette kommer frem i tabell 4.5. All utslipp tilhører bygningsdelen *332 - installasjon for brannslukning av sprinkler*, da hele bygget er fullsprinklet.

Tabell 4.5: Total utslipp for 33. brann

Livssyklusfase	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Andel av total [%]
Produksjonsstadiet (A1-A3)	12,76	44,43
Gjennomføringsstadiet (A4-A5)	1,42	4,94
Utskiftning (B4)	14,06	48,96
Energibruk i drift (B6)	-	-
Livsløpets sluttstadiet (C1-C4)	0,48	1,67
<b>Total</b>	<b>28,72</b>	

Grafen i figur 4.7 viser en oversikt over de ulike rørtypene og komponentene knyttet til brann, der stålrør sprinkler dominerer utslippet. Sprinkelhodet utgjør lite av det totale utslippet, tross store mengder sprinkelhoder.



Figur 4.7: Oversikt over utslipp for 33.varme

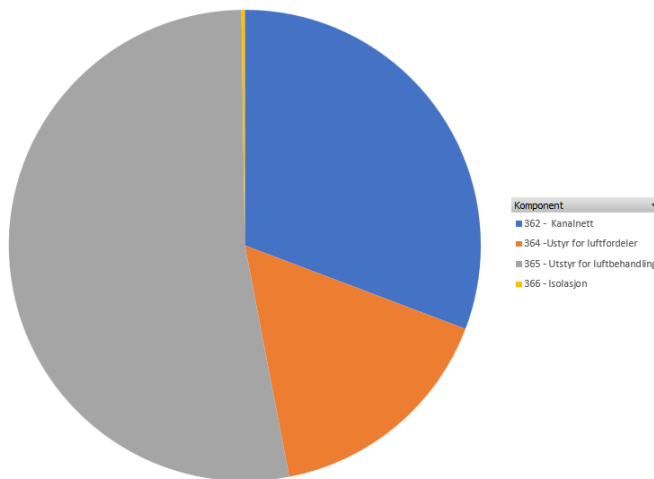
## 4.6 Luftbehandling

Luftbehandling er den bygningdelen som avgir mest utslipp av VVS-installasjoner med 96,96 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>. Dette utgjør 52,6 prosent av utslippene til VVS-installasjoner. Energibruk i drift, utskiftning og produksjonsstadiet er de fasene med størst utslipp, se tabell 4.6. Energibruk i drift er energi knyttet til varme- og kjølebatteri samt vifter.

Tabell 4.6: Total utslipp for 36.varme

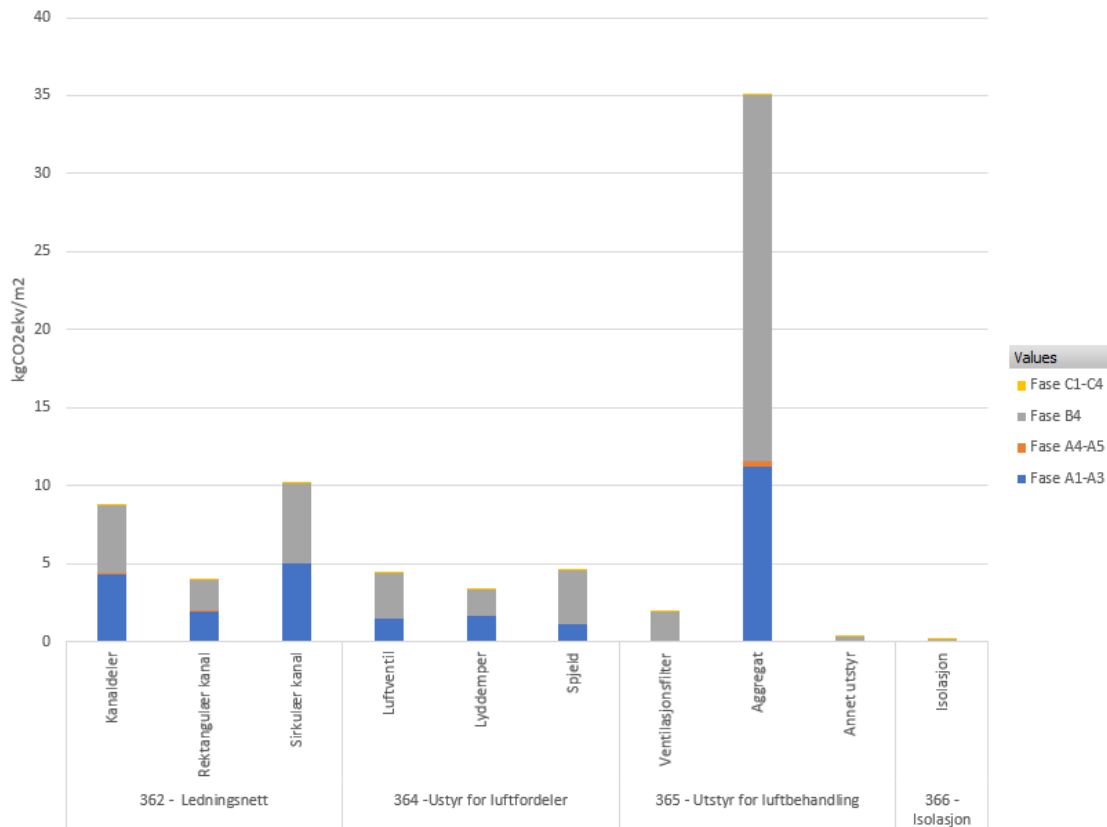
Livssyklusfase	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Andel av total [%]
Produksjonsstadiet (A1-A3)	26,76	27,60
Gjennomføringsstadiet (A4-A5)	0,61	0,63
Utskiftning (B4)	45,11	46,53
Energibruk i drift (B6)	24,18	24,94
Livsløpets sluttstadiet (C1-C4)	0,3	0,31
Total	96,96	

Figur 4.8 viser fordeling mellom utslipp for de ulike 3-sifferet bygningdelskodene for luftbehandling. I motsetning til de andre bygningdelene, er det 365 - *Utstyr for luftbehandling* som har størst utslipp, etterfulgt av 362 - *Kanalnett for luftbehandling*.



Figur 4.8: Utslipp for 3-sifferet bygningskodene for 36.luftbehandling

Totalt står aggregater for høyest utslipp etterfulgt av kanaler og kanaldeler, se figur 4.9.



Figur 4.9: Oversikt over utslipp for 36.luftbehandling

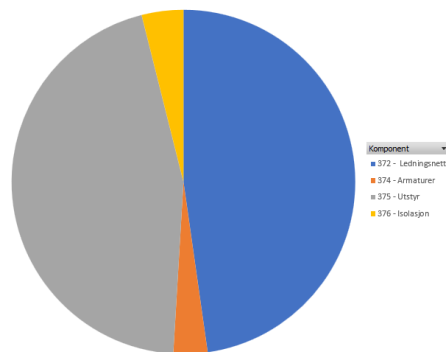
## 4.7 Komfortkjøling

Komfortkjøling står for 15,16 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, som er 8,2 prosent av utslipp til VVS-installasjoner. Her er utskiftning den livssyklusfasen med størst utslipp, etterfulgt av produksjonsstadiet og energibruk i drift, se tabell 4.7. Energibruk i drift innebærer energi til romkjøling og 77,6 prosent av pumper.

Tabell 4.7: Total utslipp for 37.komfortkjøling

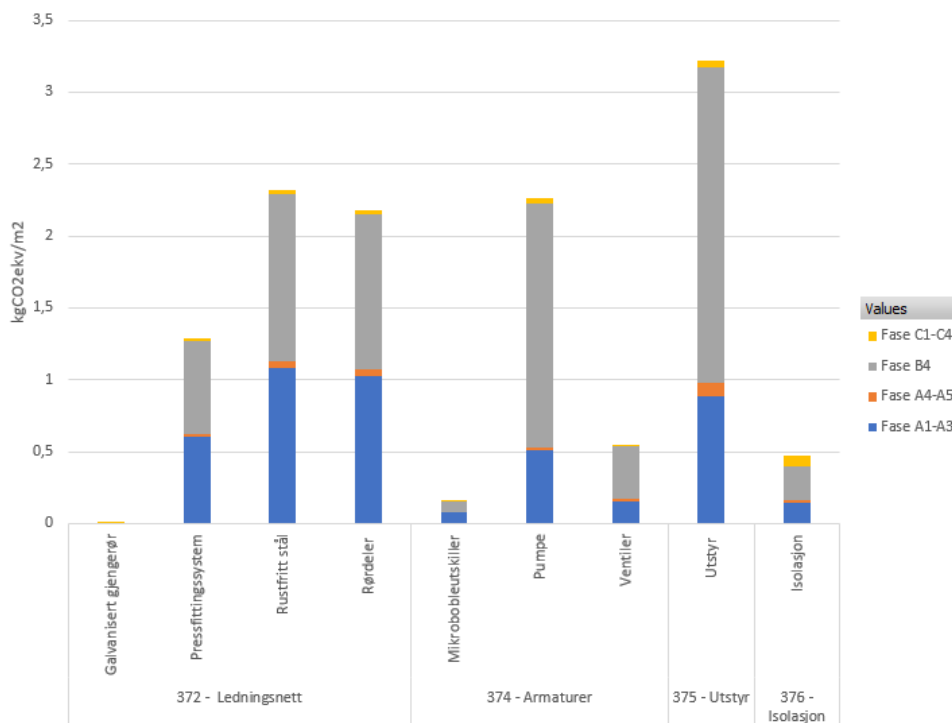
Livssyklusfase	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Andel av total [%]
Produksjonsstadiet (A1-A3)	4,46	29,42
Gjennomføringsstadiet (A4-A5)	0,28	1,85
Utskiftning (B4)	7,45	49,14
Energibruk i drift (B6)	2,74	18,07
Livsløpets sluttstadiet (C1-C4)	0,23	1,52
Total	15,16	

Figur 4.10 viser fordeling mellom utslipp for de ulike 3-sifrede bygningsdelskodene for komfortkjøling. Utslippet til 372 - ledningsnett for komfortkjøling og 375 - Utstyr for komfortkjøling svært like, men ledningsnett har noe mer utslipp. Dette er utslipp for rør og kanaldeleer, mens utstyr er utslipp for kjølebafler og viftekonvektorer.



Figur 4.10: Utslipp for 3-sifferet bygningskodene for 37.komfortkjøling

Grafen i figur 4.11 illustrerer utslippene for komfortkjøling. Utstyr utgjør en stor del av utslippene til komfortkjøling. Dette er utslipp til kjølebafler og viftekonvektorene.



Figur 4.11: Oversikt over utslipp for 37.komfortkjøling

## 4.8 Følsomhetsanalyse for livsløpsanalysen

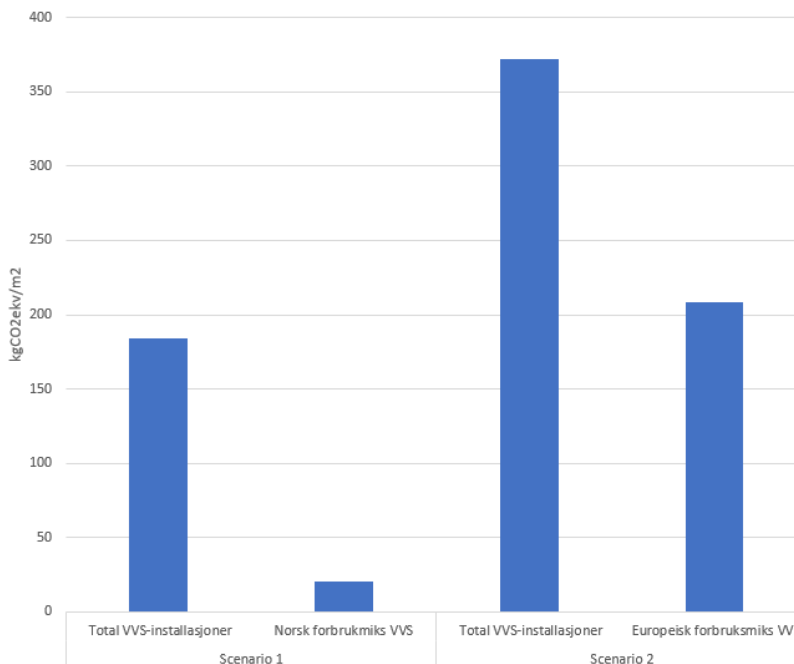
### 4.8.1 Miljødata

På grunn av lite tilgjengelige produktspesifikke miljødeklarasjoner er det en usikkerhet bak beregningene bak livsløpsanalysen. Beregningene inneholder miljødeklarasjoner for datakvalitet 1 der det var mulig, men dessverre ble datakvalitet 2 benyttet i stor grad. Samtidig manglet flere av EPDene deler av komponentens livsløps. Dette ble håndtert ved å supplere fasene i One Click LCA, noe som gir en usikkerhet om verdiene er reelle i forhold til det som er prosjektert. Det samme gjelder tilfellene der det ble valgt en miljødeklarasjon på bakgrunn av materialsammensetningen på komponenten.

### 4.8.2 Usikkerheter til energibruk i drift:

Det ble tilsendt et øvre- og nedre estimat på energiberegninger for case-bygningen ,utført av Multi-consult, grunnet stor usikkerhet bak rehabiliteringsprosjektet. En middelvei av disse ble brukt til beregningene, som mulig ikke samsvarer med realiteten.

Scenario 1 *Norsk forbruksmiks* i henhold til NS 3720:2018 ble brukt til å beregne utslipp knyttet til elektrisitet. Figur 4.12 viser forskjellen på utslipp mellom norsk- og europeisk forbruksmiks (EU28+NO) knyttet til levert energi for case-bygningen. ”Total VVS-installasjoner” viser det totale utslippet knyttet til VVS-installasjoner når scenariet 1 eller 2 benyttes, mens ”Norsk/Europeisk forbruksmiks VVS” viser utslippet knyttet til direkte elektrisitet ved gitt scenario.



