

MASTEROPPGAVE

MASTEROPPGAVENS TITTEL	DATO
Verktøy for klimagassregnskap av VVS-installasjoner ved utarbeidelse av tilbud	24. mai 2022
	ANTALL SIDER/ANTALL VEDLEGG
	47/5
FORFATTER	VEILEDER
Amanda Godnes Iversen	Peter Schild Mads Mysen

UTFØRT I SAMARBEID MED	KONTAKTPERSON