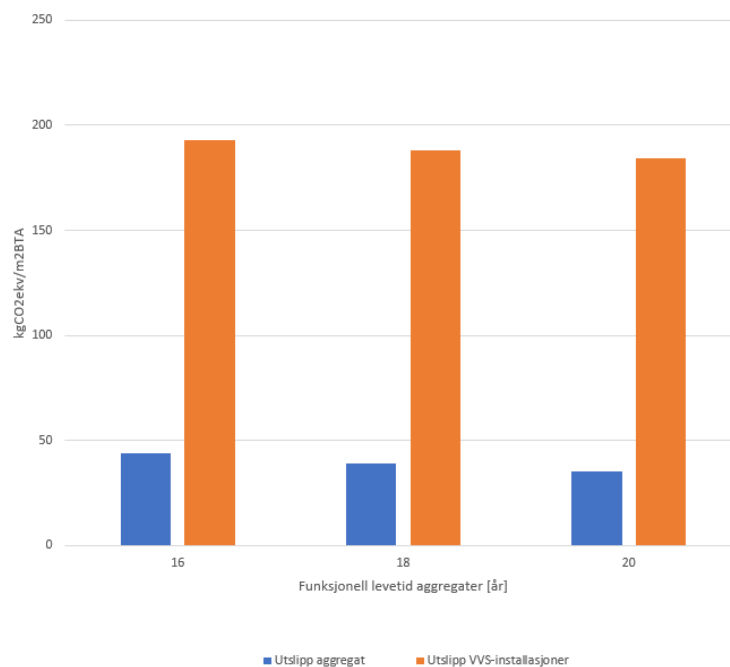
Figur 4.12: Sammenligning av norsk- og europeisk (EU28+NO) forbruksmiks

Som figuren viser vil utslippet være betraktelig mer ved scenario 2. Dette kan blant annet begrunnes med at Norge bruker mer fornybar energi, som vannkraft, sammenlignet med Europa. Grafen viser også forskjellen mellom total utslipp for VVS-installasjoner ved bruk av scenario 1 eller 2. Om europeisk forbruksmiks hadde blitt benyttet for elektrisitet i oppgaven ville den totale utslippet for VVS-installasjoner vært betydelig større.

#### 4.8.3 Usikkerheter til aggregatets levetid:

Den økonomiske levetiden til aggregat er ikke nevnt i EN 15459-1:2017, og det ble derfor hentet funksjonell levetid fra rapporten *Levetider i praksis* [9]. Den funksjonelle levetiden for aggregat er mellom 16-20 år. I studien er det valgt å bruke 20 år, men på grunn av de store utslipp til aggregatene ble det valgt å se hvor mye en kortere levetid vil påvirke resultatene.

Figur 4.13 viser forskjellen mellom totale utslipp til aggregatene og bygget når den funksjonelle levetiden endres mellom 16-20 år. Som grafen viser vil utslippet til både aggregatene og VVS-installasjoner være litt større dersom levetiden endres fra 20 år til 16 eller 18 år.



Figur 4.13: Sammenligning mellom utslipp for ulike funksjonelle levetider til aggregater

## 5 Diskusjon

Dette kapittelet diskuterer rundt delmålene presentert i underkapittel 1.2. Først diskuteres delmål 2: prosessen for øverføring av bygningsmodell til LCA for VVS-installasjoner, videre diskuteres delmål 3: håndtering av EPDer for VVS-installasjoner, så delmål 4: hovedfunn fra case-studiet og delmål 1: samsvar mellom denne studien og tidligere studier. Avslutningsvis diskuteres mulig usikkerheter og mangler i denne oppgaven.

### 5.1 Overføring av bygningsmodell til LCA for VVS-installasjoner

For å kunne utføre en livsløpsanalyse må det utarbeides et materialuttak fra en BIM-fil. Det er essensielt at denne BIM-filen er informativ og riktig i forhold til det som er bygget, da dette er grunnlaget for selve analysen. Tidligere studier har brukt programvarer som Solibri og Revit. På bakgrunn av kunnskapene til ekstern veileder ble det valgt å bruke Naviate Simple BIM til materialuttak. Dette programmet var ikke egnet til denne case-bygningen, da alle materialer for VVS-installasjoner var uidentifiserte i programmet. Derfor ble et internt script fra Forskningsgruppen Grønn VVS benyttet i Revit.

Scriptet i Revit var ikke ferdigutviklet på daværende tidspunkt, men parametere som ”Ny NS Kode” og ”Enhet i Revit” ble benyttet for å få mer informasjon om komponentene enn et vanlig materialuttak. Se vedlegg B for en oversikt over hvilke parametre som kommer i et vanlig materialuttak og hvilke som ble inkludert i scriptet. Scriptet har et mål å få med parametre som ”Volum rør”. Dette vil automatisere prosessen til å beregne vekt på rør og kanaler.

For rør- og kanaldeler var det en utfordring å beregne vekt, da disse tilhørte mange ulike materialtyper, størrelser og former. Å beregne alle disse komponentene hver for seg er både en omfattende og tidkrevende prosess. Dette ble løst ved et script i Excel utarbeidet av intern veileder, P. Schild, som leste av informasjon av materialuttaket til å beregne vekt eller volum på alle rør- og kanaldeler.

Databasen i One Click LCA inneholder ikke nok spesifikke miljødeklarasjoner for VVS-installasjoner. I tillegg konkluderte Ngyuen og Kjekken at generiske data ikke er egnet for VVS-installasjoner da det viser seg at generiske verdier gir høyere utslipp enn spesifikk EPD. Beregningene i denne oppgaven ble utført i Excel basert på NS 3720:2018. Det har vært en grundig livsløpsanalyse som har tatt hensyn til ulike dimensjoner og størrelser på rør, kanal og VVS-utstyr. En slik prosess har vært særs arbeidskrevende siden VVS-installasjoner inneholder mange ulike komponenter i forskjellige størrelser og dimensjoner, i tillegg til at case-bygningen er et stort bygg. Derfor anbefales det å utarbeide et verktøy som automatiserer denne prosessen for livsløpsanalyser knyttet til VVS-installasjoner.



## 5.2 Håndtering av valg EPDer for VVS-installasjoner

Per i dag finnes det for lite miljødeklarasjoner til å benytte produktspesifikke miljødeklarasjoner til de spesifikke komponentene for VVS-installasjoner. I denne oppgaven har det blitt utarbeidet en prioritetsliste basert på tidligere studier. Denne prioriteringslisten informerer systematisk hvilke miljødeklarasjon eller generisk verdi som skal brukes. Denne listen illustreres i figur 3.4 i underkapittel 3.2.2.

I EPD-Norge sin hjemmeside er det kun publisert miljødeklarasjoner for bygningsdelen luftbehandling for følgende komponenter: sirkulær kanal i galvanisert stål og luftbehandlingsaggregat type Q50. Dette kan være et resultat av at det i 2021 ble publisert en PCR for ventilasjon. Det finnes derimot ingen PCR for de andre bygningsdelene, som må være på plass før en miljødeklarasjon kan utarbeides. Dette resulterte til at flere Europeiske miljødeklarasjoner ble benyttet. Disse miljødeklarasjonene ble brukt på bakgrunn av at de er deklarerert i henhold til EN 15804 og ISO 14025.

En annen utfordring med dagens miljødeklarasjoner er manglende informasjon for flere av fasene. I denne oppgaven brukes databasen i One Click LCA til å supplere de manglende fasene. Denne databasen inneholder en del av miljødeklarasjonene og generiske verdier for VVS-installasjoner i verden, men mangler også enkelte av de som ble benyttet i denne oppgaven. Her ble de resterende fasene supplert med en annen miljødeklarasjon eller generisk verdi i One Click LCA. One Click LCA bruker noen standardinnstillinger for å beregne de resterende fasene, som mulig ikke er reelle for komponentene i case-bygningen. Tidligere studier har brukt databasen i Ecoinvent til å supplere de resterende fasene, men på grunn av mangel på tilgang ble ikke denne databasen benyttet i denne oppgaven.

## 5.3 Hovedfunn for case-studiet

Et av delmålene presentert i innledningen var å finne etablere representative referanseverdier for VVS-installasjoner. Det presiseres at resultatene kun er representative for denne case-bygningen, da løsninger og prosjektering for VVS-installasjoner er varierende for hver prosjekt. Resultatene kan gi en indikasjon på hvor mye utslipp VVS-installasjoner står for samt hvilken fase, bygningsdel, kanal- og rørtype og utstyr som har størst utslipp.

### 5.3.1 Total utslipp for bygningsdelene

Totalt står bygget for 184 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, hvorav 67 prosent er knyttet til materialer og 31 prosent til energibruk i drift. Tabell 5.1 viser utslippene for bygningsdelene og totalt for VVS-installasjonene beregnet i denne studien, der scenario 1 for elektrisitet er benyttet. Bygningsdel "36. Luftbehandling" står for nesten 53 prosent av utslippet knyttet til VVS-installasjoner. Dette kommer som følge av de store utslippene knyttet til aggregatene, samt at dimensjonene på kanalene er større enn rørene. Bygningsdel "31.Sanitær" utgjør den minste andelen av utslippene. Dette kommer som følge av at det er

plastrør som utgjør hovedbestanddelen av komponentene. Disse plastrørene har både lengre levetid og mindre vekt enn metallrør.

Tabell 5.1: Totalt utslipp fra de ulike bygningsdelene og VVS-installasjonene

Bygningsdel	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Andel total [%]
Sanitær	11,51	6,25
Varme	31,71	17,23
Brann	28,72	15,60
Luftbehandling	96,96	52,68
Komfortkjøling	15,16	8,24
VVS-installasjoner	184,06	

Utskiftning er den fasen som utgjør mest i denne case-studien med ca. 40 prosent av totalt utslipp. Dette er ikke overraskende da mange av komponentene må skiftes ut opp til flere ganger i løpet av byggets levetid. Energibruk i drift (B6) står for ca. 31 prosent av utslippene. Denne prosentdel hadde vært større dersom elektrisiteten ble byttet til scenario 2 Europeisk (EU28+NO) forbruksmiks. Produksjonsstadiet står for ca. 27 prosent av de totale utslippene, mens gjennomførings- og sluttstadiet står tilsammen for under 3 prosent.

### 5.3.2 Utslipp for VVS-komponenter

Utslippene knyttet til kanal- og rørtyper avhenger av materialet samt deres lengde og dimensjon. Tabell 5.2 viser total utslipp, lengde og dimensjoner knyttet til et utvalg av ulike plast- og metallrør med størst utslipp for denne case-bygningen.

Tabell 5.2: Sammenligning mellom ulike kanal- og rør-typer

Material	Type	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Lengde [m]	Dimensjoner [mm]
Metall	Stålrør sprinkler	23,4	6627	15-100
Metall	Galvanisert stålskanal	14,18	7737	100-1350
Metall	Pressfittingsystem	3,19	9922	12-54
Plast	PVC	0,51	209	75-250
Plast	PP	0,21	340	32-160
Plast	PE	0,15	239	40-110

Generelt har plastrør lavere utslipp enn metallrør. Dette kan blant annet begrunnes med at plast har en lavere vekt og lengre levetid, som vil totalt gi lavere utslipp. ”Stålrør sprinkler” er den rørtypen

med størst utslipp. Dette kan begrunnes med at denne rørtypen har store mengder rør for de større dimensjonene sammenlignet med de andre rørtypene. Det store utslippet knyttet til galvanisert stålrør kan begrunnes med at luftbehandling har store dimensjoner sammenlignet med de andre bygningsdelene. Dette gjelder også for PVC-rør som har større utslipp sammenlignet med de andre plastrørene.

Tabell 5.3 viser de komponentene til denne case-bygningen med størst utslipp. "Aggregat" er den komponenten som avgir mest utslipp, etterfulgt av spjeld og luftventil. Ingen av utstyrene, unntatt aggregat, har et betydelig utslipp per stykk. Case-bygningen inneholder en del av disse utstyrene, og det vil derfor være en betydelig mengde utslipp for VVS-installasjoner.

Tabell 5.3: Utstyr med størst utslipp

Komponent	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	GWP/stk [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> stk]
Aggregat	39,110	1,349
Spjeld	4,550	0,010
Luftventil	3,730	0,004
Pumper	2,900	0,060
Radiatorer	2,210	0,005
Kjølebaffer	0,900	0,010

### 5.3.3 VVS-installasjon sin påvirkning på klimaregnskapet

I beregningene ble det utarbeidet to referansebygg i Carbon Designer for å se hvor stor prosentandel VVS-installasjoner står for av det totale utslippet til bygget. Resultatene viste at VVS-installasjoner står for 36,6 prosent av det totale utslippet for et nybygg og 53,14 prosent ved et rehabiliteringsprosjekt. En rapport utført av Asplan Viak sier at Carbon Designer er lite representativ for norske bygninger [30]. For å se hvor representativ resultatene i Carbon Designer er, ble resultatene fra VVS-installasjoner sammenlignet med andre verdier hentet fra rapporten til Asplan Viak [30] og ZEN [31].

Rapporten til Asplan Viak inneholder en sammenstillende studie med resultater fra ulike reelle klimagassberegninger i Oslo. Disse studiene ekskluderes VVS-installasjoner. For skolebygning er referansenivået for utslipp knyttet til materialbruk (A1-A4, B4-B5) på 436 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>BTA. Dette tallet er merkant høyere enn resultatet fra One Click LCA.

For å kunne sammenligne referansenivået for skolebygg med utslippet for VVS-installasjoner ekskluderes fasene B6 og C1-C4. Da vil VVS-installasjoner stå for 22 prosent av bygningens totale utslipp. Dette svaret kan anses som et mer realistisk tall sammenlignet med resultater fra tidligere studier. Rapporten inneholder kun to rehabiliteringsprosjekter for skolebygninger i Oslo. Gjennomsnittlig har disse et utslipp på ca. 120 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>BTA. Her vil VVS-installasjoner stå for 51,25 prosent av det totale utslippet til bygningen, når energibruk tas med i beregning.

Resultatene av klimagassutslipp fra VVS-installasjoner ble også sammenlignet med innsamlingsverdier for skolebygg i Norge fra ZEN sin rapport [31]. Her inkluderes VVS-installasjoner, hvor VVS, elkraft, tele og automatisering står for 150 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, noe som er tilnærmet likt utslipp fra casebygget. Beregningene tar kun med produksjonsstadiet og utskiftning. For en vanlig skolebygg er det totale utslippet for bygg mellom 3,8-7,4 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år, mens et rehabiliteringsbygg er mellom 2-3 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>/år. Gjennomsnittsverdier mellom disse ble benyttet til å beregne hvor stor andel VVS-installasjoner står for. VVS-installasjoner i denne case-bygningen utgjør 37,5 prosent ved et nybygg og 81,8 prosent ved et rehabiliteringsbygg.

Det er vanskelig å si hvor stor prosentandel VVS-installasjoner står for til denne case-bygningen, da det ikke har blitt utført en livsløpsanalyse av det reelle bygget. Fra de tre scenarioene ovenfor kan det indikere at VVS-installasjoner står for et sted mellom 22-38 prosent av et nybygg og 51-82 prosent ved et rehabiliteringsbygg, se tabell 5.4. Variasjonene mellom prosentandelen av VVS-installasjoner for rehabiliteringsbygget viser en stor usikkerhet som bør ses nærmere på i videre forskning.

Tabell 5.4: Prosentandel VVS-installasjoner står for

	<b>Carbon designer</b>	<b>Asplan Viak [30]</b>	<b>ZEN [31]</b>
Nybygg	36,6 %	22,0 %	37,5 %
Rehabiliteringsbygg	53,1 %	51,2 %	81,8 %
Faser inkludert	A1-A5, B4, B6, C1-C4	A1-A4, B4-B5	A1-A3, B4

## 5.4 Samsvar med tidligere studier

Ved å studere tidligere studier var målet å se hvilke programvarer som ble benyttet til materialuttak, hvilke miljødeklarasjon eller generiske verdier som ble brukt samt å analysere deres resultater. Nedenfor sammenlignes resultatene for denne case-studien med tidligere studier, som oppsummeres i tabell 5.5 og 5.6

I samsvar med tidligere studier benyttes programvaren Revit til materialuttak. Bruken av miljødeklarasjonen varierer. Denne case-studien brukte miljødeklarasjoner der det var mulig, det samme gjelder for enkelte av de andre studiene. Kjekken benyttet mer generiske verdier, og konkluderte med at disse ikke var egnet for VVS-installasjoner. Alle de utvalgte studiene unntatt Borg konkluderte med at fasen utskiftning (B4) er den fasen som ga mest. Dette samsvarer med resultatene for denne case-studien der utskiftning var den fasen med mest utslipp etterfulgt av energibruk i drift (B6).

Resultatene fra de tidligere studiene er varierende. For Borg sitt case-studie ble det konkluderte med at en konversjonell beregning vil luftbehandling stå for 30,87 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>. Dette inkluderer alle de bundne fasene. I denne studien står luftbehandling for 51,85 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup> (eksludert B6), som er 60 prosent mer utslipp enn Borg. Én grunn til at denne studien har mer utslipp enn Borg er antallet av aggregater i denne studien sammenlignet med Borg. I tillegg brukes Ecoinvent og LCA data som database for å beregne utslipp, mens her ble det i stor grad benyttet miljødeklarasjoner. Nguyen konkluderte med at en manuell beregning for ventilasjon i produksjonsfasen ga et utslipp på 18,74 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, dette er også mindre utslipp enn denne studien som er 26,76 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>. Det kan også være et resultat på mengden aggregater sammenlignet med case-bygningen til Nguyen.

Kiamili konkluderte med at varme, ventilasjon og kjøling utgjorde 186 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup> for de bundne fasene og energibruk i drift (B6), mens Ylmèn konkluderte med at VVS-installasjoner står for 150 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup> for de samme fasene. I denne studien utgjør disse bygningsdelene 143,8 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, noe som ikke er så ulikt fra resultatene til Kiamili og Ylmèn. Liaøy og Winsvold konkluderte med at plastrørene Blue pipe- og Green pipe-rør ga mer utslipp enn konvensjonelle metallrør. Dette samsvarer med resultatene i denne studien.

Kjekken inkluderte alle bygningsdelene for tekniske installasjoner og PV. For å kunne sammenligne med denne case-studien ble det kun inkludert bygningsdelene varme, luftbehandling og komfortkjøling. Disse bygningsdelen stod for 184,5 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup> for de budne fasene. I denne case-studien utgjør disse bygningsdelene for 143,8 kg CO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup> til de budne fasene. Det store forskjellen mellom studiene er utslippet knyttet til kanaler, der Kjekken har et utslipp på over 40 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>, mens her er det beregnet til ca. 14 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup>. Hva som ligger bak utslippet til Kjekken er usikkert. Denne oppgaven har mer mengde av kanaler enn Kjekken, men studien til Kjekken benyttet en EPD hentet fra databasen i One Click. Utslippet knyttet til denne EPDen er trolig større enn den som ble benyttet i denne oppgaven.

Tabell 5.5: Sammenligning av tidligere studier og denne case-studien, del 1

Navn	Borg	Kjeken	Nguyen	Ylmèn et al.
Tid/sted	2016/Norge	2021/Norge	2021/Norge	2019/Sverige
Livsløpsfase	A1-A5, B4, B6, C1-C4	A1-A5, B4, C1-C4	A1-A3	A1-A5, B4, B6, C1-C4
Hva undersøkes?	Ventilasjon	Tekniske anlegg + PV	Ventilasjon	Hele bygningen
Bygningstype	Kontorbygg	Forskningsbygg	Forskningsbygg	Kontorbygg
Materialuttak	Revit	Revit og Solibri	Revit og Solibri	-
EPD	Ecoinvent og LCA data	Generiske verdier og produktspesifikke EPDer	Generiske verdier og produktspesifikke EPDer	Spesifikk EPD og ecoinvent
Fase med høyest utslipp	Energibruk (B6)	Utskiftning (B4)	-	Utskiftning (B4)
Total utslipp [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	30.98	258, 9	Manuell:18,74 / One Click: 23,3	150

Tabell 5.6: Sammenligning av tidligere studier og denne case-studien, del 2

Navn	Liaøy og Winsvold	Kiamili et al.	Case-studien
Tid/sted	2019/Norge	2020/Sveits	2022/Norge
Livsløpsfase	A1-A3	A1-A5, B4, B6, C1-C4	A1-A5, B4, B6, C1-C4
Hva undersøkes?	Rør (varme, sanitær og komfortkjøling)	Varme, ventilasjon og kjøling	VVS-installasjoner
Bygningstype	Kontor- og forretningslokaler	Kontorbygg	Skolebygg
Materialuttak	Revit	Revit + Dynamo	Skript i Revit
EPD	Produktspesifikk EPDer	Produktspesifikk EPDer og Ecoinvent	Spesifikk EPDer og generiske verdier
Fase med høyest utslipp	-	Utskiftning (B4)	Utskiftning (B6)
Total utslipp [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]	Kontorlager plan 4: 2,7	183	184,04

## 5.5 Mulige usikkerheter og mangler

Livsløpsanalysen har vært omfattende, da det blant annet har blitt tatt hensyn til ulike dimensjoner på komponenter og utstyr samt inkludert alle kanal- og rørdeler. Det er derimot unngåelig å unngå usikkerheter og mangler i en omfattende livsløpsanalyse, som kan ha påvirket nøyaktigheten på resultatene.

Det er en usikkerhet om "As Built"-filen er fullstendig prosjektert i forhold til det som er bygget. Det mangler enkelte komponenter som ikke ble tatt med i materialuttaket. Dette er komponenter som brannisolasjon, by-pass, ekspansjonskar, varmevekslere, akkumleringstank, kjølemaskin og tørrkjølere. Utslipet knyttet til VVS-installasjoner ville vært større om alle komponentene ble inkludert i beregningene. I tillegg blir komponenter knyttet til automatikk som kontrollsystemer, romfølere og sensorer ikke inkludert i beregningene. Dette gjelder også for elektronikk.

På grunn av lite tilgjengelige miljødeklarasjoner er få av de brukte miljødeklarasjonene deklarerert for det spesifikke produktet men et lignende produkt. Der dette ikke var mulig ble det benyttet proxy-data av sammenlignbare eller representative produkter. Det er dermed mulig at utslippene ikke er reelle for komponentene i case-bygningen. Dette gjelder blant annet for aggregater, som var det VVS-utstyret med størst utslipp. EPDen benyttet til roterende aggregater er et spesifikk EPD for et annet roterende ventilasjonsaggregat. Ventilasjonsaggregater inneholder mange ulike komponenter, avhengig av behov. Det er derfor mulig utslippet ikke er reelt med virkeligheten, men det gir en indikasjon på hvor mye utslipp aggregater avgir.

Dette er en case-studie som tar for seg miljøpåvirkning for én form for løsning av VVS-installasjoner. Det kan være vanskelig å generalisere resultatene, men resultatene gir derimot en indikasjon på utslippene knyttet til de ulike bygningsdelene. Denne oppgaven tar kun for seg miljøpåvirkning knyttet til global oppvarming. Det er usikkert hvilke påvirkninger VVS-installasjoner har for andre miljøperspektiver. Disse bør evalueres for å fullstendig vurdere hvor gunstig VVS-installasjoner er for miljøet.

## 6 Konklusjon

Formålet med denne studien var å undersøke VVS-installasjonens påvirkning på klimagassregnskap til et eksisterende norsk skolebygg. Dette ble utført ved en grundig livsløpsanalyse av en case-bygning i Excel, der det ble skilt mellom dimensjoner og størrelser på rør, kanaler og VVS-utstyr. Det har også blitt beregnet utslipp knyttet til energibruk i drift.

Funn fra tidligere studier indikerer at VVS-installasjoner står for en betydelig del av det totale utslippet til bygget. Dette begrunnes blant annet med den korte levetiden VVS-installasjoner har i forhold til bygningens levetid, som gjør at utslippet for utskiftning utgjør en stor andel av utslippet. Bruken av miljødeklarasjoner varierer. Nguyen konkluderte i 2021 at generiske verdier ikke var egnet for VVS-installasjoner, da dette ga større utslipp en spesifikke miljødeklarasjoner.

Det er essensielt at BIM-modellen er informativ og riktig i forhold til det som er bygget, da dette er grunnlaget for selve analysen. I denne oppgaven ble et script i Revit benyttet til materialuttak, som ble importert til Excel. Å utføre en grundig livsløpsanalyse i Excel er arbeidskrevende siden VVS-installasjoner inneholder mange ulike komponenter i forskjellige størrelser og dimensjoner. Samtidig må enhetene til komponentene konverteres fra lengde eller stykk til spesifikk vekt. Derfor oppfordres det til å utarbeide et verktøy som er tilpasset for LCA til VVS-installasjoner som automatiserer denne prosessen.

Håndtering av miljødeklarasjon kan være utfordrende, da det er lite tilgjengelige miljødeklarasjoner for VVS-installasjoner, i tillegg mangler disse deler av komponentens livsløp. Dette ble løst ved å utarbeide en strukturell prioriteringsliste for valg av EPD for VVS-installasjoner. De fasene som manglet verdier ble supplert i One Click LCA på grunn av manglende lisens på databasen i Ecoinvent. I det siste året har det blitt publisert flere miljødeklarasjoner for ventilasjon på EPD Norge sin hjemmeside. Dette kan være et resultat av at det i 2021 ble publisert en PCR for ventilasjon.

Resultatene fra analysen viser at VVS-installasjoner står for 184 kgCO<sub>2</sub>ekv/m<sup>2</sup> BTA, hvorav 67 prosent er knyttet til materialer og 31 prosent til energibruk. Det er vanskelig å konkludere hvor stor prosentandel VVS-installasjoner står for i denne case-bygningen, da det ikke har blitt utført en livsløpsanalyse av det reelle bygget. Fra tre ulike scenarioer indikerer det at VVS-installasjoner står for 22-38 prosent av utslippene knyttet til et nybygg og 51-82 prosent til et rehabiliteringsprosjekt. "Utskiftning" er den fasen som utgjør størst andelen av utslippene, som samsvarer med tidligere studier. Dette etterfølges av energibruk i drift og produksjonsstadiet. Gjennomføringsstadiet og sluttstadiet utgjør til sammen under 3 prosent av utslippene knyttet til VVS-installasjoner. Bygningsdelen "luftbehandling" utgjør ca. 53 prosent av utslippene knyttet til VVS-installasjoner. Dette skyldes det store utslippet til aggregater og kanaler.



## 7 Forslag til videre arbeid

Det er flere områder som kan forbedres og gjøre mer forskning på. Denne oppgaven tar kun for seg miljøpåvirkningen for global oppvarming. Det å se på de andre miljøpåvirkningene vil gi et mer helhetlig bilde hvor miljøvennlig VVS-installasjoner er. Nedenfor er noen muligheter for videre arbeid listet opp:

- Inkludere automatikk og elektronikk i LCA
- Utvikle et verktøy som automatiserer LCA for VVS-installasjoner
- Sammenligne klimagassutslipp for ulike løsninger av VVS-installasjoner
- Undersøke forskjellen på utslippene knyttet til sentraliserte og desentraliserte aggregater
- Bruke databasen i Ecoinvent til å supplere de manglende fasene i miljødeklarasjonene
- Utarbeide erfaringstall for beregning av kanal- og rørdeler
- Utarbeide Materialguide for VVS-installasjoner

## Referanser

- [1] FN-Sambandet. “Klimaendringer.” (2021), adresse: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>. (Lastet ned: 05.2022).
- [2] Miljødirektoratet. “Hovedfunn i tredje del i sjettede hovedrapport.” (2022), adresse: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/sjettede-hovedrapport/hovedfunn-i-tredje-del-i-sjettede-hovedrapport/>. (Lastet ned: 05.2022).
- [3] H. Larsen, “Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp,” Asplan Viak, Norway, tekn. rapp. Endelig, 2019.
- [4] K. og miljødepartementet. “Klimaendringer og norsk klimapolitikk.” (2021), adresse: <https://byggalliansen.no/kunnskapssenter/publikasjoner/infopakkeklimakjempen/#1610543921703-9fae1937-3055>. (Lastet ned: 05.2022).
- [5] E. Horgen. “EH FÅR 4,2 MILL. TIL FORSKNING PÅ GRØNN VVS.” (2021), adresse: <https://www.erichsen-horgen.no/artikler/aktuelt/eh-faar-4-2-mill-til-forskning-paa-groenn-vvs/>. (Lastet ned: 04.2022).
- [6] T. N. E. Foundation. “Hva er EPD?” (), adresse: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>. (Lastet ned: 04.04.2022).
- [7] LCA.no. “Hva er LCA?” (), adresse: <https://lca.no/hva-er-lca/1>. (Lastet ned: 04.04.2022).
- [8] “Metode for klimagassberegning for bygninger, NS 3720.” (2018).
- [9] Multiconsult. “LCA og klimagassregnskap.” (), adresse: <https://www.multiconsult.no/tjenester/lca-og-klimagassregnskap/>. (Lastet ned: 04.2022).
- [10] K. Simonen, *Life cycle assessment*. New York: Routledge, 2014, (Lastet ned: 03.2022).
- [11] SintefByggforsk. “470.101, Livsløpsvurdering (LCA) av byggevarer og bygninger. Innføring og begreper.” (2014), adresse: <https://www.byggforsk.no/dokument/205/livsløpsvurdering-lca-av-byggevarer-og-bygninger-innfoering-og-begreper>. (Lastet ned: 04.2022).
- [12] “Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøprestasjon - Beregningsmetode, NS-EN 15978.” (2011).
- [13] “Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinje, NS-EN ISO 14044.” (2006).
- [14] T. Liebsch. “Life Cycle Assessment (LCA) – Complete Beginner’s Guidee.” (2019), adresse: <https://ecochain.com/knowledge/life-cycle-assessment-lca-guide/>. (Lastet ned: 04.2022).
- [15] G. I. for Sustainability. “What is life cycle assessment (LCA)?” (2020), adresse: <https://www.rit.edu/sustainabilityinstitute/blog/what-life-cycle-assessment-lca>. (Lastet ned: 04.2022).
- [16] I. O. for Standardization. “Environmental LABELS.” (2019), adresse: <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100323.pdf>. (Lastet ned: 04.2022).

- [17] Lindbak. “Hva er miljømerker type 1?” (), adresse: <https://www.lindbak.no/milj%C3%B8merker-type-1-gj%C3%B8r-det-enklere-%C3%A5-velge-milj%C3%B8vennlig-og-gr%C3%B8nt>. (Lastet ned: 04.2022).
- [18] DFØ. “Bruk av miljømerker, miljøvaredeklarasjoner og miljøledelsessystem i anskaffelser.” (2021), adresse: <https://anskaffelser.no/verktoy/veiledere/bruk-av-miljomerker-miljovaredeklarasjoner-og-miljoledelsessystem-i-anskaffelser>. (Lastet ned: 04.2022).
- [19] K. Folvik, “Veileder for utarbeidelse av miljødeklarasjoner,” SINTEF Byggforsk, Oslo, Norway, tekn. rapp. 2, 2011.
- [20] J. Toldnæs. “Globale oppvarmingspotensialer.” (2022), adresse: [https://snl.no/globale\\_oppvarmingspotensialer](https://snl.no/globale_oppvarmingspotensialer). (Lastet ned: 04.2022).
- [21] T. N. E. Foundation, “General Programme Instructions for the Norwegian EPD Foundation,” Oslo, Norway, tekn. rapp., 2019.
- [22] Shaun. “NS 3720 Klimagassverktøyet One Click LCA Norge.” (2021), adresse: <https://oneclicklca.zendes.com/hc/en-us/articles/360014964920-NS-3720-Klimagassverkt%C3%B8yet-One-Click-LCA-Norge>. (Lastet ned: 04.2022).
- [23] O. Click. “130,000+ data points: up-to-date, verified and localised.” (), adresse: <https://www.oneclicklca.com/support/faq-and-guidance/documentation/database/>. (Lastet ned: 05.2022).
- [24] —, “Quality and consistency for whole-building LCAs using product-specific EPDs.” (), adresse: [https://www.oneclicklca.com/quality-and-consistency-for-whole-building-lcas-using-product-specific-epds/?fbclid=IwAR3VNBWlTXWm8wDvJ\\_8c3a8gS01m\\_G1b9ilqt41Lm5beUVIV90ukePLUKA](https://www.oneclicklca.com/quality-and-consistency-for-whole-building-lcas-using-product-specific-epds/?fbclid=IwAR3VNBWlTXWm8wDvJ_8c3a8gS01m_G1b9ilqt41Lm5beUVIV90ukePLUKA). (Lastet ned: 05.2022).
- [25] D. for byggkvalitet, “Klimabaserte energikrav til bygg, ref. 21/4140,” Norway, tekn. rapp., 2021.
- [26] G. Byggallianse. “Nysgjerrig på BREEAM-NOR?” (2022), adresse: <https://byggalliansen.no/sertifisering/om-breeam/nysgjerrig-pa-breeam-nor/>. (Lastet ned: 05.2022).
- [27] —, “Grønn Materialguide,” Norway, tekn. rapp. 3.1, 2021.
- [28] Byggeindustrien. “SINTEF: Rehabilitering nesten alltid bedre for klima enn nybygg.” (2021), adresse: <https://www.bygg.no/sintef-rehabilitering-nesten-alltid-bedre-for-klima-enn-nybygg/1474361!/>. (Lastet ned: 05.2022).
- [29] Sintef. “Norge bør satse på rehabilitering framfor nybygg.” (2020), adresse: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/norge-bor-satse-pa-rehabilitering-framfor-nybygg/>. (Lastet ned: 05.2022).
- [30] M. Fuglseth, O. Dahlstrøm, J. L. Skullestad og A. Borg, “Kartlegging av klimagassberegninger for bygg og anlegg i Oslo,” nr. 01, 2020.
- [31] M. K. Wiik, “KLIMAGASSKRAV TIL MATERIALBRUK I BYGNINGER,” Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities, Norway, tekn. rapp. 24, 2020.

- [32] “Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder), NS 3451.” (2022).
- [33] J. Thue. “sanitæranlegg.” (2020), adresse: <https://snl.no/sanit%C3%A6ranlegg>. (Lastet ned: 04.2022).
- [34] “Varmeanlegg.” (2022), adresse: <https://no.wikipedia.org/wiki/Varmeanlegg>. (Lastet ned: 04.2022).
- [35] G. Lorentzen. “kuldeanlegg.” (2018), adresse: <https://snl.no/kuldeanlegg>. (Lastet ned: 04.2022).
- [36] G. Liebe. “sprinkleranlegg.” (2020), adresse: <https://snl.no/sprinkleranlegg>. (Lastet ned: 04.2022).
- [37] H. Røstad. “ventilasjon.” (2018), adresse: <https://snl.no/ventilasjon>. (Lastet ned: 04.2022).
- [38] A. Borg, “The Environmental Impact of Ventilation Systems in a Norwegian Office Building from a Life Cycle Perspective,” M.S. thesis, Norwegian University of Science og Technology, Trondheim, Norway, 2016.
- [39] I. Kjekken, “Embodied Carbon of Technical Installations in a Norwegian Office and Teaching Building,” M.S. thesis, Norwegian University of Science og Technology, Trondheim, Norway, 2021.
- [40] K. Nguyen, “Miljøpåvirkning av et ventilasjonssystem på kontorbygning evaluert med LCA-program i tidlig prosjekteringsfase,” M.S. thesis, OsloMet – storbyuniversitetet, Oslo, Norway, 2021.
- [41] P. Ylmén, D. Penalzoa og K. Mjörnell, “Life cycle assessment of an office building based on site-specific data,” *Energies*, årg. 12, nr. 13, s. 2588, 2019.
- [42] J. Liaøy Anders og Winsvold, *KLIMAGASSVURDERING RØRKVALITETER ØKERN PORTAL*, 2020. adresse: <https://www.armaturjonsson.no/dokumentvedlegg/rapport-erichsen-horgen/>.
- [43] C. Kiamili, A. Hollberg og G. Habert, “Detailed assessment of embodied carbon of HVAC systems for a new office building based on BIM,” *Sustainability*, årg. 12, nr. 8, s. 3372, 2020.
- [44] Eiendomsspar. “Urtekvartalet.” (2021), adresse: <https://www.urtekvartalet.no/om-urtekvartalet/>. (Lastet ned: 10.02.2022).
- [45] Byggeindustrien. “Urtekvartalet.” (2021), adresse: <https://www.bygg.no/urtekvartalet/1471197!/?image=21>. (Lastet ned: 10.02.2022).
- [46] Eiendomsspar. “Fabrikken.” (2021), adresse: <https://www.urtekvartalet.no/byggene-i-kvartalet/fabrikken/>. (Lastet ned: 10.02.2022).
- [47] “Bygningers energiytelse - Økonomisk evalueringsprosedyre for energisystemer i bygninger - Del 1: Beregningsprosedyrer, Modul M1-14, NS-EN 15459-1.” (2019).
- [48] S. Bjørberg, “Levetider i praksis - Prinsipper og bruksområder,” *Multiconsult*, s.18, 2009.

- 
- [49] A. Boyle, *Circular ventilation duct, folded Lindab Safe Safe Click*, 2021. adresse: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1319759-1628604316/EPDer/Byggevarer/NEPD-2989-1669\\_Circular-ventilation-duct--folded---Norway.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1319759-1628604316/EPDer/Byggevarer/NEPD-2989-1669_Circular-ventilation-duct--folded---Norway.pdf).
- [50] Rockwool, *ROCKWOOL stone wool building technical insulation*, 2020. adresse: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1312443-1581681277/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-2055-925\\_ROCKWOOL-stone-wool-building-technical-insulation-.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1312443-1581681277/EPDer/Utenlandsk%20registrerte%20EPD/NEPD-2055-925_ROCKWOOL-stone-wool-building-technical-insulation-.pdf).
- [51] E. Resh, "Assessment of GHG emissions from materials during building design," Thesis, 2021.

## Vedlegg

### A Omfang av komponenter og mengder

Tabell A.1 viser en oversikt over omfanget av komponenter og mengder av det som inkluderte i livsløpsanalysen.

Tabell A.1: Omfanget med komponenter for case-bygningen

Bygningsdel	3-sifferet bygningskode	Komponent	Mengde	Enhet		
31.Sanitær	312 - Ledningsnett for sanitærinstallasjoner	Kobberrør	1578	m		
		Galvaniserte gjengerør	0,08	m		
		Muffeløse Avløpsrør	1554	m		
		PE 80 trykkrør SDR 11	48	m		
		PE korrugerte drenerør NS 3065	1,07	m		
		PEX rør	223	m		
		PP rør	340	m		
		PVC grunnavløpsrør	210	m		
		Rustfritt stålrør	387	m		
		Rørdeler	9394	kg		
		Gjennomstrømningsmåler	9	stk		
		Ventiler	93	stk		
		Sanitærkomponenter	120	stk		
		Pumper	3	stk		
		Kondensisolasjon Cellegummi	4,1	m3		
Rørskål m/Al.folie	4,9	m3				
32.Varme	322 - Ledningsnett for varmeinstallasjoner	Galvaniserte gjengerør	0,35	m		
		Kobberrør	21,4	m		
		Pressfittingssystem	5672	m		
		Pressfittingssystem MM	763	m		
		Sømløse stålrør	215	m		
		Rørdeler	2027	kg		
		Luft- og smussutskiller	1	stk		
		Ventiler	645	stk		
		Viftekonvektor	3	stk		
		Pumper	35	stk		
		Radiator	428	stk		
		Kondensisolasjon Cellegummi	0,88	m3		
		Rørskål m/Al.folie	33,73	m3		
		33.Brann	332 - Installasjon for brannslukking med sprinkler	Galvaniserte gjengerør	154	m
				Kobberrør	0,1	m
Pressfittingssystem	0,29			m		
Red Pipe	0,12			m		
Rustfritt stål	0,0186			m		
Sprinkel flex	388,36			m		
Stålrør sprinkler	6627,3			m		
Sømløse stålrør	40,5			m		
Sprinkelhoder	2610			stk		
Rørdeler	5793			kg		
Ventiler	49			stk		
36.Luftbehandling	362 - Kanalnett for luftbehandling			Rektangulære kanaler - forsinket stål	333	m
				Sirkulære kanaler - forsinket stål	7044	m
				Kanaldeler	13400	kg
				Lyddemper	678	stk
		Luftventil	1065	stk		
		Spjeld	439	stk		
		Vifte	5	stk		
		Ventilasjonsfilter	58	stk		
		Aggregat	29	stk		
		Isolasjon	56,45	m3		
		37. Komfortkjøling	372 - Ledningsnett for komfortkjøling	Galvanisert gjengerør	0,04	m
				Pressfittingssystem	3487,7	m
				Rustfritt stål	1587,7	m
				Rørdeler	6811	kg
				Mikrobleutskiller	2	stk
Ventiler	659			stk		
Pumper	10			stk		
Utstyr	120			stk		
Kondensisolasjon Cellegummi	9,6			m3		
Rørskål m/Al.folie	3			m3		
372 - Ledningsnett for komfortkjøling	374 - Armaturer for komfortkjøling			Ventiler	659	stk
				Pumper	10	stk
				Utstyr	120	stk
375 - Utstyr for komfortkjøling	376 - Isolasjon for komfortkjøling			Kondensisolasjon Cellegummi	9,6	m3
				Rørskål m/Al.folie	3	m3

## B Parametere i materialuttaket

Tabell B.1 viser en oversikt over hvilke parametere som tas med i et vanlig materialuttak i Revit og hvilke som ble tatt med i scriptet.

Tabell B.1: Parametere som ble tatt ut fra materialuttak fra Revit

		Materialuttak Revit	Script
<b>ID</b>	Element.Id	x	
<b>Type</b>	Element.name	x	
<b>Dimensjon</b>	Varies. Ofte RBS_CALCULATED_SIZE	x	
<b>Indre Diameter</b>	Parameter: RBS_PIPE_INNER_DIAM_PARAM	x	
<b>Ytre Diameter</b>	Parameter: RBS_PIPE_OUTER_DIAMETER	x	
<b>Volum Rør</b>	Funksjon av indre diameter, ytre diameter og lengde	-	x
<b>Lengde/Antall/m<sup>6</sup></b>	Varies med komponenttype.	x	
<b>Enhet Revit</b>	Funksjon. Settes på bakgrunn av komponenttype	-	x
<b>Kategori</b>	Element.Category	x	
<b>NS Kode</b>	Funksjon av systemnummer og Kategori	-	x
<b>Part type</b>	Parameter: FAMILY_CONTENT_PART_TYPE	x	
<b>Family name</b>	Parameter: Family Name	x	
<b>Beskrivelse</b>	Parameter: ALL_MODEL_DESCRIPTION	x	
<b>Enhet</b>	Enhet fra database	-	x
<b>Skiftet</b>	Beregnet fra database	-	x
<b>D1</b>	Dimensjon for T-stykker. Parameter: D1	x	
<b>D3</b>	Dimensjon for T-stykker. Parameter: D3	x	
<b>Vekt</b>	Funksjon. Enten database eller datablad	-	x
<b>Vinkel</b>	Vinkel for bend. Parameter: Angle	x	
<b>MagiPart</b>	Funksjon for å gå dypere på hva slags komponent elementet er	-	x
<b>MagiMateriale</b>	MC Product Variable 1	x	
<b>Ny Ns kode</b>	Funksjon basert på systemnummer og MagiPart	-	x
<b>Workset</b>	Parameter: ELEM_PARTITION_PARAM	x	



## C Utsnitt av beregningene i Excel

Figurene nedenfor viser et utsnitt av beregningene i Excel, der C.1 viser venstre side av beregningene. Her settes inn informasjon av materialene fra materiallisten, informasjon til omregninger, enheter i valgt EPD og estimert levetid. Utifra den estimerte levetiden beregnes lifetime factorsom benyttes til å beregne B4. Figur C.2 viser høyre side av beregningene. Her legges verdier fra miljødeklarasjonene inn med omregninger for å få total GWP. Det som er uthevet i oransje er faser som er supplerte.

Komponent	Gitt mengde	Enhet	Dimensjon [mm]	Vekt [kg/stk] [kg/m]	Enhet	Enhet i EPD	Estimert	Lifetim
Rektangulær kanal	333,0951926	m	Se rektangulære kanale	6011,06 kg		kg/med en tykkelse p.	30	1
Sirkulær kanal	169,8833401	m	100	1,14 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	532,6562407	m	125	1,41 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	1106,663231	m	160	2,02 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	880,8268916	m	200	2,56 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	0,487027822	m	220	2,81 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	1208,1606693	m	250	3,18 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	1154,784671	m	315	4,41 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	0,216205553	m	326	4,56 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	0,862267297	m	362	5,59 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	924,8257868	m	400	6,01 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	0,021211019	m	437	7,02 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	837,111673	m	500	9,54 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	201,4439748	m	630	12,02 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	0,015812943	m	710	15,5 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	10,96500011	m	800	17,4 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	7,183872395	m	1000	24,1 kg/m		m for ø125	30	1
Sirkulær kanal	8,2	m	1350	42,07 kg/m		m for ø125	30	1
Gjengerør, galvanisert Total	0,08648056	m	15	1,46 kg/m		m for ø125	30	1
Kobberrør	257,3554282	m	15	0,39 kg/m		kg	30	1
Kobberrør	314,6798202	m	18	0,48 kg/m		kg	30	1
Kobberrør	0,19179972	m	20	0,538 kg/m		kg	30	1
Kobberrør	118,4770357	m	22	0,59 kg/m		kg	30	1
Kobberrør	347,1531033	m	28	1,12 kg/m		kg	30	1
Kobberrør	268,889	m	35	1,41 kg/m		kg	30	1
Kobberrør	132,5345101	m	42	1,71 kg/m		kg	30	1
Kobberrør	138,0817785	m	54	2,32 kg/m		kg	30	1
Kobberrør	0,538669466	m	76	4,43 kg/m		kg	30	1
MA	16,80699022	m	48	3,1 kg/m		m (1 meter = 7,46kg)	15	3
MA	187,7322968	m	58	4,23 kg/m		m (1 meter = 7,46kg)	15	3
MA	431,8859153	m	75	6,17 kg/m		m (1 meter = 7,46kg)	15	3
MA	751,3377323	m	110	8,2 kg/m		m (1 meter = 7,46kg)	15	3
MA	5,142247763	m	135	11,6 kg/m		m (1 meter = 7,46kg)	15	3
MA	133,1142371	m	160	13,83 kg/m		m (1 meter = 7,46kg)	15	3
MA	27,76700389	m	210	22,73 kg/m		m (1 meter = 7,46kg)	15	3
PE 80 trykkør SDR 11	32,771609	m	40	12,85 kg		1m and d110	50	0,2
PE 80 trykkør SDR 11	8,027081267	m	50	4,80 kg		1m and d110	50	0,2
PE 80 trykkør SDR 11	84,95108401	m	75	121,06 kg		1m and d110	50	0,2
PE 80 trykkør SDR 11	92,88614375	m	90	284,95 kg		1m and d110	50	0,2
PE 80 trykkør SDR 11	19,35641107	m	110	11,80 kg		1m and d110	50	0,2
PE korrugerte drenerør NS 3065	1,075419074	m	80	2,44 kg		1m and d110	50	0,2
PEX rør	9,75121188	m	15	0,001745272 m <sup>3</sup>		m for 0,054kg	50	0,2
PEX rør	202,0163836	m	18	0,029396735 m <sup>3</sup>		m for 0,054kg	50	0,2
PEX rør	11,41417971	m	22	0,0013375 m <sup>3</sup>		m for 0,054kg	50	0,2

Figur C.1: Utsnitt av beregningene i Excel del 1

C UTSNITT AV BEREGNINGENE I EXCEL

A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	GWP tot -
3,28E+04	1,57E+02	3,31E+02	x	x	x	3,35E+04	x	x	x	7,93E+00	1,62E+02	1,02E+00	6,31E-01	66958,3345
5,27E+02	6,43E+00	5,81E+00	x	x	x	5,48E+02	x	x	x	4,72E+00	3,21E+00	4,97E-01	1,41E-01	1096,502221
2,05E+03	2,49E+01	1,47E+01	x	x	x	2,12E+03	x	x	x	1,83E+01	1,25E+01	1,93E+00	5,49E-01	4236,667315
6,09E+03	7,42E+01	2,14E+01	x	x	x	6,28E+03	x	x	x	5,45E+01	3,71E+01	5,74E+00	1,63E+00	12565,27059
6,14E+03	7,48E+01	1,34E+01	x	x	x	6,33E+03	x	x	x	5,50E+01	3,74E+01	5,79E+00	1,65E+00	12658,37009
3,73E+00	4,54E-02	6,76E-03	x	x	x	3,84E+00	x	x	x	3,34E-02	2,27E-02	3,51E-03	1,00E-03	7,679815236
1,05E+04	1,28E+02	1,48E+01	x	x	x	1,08E+04	x	x	x	9,37E+01	6,38E+01	9,86E+00	2,81E+00	21551,37155
1,39E+04	1,69E+02	1,02E+01	x	x	x	1,43E+04	x	x	x	1,24E+02	8,45E+01	1,31E+01	3,72E+00	28548,01643
2,71E+00	3,30E-02	1,87E-03	x	x	x	2,79E+00	x	x	x	2,43E-02	1,65E-02	2,55E-03	7,27E-04	5,577593678
1,31E+01	1,60E-01	6,02E-03	x	x	x	1,35E+01	x	x	x	1,18E-01	8,00E-02	1,24E-02	3,52E-03	27,01299334
1,51E+04	1,84E+02	6,00E+00	x	x	x	1,56E+04	x	x	x	1,36E+02	9,22E+01	1,43E+01	4,06E+00	31147,79445
4,06E-01	4,94E-03	1,18E-04	x	x	x	4,17E-01	x	x	x	3,63E-03	2,47E-03	3,82E-04	1,09E-04	0,834347284
2,17E+04	2,65E+02	3,42E+00	x	x	x	2,24E+04	x	x	x	1,95E+02	1,33E+02	2,05E+01	5,83E+00	44742,65798
6,59E+03	8,04E+01	6,54E-01	x	x	x	6,78E+03	x	x	x	5,91E+01	4,02E+01	6,22E+00	1,77E+00	13565,19722
6,68E-01	8,14E-03	3,98E-05	x	x	x	6,87E-01	x	x	x	5,98E-03	4,07E-03	6,29E-04	1,79E-04	1,373077619
5,20E+02	6,33E+00	2,46E-02	x	x	x	5,34E+02	x	x	x	4,65E+00	3,17E+00	4,90E-01	1,39E-01	1068,817046
4,72E+02	5,75E+00	1,16E-02	x	x	x	4,85E+02	x	x	x	4,22E+00	2,87E+00	4,44E-01	1,26E-01	969,8656396
9,40E+02	1,15E+01	7,60E-03	x	x	x	9,66E+02	x	x	x	8,42E+00	5,73E+00	8,86E-01	2,52E-01	1932,481259
3,44E-01	4,19E-03	4,92E-03	x	x	x	3,59E-01	x	x	x	3,08E-03	2,10E-03	3,24E-04	9,22E-05	0,717137329
1,98E+02	6,52E-01	0,00E+00	x	x	x	1,99E+02	x	x	x		1,61E-01			397,0783226
2,98E+02	9,82E-01	0,00E+00	x	x	x	2,99E+02	x	x	x		2,42E-01			597,5694263
2,02E-01	6,67E-04	0,00E+00	x	x	x	2,03E-01	x	x	x		1,64E-04			0,405957491
1,38E+02	4,54E-01	0,00E+00	x	x	x	1,38E+02	x	x	x		1,12E-01			276,5441206
7,66E+02	2,53E+00	0,00E+00	x	x	x	7,69E+02	x	x	x		6,22E-01			1538,21536
7,47E+02	2,46E+00	0,00E+00	x	x	x	7,50E+02	x	x	x		6,07E-01			1499,927913
4,46E+02	1,47E+00	0,00E+00	x	x	x	4,48E+02	x	x	x		3,63E-01			896,6094794
7,94E+02	2,62E+00	0,00E+00	x	x	x	7,98E+02	x	x	x		6,45E-01			1595,135065
4,70E+00	1,55E-02	0,00E+00	x	x	x	4,72E+00	x	x	x		3,82E-03			9,440702747
7,65E-01	1,96E+01	4,01E+00	x	x	x	6,37E+02	x	x	x	0,00E+00	6,66E-02	2,12E-01	2,04E+00	664,0656869
1,17E+01	3,22E+01	6,11E+01	x	x	x	2,14E+03	x	x	x	0,00E+00	1,02E+00	3,23E+00	3,11E+01	2279,272563
3,91E+01	6,08E+01	2,05E+02	x	x	x	4,95E+03	x	x	x	0,00E+00	3,41E+00	1,08E+01	1,04E+02	5368,833614
9,05E+01	1,19E+02	4,74E+02	x	x	x	4,79E+01	x	x	x	0,00E+00	7,88E+00	2,50E+01	2,41E+02	1005,054472
8,76E-01	2,06E+02	4,59E+00	x	x	x	1,48E+03	x	x	x	0,00E+00	7,63E-02	2,42E-01	2,33E+00	1691,670937
2,70E+01	2,91E+02	1,42E+02	x	x	x	5,07E+02	x	x	x	0,00E+00	2,35E+00	7,48E+00	7,21E+01	1048,052244
9,27E+00	6,27E+02	4,86E+01	x	x	x	3,38E+02	x	x	x	0,00E+00	8,07E-01	2,56E+00	2,47E+01	1051,43886
3,10E+01	7,24E-01	1,26E-02	x	x	x	1,28E+01	x	x	x			3,25E+01		77,08282146
1,16E+01	2,70E-01	4,70E-03	x	x	x	4,80E+00	x	x	x			1,21E+01		28,79785712
2,92E+02	6,82E+00	1,19E-01	x	x	x	1,21E+02	x	x	x			3,06E+02		725,9933604
6,87E+02	1,60E+01	2,79E-01	x	x	x	2,85E+02	x	x	x			7,21E+02		1708,858972
2,85E+01	6,65E-01	1,16E-02	x	x	x	1,18E+01	x	x	x			2,99E+01		70,79294215
5,89E+00	1,38E+00	2,39E-03	x	x	x	2,69E+00	x	x	x			6,18E+00		16,13285019
4,62E+00	3,02E-01	3,02E-01	x	x	x	2,77E+00	x	x	x	0,00E+00	2,69E-02	4,56E-03	8,78E-01	8,90E+00
7,78E+01	5,09E+00	5,09E+00	x	x	x	4,67E+01	x	x	x	0,00E+00	4,52E-01	7,68E-02	1,48E+01	1,50E+02
3,54E+00	2,31E-01	2,31E-01	x	x	x	2,12E+00	x	x	x	0,00E+00	2,06E-02	3,49E-03	6,73E-01	6,82E+00
1,54E-01	6,08E+01	8,07E-01	x	x	x	3,07E+02	x	x	x	0,00E+00	1,34E-02	4,26E-02	4,11E-01	369,2470502
3,38E+01	9,84E-01	1,70E+00	x	x	x	1,58E+01	x	x	x			4,25E+01		94,8197292
4,33E+01	1,26E+00	2,18E+00	x	x	x	2,02E+01	x	x	x			5,44E+01		121,4640847
2,09E+03	5,88E+00	1,09E+01	x	x	x	8,45E+01	x	x	x			2,54E+02		527,0989968

Figur C.2: Utsnitt av beregningene i Excel del 2

## **D Liste over EPDer**

Vedlegg D.1 viser en oversikt over alle EPDer og generiske verdier som er benyttet i oppgaven. Vedlegg D.2 til D.6 viser en oversikt over brukte EPDer og generiske verdier som er benyttet til hver komponent, i tillegg til estimert levetide, prioritetsliste og hvilke fase som er supplert.

### **D.1 Alle EPDer og generiske verdier benyttet i oppgaven**

Tabell D.1 og D.2 viser en oversikt over informasjon til de benyttende EPDer til denne oppgaven.

||

Tabell D.1: Oversikt over alle miljødeklarasjonene og generiske verdier, del 1

Deklarasjonsnummer	Klassifisering	Type	Materiale	Gyldig til	Standard	Geografisk scope	Programoperatør
EPD-ARM-20150110-IBB1-DE	31/32/37	Isolasjon	Celllegummi	2020	EN 15804 og ISO 14025	Tyskland	ibu-epd.com
EPD-FMI-20210019-IBG1-EN	36	Isolasjon	Branntplate	2026	EN 15804 og ISO 14025	Europa	ibu-epd.com
EPD-RWL-20200018-CBD1-EN	31/32/37	Isolasjon	Aluminium	2025	EN 15804 og ISO 14025	Norge og Danmark	EPD-Norge.no
EPD-RWL-20200006-CCD1-EN	31/32/37	Isolasjon	Sjernull	2025	EN 15804 og ISO 14025	Norge og Danmark	EPD-Norge.no
EPD-WIE-20150210-IBE1-DE	31/32/33	Rør	Kobber	2020	EN 15804 og ISO 14025	Tyskland	epd-online.no
EPD-WIL-20210233-JCA1-DE	36	Luftbehandling	VAV spjeld	2026	EN 15804 og ISO 14025	Tyskland	ibu-epd.com
EPD-WIL-20210235-JCA1-DE	36	Luftbehandling	CAV spjeld	2026	EN 15804 og ISO 14025	Tyskland	epd-online.no
GEBEPD6178683915	31	Sanitær	PE	2024	EN 15804 og ISO 14025	Tyskland	One Click
GEBEPD6178737163	31	Sanitær	PP	2024	EN 15804 og ISO 14025	Tyskland	One Click
Generisk	36	Luftbehandling	Aggregat - noterende VV	2024	EN 15804 + A1	Norge	One Click LCA
INIESCVRQ20211109105403, 29121	31	Sanitær	PEX	2026	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDCON20200323144759, 16292	31	Sanitær	Vannmåler	2025	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDFIL20161116164341, 5608	36	Luftbehandling	Ventilasjonsfilter	2021	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDMYS20220304155940, 29390	31	Sanitær	Plast	2026	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDPAR20200505123938, 16486	31	Sanitær	Glass med aluminium	2025	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDROB20180223160531, 7986	32	Varme	Radiatorventil	2023	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDSIP20190121104119, 9059	31	Sanitær	Rustfritt stål	2024	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDSPR20201130194806, 24490	33	Brann	Sprinkelhode	2025	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDVAN20200320115432, 16284	31/32/33/37	Ventil	Ventil	2025	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDVEN20161116164336, 28759	33/37	Viftekonvektor	Viftekonvektor	2027	EN 15804 og ISO 14025	Frankrike	One Click LCA
INIESDTUB20200414112541, 16398	32/33/37	Rør	Sorte stål	2025	ISO 14025 og EN 15804	Frankrike	One Click LCA

Tabell D.2: Oversikt over alle miljødeklarasjonene og generiske verdier, del 2

Deklarasjonsnummer	Klassifisering	Type	Materiale	Gyldig til	Standard	Geografisk scope	Programoperatør
NEPD-1506-513-NO	31	Sanitær	PVC	2023	EN 15804, ISO 21930 og ISO 14025	Norge	EPD-Norge.no
NEPD-2145-971-NO	37	Luftbehandling	Forsinket stål	2025	EN 15804, ISO 21930 og ISO 14025	Norge	EPD-Norge.no
NEPD-2147-970-EN		Ventil	Ventil	2025	EN 15804, ISO 21930 og ISO 14025	Norge	EPD-Norge.no
NEPD-2523-1266-NO		Varmvassdeplater og Coils	Rustfrie og syrefaste	2025	EN 15804, ISO 21930 og ISO 14025	Norge	EPD-Norge.no
NEPD-2989-1669-EN	36	Luftbehandling	Galvanisert stål	2026	EN 15804, ISO 21930 og ISO 14025	Norge	EPD-Norge.no
NEPD-3290-1935-NO	36	Luftbehandling	Aggregat med roterende varmeveksler	2027	EN 15804, ISO 21930 og ISO 14025	Norge	EPD-Norge.no
NEPD-3296-1940-EN	32	Varme	Radiator	2027	EN 15804 og ISO 14025	Norge	EPD-Norge.no
S-P-02014	31	Rør	Muffeløse avløpsrør	2025	ISO 14025 og EN 15804	Europa	environdec.com
S-P-03263	36	Luftbehandling	Lyddemper	2026	ISO 14025 og EN 15804	Sverige	environdec.com
S-P-03574	37	Komfortkjøling	Kjøle/kombibaffel	2026	ISO 14025 og EN 15804	Sverige	environdec.com
S-P-03680	36	Luftbehandling	Luftventil	2026	ISO 14025 og EN 15804	Sverige	environdec.com
S-P-03681	36	Luftbehandling	Plenumsammer	2026	ISO 14025 og EN 15804	Sverige	environdec.com
Generisk	36	Luftbehandling	Avkast	Fra 2021	EN15804+A1	Norge	One Click LCA
NEPD-1696-683-NO	36	Isolasjon	Term.isol. Lamellmatte	2024	EN 15804, ISO 21930 og ISO 14025	Norge	EPD-Norge.no
EPD-WWB-20180132-ICC1-DE	36	Luftbehandling	Braunspjeld	2023	ISO 14025 og EN 15804	Tyskland	ibu-epd.com
EPD-GRU-20180144-CCC1-EN		Pumpe	Pumpe	2023	ISO 14025 og EN 15804	Tyskland	ibu-epd.com

## D.2 Sanitær

Tabell D.3 viser en oversikt over estimert levetid, EPD-nummer, prioritetsliste og supplert fase for EPDene benyttet til bygningsdel 31. sanitær.

Tabell D.3: Oversikt - 31. sanitær

Komponent	Material	Estimert levetid	EPD-nummer	Prioritetsliste	Fase supplert
Isolasjon	Kondensisolasjon cellegummi 13 mm	30	EPD-ARM-20150110-IBB1-DE	2	C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Isolasjon	Kondensisolasjon Serie32 29.0-42.0 mm	30	EPD-ARM-20150110-IBB1-DE	2	C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Isolasjon	Rørskål m/Al.folie, isol.kl. 4, 60 grader C	30	EPD-RWI-20200018-CBD1-EN // EPD-RWI-20200006-CCD1-EN	2	
Isolasjon	Rørskål m/Al.folie, isol.kl. 3, 45 grader C	30	EPD-RWI-20200018-CBD1-EN // EPD-RWI-20200006-CCD1-EN	2	
Rør	Kobber	30	EPD-WIE-20150210-IBE1-DE	2	A4-A5,C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Rør	PE	50	GEBEPD6178683915	2	C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	PE	50	GEBEPD6178683915	2	C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Kobber	30	EPD-WIE-20150210-IBE1-DE	2	A4-A5,C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Rør	PP	50	GEBEPD6178737163	2	C1-C4 (Polypropylene (PP) plastic pipe, 0 prosent recycled content (fra One Click))
Pipe fittings	PP	50	GEBEPD6178737163	2	C1-C4 (Polypropylene (PP) plastic pipe, 0 prosent recycled content (fra One Click))
Rør	PEX	50	INIESCVRQ20211109105403, 29121	3	
Pipe fittings	PEX	50	INIESCVRQ20211109105403, 29121	3	
Vannmåler	Vannmåler	50	INIESDCON20200323144759, 16292	3	
Sluk	Plast	50	INIESDMYS20220304155940, 29390	3	
Dusj	Dusj m/alu	30	INIESDPAR20200505123938, 16486	3	
Sluk	Rustfritt stål	30	INIESDSIP20190121104119, 9059	3	
Kuleventil		15	INIESDVAN20200320115432, 16284	3	
Magnetventil tappevann		15	INIESDVAN20200320115432, 16284	3	
Rør	PVC	50	NEPD-1506-513-NO	3	
Pipe fittings	PVC	50	NEPD-1506-513-NO	3	
Ventil	Stengeventil	30	NEPD-2147-970-EN	2	A5, C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Ventil	Soneventil	30	NEPD-2147-970-EN	2	A5, C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Rør	Rustfritt stål	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Rustfritt stål	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Vannpunkter	Vannpunkter	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Avløpsenhet	Avløpsenhet	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Galvaniserte gjengerør	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Galvaniserte gjengerør	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Muffeløse Avløpsrør	15	S-P-02014	2	
Pipe fittings	MA	15	S-P-02014	2	
Fettutskiller	Fettutskiller	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pumpe	Pumpe	15	EPD-GRU-20180144-CCC1-EN	2	

## D.3 Varme

Tabell D.4 viser en oversikt over estimert levetid, EPD-nummer, prioritetsliste og supplert fase for EPDene benyttet til bygningsdel 32.varme.

Tabell D.4: Oversikt - 32.varme

Komponent	Material/type	Estimert levetid	EPD-nummer	Prioritetsliste	Fase supplert
Airseparator for welding	Forsinket stål	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Galvaniserte gjengerør	Galvaniserte gjengerør	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Galvanisert gjengerør	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Isolasjon	Kondensisolasjon Cellegummi 13mm.	30	EPD-ARM-20150110-IBB1-DE	2	C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Isolasjon	Kondensisolasjon Serie 32 29.0-42.0 mm	30	EPD-ARM-20150110-IBB1-DE	2	C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Isolasjon	Rørskål m/Al.folie, isol.kl. 4, 60 grader C	30	EPD-RWI-20200018-CBD1-EN // EPD-RWI-20200006-CCD1-EN	2	
Isolasjon	Rørskål m/Al.folie, isol.kl. 3, 45 grader C	30	EPD-RWI-20200018-CBD1-EN // EPD-RWI-20200006-CCD1-EN	2	
Rør	Kobber	30	EPD-WIE-20150210-IBE1-DE	2	A4-A5,C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Kobber	30	EPD-WIE-20150210-IBE1-DE	2	A4-A5,C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Radiatorventil	Calypso TRV-3	35	INIESDROB20180223160531, 7986	3	
Radiatorventil	Calypso TRV-3 DN15	35	INIESDROB20180223160531, 7986	3	
Kuleventil		15	INIESDVAN20200320115432, 16284	3	
Magnetventil tappevann		15	INIESDVAN20200320115432, 16284	3	
Viftekonventor		15	INIESDVEN20161116164336, 28759	3	
Ventil	Soneventil	30	NEPD-2147-970-EN	2	A5, C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Radiator	Radiator	35	NEPD-3296-1940-EN	2	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Pressfittingsystem EN-10305	30	NEPD-2523-1266-NO	2	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Pressfittingsystem MM EN-10305	30	NEPD-2523-1266-NO	2	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Pressfittingsystem	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Pressfittingsystem MM	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pumpe	Pumpe	15	EPD-GRU-20180144-CCC1-EN	2	

## D.4 Brann

Tabell D.5 viser en oversikt over estimert levetid, EPD-nummer, prioritetsliste og supplert fase for EPDene benyttet til bygningsdel 33. brann.

Tabell D.5: Oversikt - 33.varme

Komponent	Material	Estimert levetid	EPD-nummer	Prioritetsliste	Supplert med
Rør	Galvaniserte gjengerør	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Fleksible slanger til sprinkler	Sprinkler Flex	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Galvaniserte gjengerør	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Sprinkler Flex	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Kobber	30	EPD-WIE-20150210-IBE1-DE	2	A4-A5,C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Kobber	30	EPD-WIE-20150210-IBE1-DE	2	A4-A5,C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Rør	Red pipe sprinkler	50	GEBEPD6178737163	4	C1-C4 (Polypropylene (PP) plastic pipe, 0 prosent recycled content (fra One Click))
Pipe fittings	Red pipe sprinkler	50	GEBEPD6178737163	4	C1-C4 (Polypropylene (PP) plastic pipe, 0 prosent recycled content (fra One Click))
Sprinkelhode		30	INIESDSPR20201130194806, 24490	3	
Ventil	Kuleventil	15	INIESDVAN20200320115432, 16284	3	
Ventil	Tilbakeslagsventil	30	NEPD-2147-970-EN	2	A5, C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Ventil	Stengeventil	30	NEPD-2147-970-EN	2	A5, C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Ventil	Ventil	30	NEPD-2147-970-EN	2	A5, C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Rør	Rustfritt stål	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Rustfritt stål	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Stålrør sprinkler	30	INIESDTUB20200414112541, 16398	3	
Rør	Sømløse stålrør	30	INIESDTUB20200414112541, 16398	3	
Rør	Pressfittingsystem	30	INIESDTUB20200414112541, 16398	3	
Pipe fittings	Pressfittingsystem	30	INIESDTUB20200414112541, 16398	4	
Pipe fittings	Stålrør sprinkler	30	INIESDTUB20200414112541, 16398	4	
Pipe fittings	Sømløse stålrør	30	INIESDTUB20200414112541, 16398	4	



## D.5 Luftbehandling

Tabell D.6 viser en oversikt over estimert levetid, EPD-nummer, prioritetsliste og supplert fase for EPDene benyttet til bygningsdel 36. luftbehandling.

Tabell D.6: Oversikt - 36. luftbehandling

Komponent	Estimert levetid	EPD-nummer	Prioritetsliste	Supplert fase
Sirkulær kanal - Forsinket stål	30	NEPD-2989-1669-EN	1	A5 (Samme EPD i One Click)
Rektangulær kanal - Forsinket stål	30	NEPD-2145-971-NO	1	A5 (Samme EPD i One Click)
Isolasjon- Term. Iso. Lamellmatte	30	NEPD-1696-683-NO	1	-
Iris-spjeld - Forsinket stål	20	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Duct fittings - sirkulær	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Duct fittings - rektangulær	30	NEPD-2145-971-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Tilluftventiler VAV	20	S-P-03680	2	-
Tilluftventiler CAV	20	S-P-03680	2	-
Plenumsammer	20	S-P-03681	2	-
Overstrømningsventiler	20	S-P-03680	2	-
Avtreksventiler	20	S-P-03680	2	-
Avkasthette/avkastrost	30	NEPD-2989-1669-EN	4	-
Axial fan - Forsinket stål	15	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Inline fan, circular duct, metal, EC - forsinket stål	15	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Aggregat - motstrøm VV	20	Air handling unit, with heat recovery through plate heat exchanger (Hentet fra: One Click LCA)	3	-
Luftfilter	1	INIES <sub>D</sub> FIL20161116,64341,5608	2	-
Aggregat -roterende VV	20	NEPD-3290-1935-NO	2	-
Lyddemper - sirkulær	30	S-P-03263	2	-
Lyddemper - rektangulær	30	S-P-03263	2	-
Brannspjeld	15	EPD-WWB-20180132-ICC1-DE	2	-
Spjeld - CAV	20	EPD-WIL-20210235-ICA1-DE	2	-
Spjeld - VAV	15	EPD-WIL-20210233-ICA1-DE	2	-

## D.6 Komfortkjøling

Tabell D.7 viser en oversikt over estimert levetid, EPD-nummer, prioritetsliste og supplert fase for EPDene benyttet til bygningsdel 37. komfortkjøling.

Tabell D.7: Oversikt - 37.komfortkjøling

Komponent	Material	Estimert levetid	EPD-nummer	Prioritetsliste	Supplert med
Mikrobobleutskiller	Forsinket stål	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Galvaniserte gjengerør	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Galvaniserte gjengerør	30	NEPD-2989-1669-EN	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Isolasjon	Kondensisolasjon Cellegummi 13mm.	30	EPD-ARM-20150110-IBB1-DE		C1-C4 (Samme EPD i One Click)
Isolasjon	Rørskål m/Al.folie, isol.kl. 4, 60 grader C	30	EPD-RWI-20200018-CBD1-EN // EPD-RWI-20200006-CCD1-EN	2	
Isolasjon	Rørskål m/Al.folie, isol.kl. 3, 45 grader C	30	EPD-RWI-20200018-CBD1-EN // EPD-RWI-20200006-CCD1-EN	2	
Kuleventil		15	INIESDVAN20200320115432, 16284	3	
Viftekonventor		15	INIESDVEN20161116164336, 28759	3	
Rør	Rustfritt stål	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Rustfritt stål	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Pressfittingsystem EN-10305	30	NEPD-2523-1266-NO	2	A5 (Samme EPD i One Click)
Rør	Pressfittingsystem MM EN-10305	30	NEPD-2523-1266-NO	2	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Pressfittingsystem	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Pipe fittings	Pressfittingsystem MM	30	NEPD-2523-1266-NO	4	A5 (Samme EPD i One Click)
Aktiv kjølebaffel	Aktiv kjølebaffel	30	S-P-03574	2	
Passiv kjølebaffel	Passiv kjølebaffel	30	S-P-03574	2	
Pumpe	Pumpe	15	EPD-GRU-20180144-CCC1-EN	2	

## E Omregninger

### E.1 Sanitær

#### Ledningsnett for sanitærinstallasjoner

**Kobberrør:** En tysk miljødeklarasjon for kobberrør ble benyttet der dimensjoner mellom  $\varnothing 15$  og  $\varnothing 76$  ble beregnet serparert. Deklarasjonsenheten for kobberrør er per kg. Formelen under viser omregningen utført i hver modul fra miljødeklarasjonen.

$$GWP = \frac{GWP}{kg} * \frac{kg}{m} * m \quad (3)$$

Der vekt per meter (kg/m) ble hentet fra produktdatabladet til kobberrør. Det ble interpolert mellom dimensjoner der det ikke var oppgitt vekten for det spesifikke dimensjonen. Lengden på rørene (m) er hentet fra materialuttaket. På grunn av manglende faser i EPDen, ble fasene A4, A5 og C1-C4 supplert med samme EPD i One Click.

**Muffeløse avløpsrør:** En europeisk EPD ble benyttet for beregning av rørene mellom  $\varnothing 48$  og  $\varnothing 210$ . Levetiden for røret er 15 år, da det antas å være et åpent rørsystem. Formelen under viser omregningen som ble benyttet for hver av de ulike fasene i beregningene.

$$GWP = \frac{GWP}{m} * \frac{1m}{7,46kg} * \frac{kg}{m} * m \quad (4)$$

Hvor deklarasjonsenhet for EPDen er per meter der vekten er 7,46kg. Spesifikk vekt for produktet ble hentet fra datablad (kg/m). Total lengde på rørene (m) i de ulike dimensjonene er hentet fra materialuttaket.

**PE 80 trykkrør SDR 11:** En tysk spesifikk miljødeklarasjon for PPrør (polyetylen) ble benyttet. Formelen under viser hvordan dette ble omformulert til de ulike fasene.

$$GWP = \frac{GWP}{m} * \frac{1m}{1,46kg} * kg \quad (5)$$

Hvor deklarasjonsenheten er per meter av rørdimensjonen  $\varnothing 110$ , der én meter veier 1,46kg. Total vekt for hver dimensjon ble beregnet ved å multiplisere volum og tetthet. Arealet på rør ble beregnet med følgende formel:

$$A = \pi \left( \frac{Dy^2 - Di^2}{4} \right) \quad (6)$$

Hvor indre og ytre diameter er hentet fra materialuttaket, samme gjelder for lengden på rørene (m). Tettheten for PP er 900kg/m<sup>3</sup>. PE korrugerte drenerør er beregnet på samme formel og EPD. Fasene C1-C4 manglet i EPDen, og det ble brukt samme EPD i One Click for å supplere de manglende fasene.

**PEX rør:** Det ble brukt en fransk generisk EPD hentet fra One Click LCA for å beregne PEX rør i dimensjoner mellom ø15 og ø22. Formel under viser hvordan formel for beregning til de ulike fasene.

$$GWP = \frac{GWP}{m} * \frac{1m}{0,054kg} * kg \quad (7)$$

Hvor deklarasjonsenheten er per meter, hvor én meter veier 0,054kg. Det ble beregnet total vekt for de ulike dimensjonene ved å multiplisere volum og tetthet. Ytre og indre diameter samt lengden på rørene ble hentet fra materialuttaket, og tettheten for PEX rør er 940kg/m<sup>3</sup>.

**PP avløpsrør:** En tysk spesifikk miljødeklarasjon ble brukt for PP rør mellom dimensjonene ø32 og ø160. Formelen under viser omregning fra EPD til GWP for de ulike fasene.

$$GWP = \frac{GWP}{m} * \frac{1m}{1,489kg} * kg \quad (8)$$

Hvor deklarasjonsenheten er per meter, hvor én meter veier 1,489kg. Det ble benyttet samme fremgangsmåte for å beregne total vekt for hver dimensjon som PE 80 trykrør SDR 11. Tettheten for PP er 900kg/m<sup>3</sup>. EPDen innehold ikke fasene C1-C4, disse verdiene ble hentet fra samme EPD i One Click.

**PVC grunnavløpsrør:** En norsk miljødeklarasjon for PVC ble benyttet, der deklarasjonsenheten er 100meter ø200. Hver GWP ble derfor delt på 100 for å få per meter. GWP for de ulike dimensjonene er hentet fra tabell i EPDen. Disse verdiene ble delt på 100 for å få per meter og multiplisert med lengdene (m) på rørene.

**Rustfritt stål:** En norsk spesifikk miljødeklarasjon for rustfrie og syrefaste varmvasedeplater og coils ble benyttet for beregning av rustfritt stålrør for dimensjonene mellom ø15 og ø65. Dette er fordi det ikke var en spesifikk EPD for rustfritt stål, og disse to produktene hadde tilnærmet lik materialoppbygning. EPDen er deklart per kg. Hver fase ble derfor multiplisert med spesifikk vekt for hver av de ulike rørdimensjonene. Vekt per meter ble hentet fra produktdatablad til rustfritt stål, mens lengden (m) ble hentet fra materialuttaket.

**Galvanisert gjengerør:** Det ble benyttet en norsk miljødeklarasjon for galvanisert stål fra Lindab. Denne er deklart for kanaler, men på grunn av lik material ble denne benyttet. Det manglet fase A5 i deklarasjonen, denne fasen ble hentet fra samme EPD i One Click. Vekt per meter ble hentet fra produktdatabladet, mens lengden ble hentet fra materialuttaket. Se formel 16 for hvordan EPDen ble omformulert til GWP.

#### Armaturer for sanitærinstallasjoner

**Gjennomstrømningsmåler:** En fransk generisk EPD hentet fra One Click ble benyttet for flowmålerne. Denne er deklart for per enhet, hvor en enhet veier 0,93kg. Det ble antatt samme vekt for

byggets vannmålere, da det var en utfordring å finne den spesifikke vekten til komponentene benyttet i case-bygningen. GWPen ble multiplisert med antall vannmålere.

**Manuell ventil:** En norsk miljødeklarasjon fra Cimberio ble brukt til beregning av soneventiler. Denne er deklartert per kg, og det ble derfor hentet inn total vekt for alle ventilene fra deres produktdatablad. Miljødeklarasjonen manglet fasene A5 og C1-C4. Disse verdiene ble hentet fra samme EPD fra One Click.

**Motorventiler:** EPDen som ble benyttet til manuelle ventiler er ikke deklartert for motorventiler. Derfor ble det benyttet en fransk generisk EPD fra One Click for motorventiler. Denne er deklartert for per enhet DN50, som veier 5,28kg. Det var derfor nødvendig med en omregning. Formelen under viser omregningen benyttet i hver fase.

$$GWP = \frac{GWP}{stk} * \frac{1stk}{5,28kg} * \frac{kg}{stk} * stk \quad (9)$$

**Vannpunkter:** For utekraner ble det benyttet EPD for materialet rustfritt stål. Dette er fordi det ikke fantes en EPD eller generisk verdi for komponenten.

#### Utstyr for sanitærinstallasjoner

**Plast sluk:** En fransk generisk EPD ble benyttet for sluk av plast. Denne EPDen er deklartert per enhet, hvor vekten til en er 1,36kg. Det ble beregnet total vekt til slukene fra deres datablad. Formelen under viser hvordan GWP for hver fase ble beregnet.

$$GWP = \frac{GWP}{stk} * \frac{1stk}{1,36kg} * \frac{kg}{stk} * stk \quad (10)$$

**Rustfri sluk:** En fransk generisk EPD ble benyttet for rustfri sluk. Denne er deklartert per enhet, der en veier 2,87kg. Det ble benyttet samme fremgangsmåte som plast sluk til å beregne utslippene for hver fase. Vekten på slukene ble hentet fra databladene, og det ble antatt en vekt der dette ikke var tilgjengelig.

**Taksluk:** For taksluk ble det benyttet miljødeklarasjonen for rustfritt stål. Dette er fordi det ikke fantes en spesifikk EPD for taksluk.

**Pumper:** For pumper ble det benyttet en tyske EPD for pumper. Vekt ble hentet fra datablad tilsendt fra forskningsgruppen.

**Gulvbrønn:** Det ble benyttet EPD for rustfritt stål, da det ikke fantes en EPD eller generisk verdi for gulvbrønn. Det ble også antatt vekt, da det ikke fantes på produktdatabladet.

### Isolasjon av installasjon for sanitærinstallasjon

**Kondensisolasjon cellegummi:** En tysk spesifikk EPD for cellegummi ble brukt. Denne er deklarerert i m<sup>3</sup>, samme enhet som isolasjon fra materialuttaket. Miljødeklarasjonen manglet fasene C1-C4, og det ble derfor supplert med samme EPD fra One Click.

**Rørskål m/Al.folie:** En tysk miljødeklarasjon fra Rockwool ble brukt til å beregne isolasjonen for Rørskål. I tillegg ble det benyttet verdier i et vedlegg til EPDen for å kunne legge til aluminiumsfolie på isolasjonen. Formelen under viser hvordan GWP ble beregnet for de ulike isolasjonstykkelsene.

$$GWP = \frac{GWP}{m^2} * 0,82 * \frac{kg}{m^3} * m^3 \quad (11)$$

Hvor GWP er summen av GWP for isolasjon for Rørskål og aluminiumsfolie for hver fase. 0,82 er en skaleringsfaktor oppgitt i EPDen for å få omgjort GWP per kg. Tetthet oppgitt i EPDen er 33kg/m<sup>3</sup> og volum (m<sup>3</sup>) er hentet fra materialuttaket.

## E.2 Varme

### Ledningsnett for varmeinstallasjoner

**Galvanisert gjengerør:** lik fremgangsmåte som som galvanisert gjengerør for sanitær, se avsnitt E.1. Vekt per meter ble hentet fra produktdatablad, og lengde (m) ble hentet fra materialuttaket.

**Kobberør:** lik fremgangsmetode som kobberrør for sanitær i avsnitt E.1. Vekt per meter ble funnet i datablad, og lengde på rør (m) ble hentet fra materialuttaket.

**Pressfittingsystem og pressfittingsystem MM:** På grunn av manglende EPD for pressfittingsystem, ble det valgt å bruke EPD for rustfritt stål. Dette er fordi de har tilnærmet lik materialer. Rørene ble delt opp i dimensjoner fra ø12 til ø54, og total vekt ble beregnet ved å regne ut areal (formel 6), lengde og tetthet (for rustfritt stål). Lengde, indre- og ytre diameter for de ulike rørdimensjonene er hentet fra materialuttaket.

**Sømløse stålrør:** En fransk generisk EPD for sorte stålrør ble benyttet til beregning av utslipp av sømløse stålrør. Deklarasjonsenheten til EPDen er per kg. Det ble regnet ut total vekt for de ulike dimensjonene ved å regne ut areal (formel 6), lengde og tetthet (stål). Lengde, indre- og ytre diameter

for de ulike rørdimensjonene er hentet fra materialuttaket.

### Armaturl for varmeinstallasjoner

**Luft- og smussutskilling:** Det ble benyttet Lindab sin EPD for galvanisk stål da det ikke fantes en EPD eller generisk verdi for komponenten. Formel 16 ble benyttet til beregning. Vekt ble funnet etter produktdatablad.

**Radiatorventil:** Det ble benyttet en fransk generisk EPD for radiatorventil. Det ble funnet en spesifikk vekt for radiatorventil i dimensjon 15. For de resterende i dimensjon 10 ble det antatt en vekt litt lavere. Deklarasjonsenheten til EPDen er per enhet, hvor en ventil veier 0,4kg. Formelen under ble benytte for begge radiatorventilene. Antall ventiler er hentet fra materialuttaket.

$$GWP = \frac{GWP}{stk} * \frac{1stk}{0,4kg} * \frac{kg}{stk} * stk \quad (12)$$

**Soneventil:** Lik fremgangsmåte som manuell ventil i avsnitt E.1. Det ble funnet vekt for hver komponent fra datablad.

**Kuleventil:** Lik fremgangsmåte som motorventil i avsnitt E.1. Vekt ble funnet i datablad.

**Magnetventil:** Lik fremgangsmåte som motorventil i avsnitt E.1. Vekt ble funnet i datablad.

### Utstyr for varmeinstallasjoner

**Viftekonvektor:** En fransk generisk EPD ble benyttet til å beregne utslipp til viftekonvektor. Denne er deklartert per enhet, hvor én veier 50kg. Vekten for de spesifikke viftekonvektorene knyttet til casebygningen ble funnet i deres datablad. Formelen under viser hvordan hver fase ble beregnet.

$$GWP = \frac{GWP}{stk} * \frac{1stk}{50kg} * \frac{kg}{stk} * stk \quad (13)$$

**Radiator:** En norsk EPD fra Lyngson ble benyttet på alle radiatorene. Denne har en deklarasjonsenhet per enhet, hvor én veier 19,9kg. Vekten på radiatorene ble hentet fra deres datablad, men der hvor det ikke var oppgitt ble det antatt samme vekt som i EPDen. Det manglet fase A5. Denne fasen ble funnet fra samme EPDen i One Click. Det ble benyttet samme formel som 13, men med en spesifikk

vekt hentet fra databladet (ikke 50).

**Pumper:** lik fremgangsmåte som pumper i avsnitt E.1.

#### Isolasjon av varmeinstallasjoner

**Kondensisolasjon:** Lik fremgangsmåte som kondensisolasjon i seksjon E.1.

**Rørskål m/AL.folie:** Lik fremgangsmåte som rørskål med aluminiumsfolie i seksjon E.1.

### E.3 Brann

#### Installasjon for brannsløkking med sprinkler

**Galvanisert gjengerør:** Lik fremgangsmåte som galvanisert gjengerør i seksjon E.1.

**Kobberrør:** Lik fremgangsmåte som kobberør i seksjon E.1.

**Pressfittingsystem:** Lik fremgangsmåte som pressfittingsystem i seksjon E.2.

**Red Pipe:** Ingen EPD eller generisk verdi for Red Pipe, og det ble derfor benyttet samme EPD som PP avløpsrør, se seksjon E.1.

**Rustfritt stål:** Lik fremgangsmåte som rustfritt stål i seksjon E.1.

**Sprinkel flex:** Ingen spesifikk EPD eller generisk verdi for sprinkel flex. Det ble derfor benyttet Lindab sin EPD for galvanisk stål, da disse to har lik material. Se formel 16 for beregning av EPDen.

**Stålrør sprinkler:** En fransk generisk EPD for sorte stålrør ble benyttet. Denne EPDen har en deklart enhet per meter for rørdimensjonen DN35. Denne rørdimensjonen har en vekt på 6,65kg per meter. Det ble beregnet totalt vekt for hver av dimensjonene mellom ø15 til ø100. Dette ble utført ved å multiplisere areal (se formel 6), lengde (fra materialuttak) og tetthet på stål (7800kg/m<sup>3</sup>). Formelen under viser utregning av de ulike fasene fra GWP oppgitt i EPDen.

$$GWP = \frac{GWP}{m} * \frac{1m}{6,65kg} * kg \quad (14)$$

**Sømløse stålrør:** Lik fremgangsmåte som sømløse stålrør i seksjon E.2.



**Sprinkelhoder:** En fransk generisk EPD for sprinkelhode ble benyttet. Denne er deklart på enhet, hvor én veier 0,075kg. På grunn av utilgjengelig vekt for sprinklehoder, ble det antatt at alle hadde samme vekt som sprinkelhodet i EPDen.

**Kuleventil:** Lik fremgangsmåte som motorventil i avsnitt E.1. Vekt ble funnet i datablad.

**Stengeventil:** Lik fremgangsmåte som manuell ventil i avsnitt E.1. Vekt funnet i datablad.

**Tilbakeslagsventil:** Lik fremgangsmåte som manuell ventil i avsnitt E.1. Antatt en vekt.

**Alarm check valve:** Lik fremgangsmåte som manuell ventil i avsnitt E.1. Vekt er antatt.

## E.4 Luftbehandling

### Kanalnett for luftbehandling

**Rektangulære kanaler:** Totalt 61 ulike størrelser for rektangulære kanaler ble beregnet. Dette ble utført ved å multiplisere total areal, lengde og tetthet (95 prosent stål og 5 prosent sink). Formelen under viser formelen som ble benyttet for å beregne arealet til de rektangulære kanalene, hvor  $a$  og  $b$  er dimensjonen til kanalen. Tykkelsen på kanalen,  $t$ , er hentet fra miljødeklarasjonen. Lengdene for de ulike dimensjonene er hentet fra materialuttaket. Det ble benyttet Ventilstål sin spesifikke EPD for rektangulære kanaler supplert med samme EPD i One Click i fase A5.

$$A = a * b - ((a - 2t) * (b - 2t)) \quad (15)$$

**Sirkulære kanaler:** Kanaler fra størrelse  $\varnothing 100$  til  $\varnothing 1350$  ble beregnet hver for seg med Lindab sin spesifikk EPD for sirkulære kanaler. Det ble hentet vekt per meter for hver kanaldimensjon. Lengden ble hentet fra materialuttaket. Det ble supplert for fase A5 med en samme EPD i One Click LCA. Formelen under viser formelen for å beregne de ulike fasene fra GWPen i miljødeklarasjonen.

$$GWP = \frac{GWP}{m} * \frac{1m}{1,41kg} * \frac{kg}{m} * m \quad (16)$$

**Lyddemper:** Alle lyddempere ble beregnet med Swegon sin spesifikke EPD for sirkulære lyddemper. Det ble beregnet total vekt på alle de ulike lyddempere basert på produktdatabladet til det spesifikke produktetene. Dersom dette ikke var nevnt, ble det antatt en vekt med hensyn på dimensjonene.

### Utstyr for luftfordeling

**Tilluftventiler** Swegon sin spesifikke EPD for luftventiler ble valgt. Det ble hentet vekten til den spesifikke ventilen som var flest av for hver av tilluftventilene. På alle tilluftventiler ble det lagt til Swegon sin spesifikke EPD på plenumskammer. Dette påvirket både vekten og verdiene på de ulike fasene.

**Avtrekkventiler:** Det ble benyttet samme EPD som for tilluftventiler, men det ble her ikke lagt til plenumskammer. Det ble hentet ut vekt for hver av ventilene på deres produktdatablad.

**Overstrømningsventiler:** Samme EPD som tilluft og avtrekkventiler. Fant en vekt basert på en dimensjonstørrelse i produktdatabladet til det spesifikke databladet.

**Spjeld:** Spjeld ble delt inn i CAV- og VAV-spjeld. Det ble benyttet en tysk miljødeklarasjon for VAV-spjeld, mens for CAV- og irisspjeld ble det benyttet Lindab sin spesifikke EPD for galvanisert stål. Det ble funnet vekt for alle dimensjonene til de ulike spjeldene i deres datablad.

**Brannspjeld:** En tysk spesifikk EPD ble benyttet til å beregne utslippene til brannspjeld. Det ble hentet spesifikk vekt i databladet.

**Innkast og avkast:** Det ble benyttet Lindab sin spesifikke EPD for galvanisert stål. Vekt ble funnet i databladet.

### Utstyr for luftbehandling

**Aggregat med roterende varmegjennvinner:** Ventistål sitt spesifikke EPD ble benyttet for alle aggregatene. Det ble beregnet total vekt for alle aggregatene, som ble benyttet til beregning av modulene.

**Aggregat med platevarmeveksler:** Det ble benyttet en generisk verdi hentet fra One Click. Det ble beregnet den totale vekten til alle de aggregatene som ble benyttet i prosjektet.

**Ventilasjonsfilter:** En fransk spesifikk EPD ble benyttet. Det ble antatt den samme vekten på filterne som i EPDen. Levetid for ventilasjonsfilter er per år. Fordi filter er lag til i EPDen for aggregatene ble det trukket fra utslippet for produksjon (A1-A3) til filter på alle aggregatene.

**Avkasthette/avkastrist:** På grunn av manglende EPD for avkasthette og rist ble det valgt å benytte Lindab sin spesifikke EPD for galvanisert stål (se formel 16). Vekten til de spesifikke produktene ble hentet fra deres produktdatablad.

**Vifter:** På grunn av manglende spesifikk EPD, ble det brukt en EPD for forsinket stål (samme materialet som produktene). Vekt ble hentet fra de spesifikke produktdatabladene.

#### Isolasjon for installasjon for luftbehandling

**Isolasjon:** En spesifikk EPD fra Glava ble brukt der det ble lagt til GWP for lamellmattebellegg. Det ble delt opp i ulike tykkelser på isolasjonen.

## E.5 Komfortkjøling

### Ledningsnett for komfortkjøling

**Galvanisert gjengerør:** lik fremgangsmåte som som galvanisert gjengerør for sanitær, se avsnitt E.1. Vekt per meter ble hentet fra produktdatablad, og lengde (m) ble hentet fra materialuttaket.

**Pressfittingsystem:** lik fremgangsmåte som i underkapittel E.2.

**Rustfritt stål:** lik fremgangsmåte som rustfritt stål for sanitær i avsnitt E.1. Vekt per meter ble funnet i datablad, og lengde på rør (m) ble hentet fra materialuttaket.

### Armaturer for komfortkjøling

**Mikrobobleutskiller:** Lindab sin miljødeklarasjon for galvanisk stål ble benyttet her, da det ikke fantes en EPD eller generisk verdi for mikrobobleutskiller. Formel 16 ble benyttet til beregning. Vekt ble funnet etter produktdatablad.

**Soneventil:** Lik fremgangsmåte som manuell ventil i avsnitt E.1. Det ble funnet vekt for hver komponent fra datablad.

**Kuleventil:** Lik fremgangsmåte som motorventil i avsnitt E.1. Vekt ble funnet i datablad.

**Pumper:** lik fremgangsmåte som pumper i avsnitt E.1.

**Isolasjon for komfortkjøling**

**Kondensisolasjon:** Lik fremgangsmåte som kondensisolasjon i seksjon E.1.

**Rørskål m/AL.folie:** Lik fremgangsmåte som rørskål med aluminiumsfolie i seksjon E.1.

## F Energibruk i drift

### F.1 Nedre estimat

#### Fjernvarme

Total levert energi for fjernvarme ved nedre estimat er 720 982 kWh.

Tabell F.1: Beregning av levert energi for energiposter til fjernvarme - nedre estimat

<b>Energipost</b>	<b>Energibehov [kWh]</b>	<b>Levert energi [kWh]</b>
Romoppvarming	460957	522945,3404
Varmebatteri	97522	110636,5138
VV tappevann	77040	87400,14583
SUM	635519	720982
% levert energi	88,15 %	100,00 %

#### Direkte el.

Totalt levert energi for direkte el ved direkte el. ved nedre estimat er 749 035 kWh.

Tabell F.2: Beregning av levert energi for energiposter til direkte el. - nedre estimat

<b>Energipost</b>	<b>Energibehov [kWh]</b>	<b>Levert energi [kWh]</b>
Vifter	180467	160680,9934
Pumper	46026	40979,81018
Belsyning	203903	181547,5217
Teknisk utstyr	252758	225046,1665
Romkjøling	2780	2475,20689
Kjølebatteri	155336	138305,3012
SUM	841270	749035
% levert energi	112,31 %	100,00 %

## F.2 Øvre estimat

### Fjernvarme

Total levert energi for fjernvarme ved øvre estimat er 750 896 kWh.

Tabell F.3: Beregning av levert energi for energiposter til fjernvarme - øvre estimat

<b>Energipost</b>	<b>Energibehov [kWh]</b>	<b>Levert energi [kwh]</b>
Romoppvarming	356164	445776,2485
Varmebatteri	128250	160518,1991
VV tappevann	115533	144601,5524
SUM	599947	750896
% levert energi	79,90 %	100,00 %

### Direkte el.

Totalt levert energi for direkte el ved direkte el. ved nedre estimat er 1 355 901 kWh.

Tabell F.4: Beregning av levert energi for energiposter til direkte el. - øvre estimat

<b>Energipost</b>	<b>Energibehov [kWh]</b>	<b>Levert energi [kwh]</b>
Vifter	324713	287687,3155
Pumper	72381	64127,69301
Belysning	371740	329352,0206
Teknisk utstyr	462421	409693,04
Romkjøling	47749	42304,37841
Kjølebatteri	251403	222736,5525
SUM	1530407	1355901
% levert energi	112,87 %	100,00 %

### F.3 Utslipp for middelverdien av øvre- og nedre estimat

Tabell F.5: Utslipp knyttet til energibruk i drift (B6)

Energipost	Levert energi [kWh]	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv]	BRA [m <sup>2</sup> ]	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]
Romoppvarming	484360,7944	401269,8	17000	23,60
Varmebatteri	135577,3564	112319,4	17000	6,61
VV tappevann	116000,8491	96101	17000	5,65
Vifter	224184,1545	165467	17000	9,73
Pumper	52553,7516	38789,25	17000	2,28
Belysning	255449,7711	188544	17000	11,09
Teknisk utstyr	317369,6033	234246,4	17000	13,78
Romkjøling	22389,79265	16525,62	17000	0,97
Kjølebatteri	180520,9269	133240,2	17000	7,84


Tabell F.6: Utslipp fordelt til hver bygningsdel

Bygningsdel	GWP [kgCO <sub>2</sub> ekv/m <sup>2</sup> ]
31. Sanitær	5,68
32. Varme	24,08
33. Brann	0,00
36. Luftbehandling	24,18
37. Komfortkjøling	2,74
Bygg	24,87
SUM (B6)	81,56


## G Inndata - Carbon Designer


## Lag et design

**Navn, designstadium og beregningsverktøy**

Navn 

Tilleggsinformasjon


RIBA-fase / AIA-fase 


Velg verktøyene du vil bruke i dette designet 


Klimagassutslipp, NS 3720  
 Livssyklus kostnad (ISO 15686-5 og EN 16627) - CML  
 Level(s) life-cycle assessment

**Omfang og type analyse**

Forhåndsdefinerte omfang (hvis tilgjengelig)

Prosjekttype 

Rammetype 

**Inkluderte deler. Huk av alt som er relevant.** 

Fundament og sub-strukturer  
 Stenderverk og kledning  
 Innervegger og interiørmaterialer  
 Eksterne områder  
 Tjenester

Figur G.1: Inndata ved oppretting av referansebygg

**Byggeparametere og omfang**

**Byggeparametere**

Fundament  
 Gulv på grunn  
 Struktur  
 Klimaskall  
 Interiørmaterialer  
 Bygningssystem  
 Standardverdier

**Bygningstype, størrelse og antall etasjer**

Norsk referansebygg v2019.1

Byggingstype

Bruttoareal (BTA)  m<sup>2</sup>  
 Antall etasjer over bakken   
 Beregningsperiode  år

**Flere valg**

Antall oppvarmede underjordiske etasjer   
 Antall ikke oppvarmede underjordiske etasjer


**Påkrevd fundament-type og dybde**

**Scenarier**

Referansescenario

Scenario for sammenligning

**Byggingdimensjoner**



Høyde  m  
 Bredder  m  
 Dybde  m  
 Intern gulvhøyde  m  
 Maksimal stenderavstand  m  
 Lastbærende innervegg  %  
 Antall trapper   
 Antall etasjer totalt   
 Formfaktor effektivitet   
 Bruksareal (BRA)  m<sup>2</sup>  
 Oppvarmet areal (BRA oppvarmet)  m<sup>2</sup>

[+ More parameters](#)

**Byggingstrukturer**

Rediger områder om nødvendig.

Fundament	
Fundament	17000 m <sup>2</sup>
Frostisolering	198 m
Gulv på grunn	
Gulv på grunn	1889 m <sup>2</sup>
Struktur	
Dekke	15111 m <sup>2</sup>
Søyler	948 m
Bjelker	1440 m
Lastbærende innervegg	0 m <sup>2</sup>
Balkonger	0 m <sup>2</sup>
Trapp og heissjakt	35 m
Klimaskall	
Underjordiske vegger	695 m <sup>2</sup>
Yttervegger	2743 m <sup>2</sup>
Kledning	2743 m <sup>2</sup>
Vinduer	2781 m <sup>2</sup>
Ytterdører	38 m <sup>2</sup>
Takdekke	1889 m <sup>2</sup>
Tak	1889 m <sup>2</sup>
Interiørmaterialer	
Innervegger	9735 m <sup>2</sup>
Gulv	16159 m <sup>2</sup>
Himling	16159 m <sup>2</sup>

Figur G.2: Inndata for byggeparametere og omfang for referansebygget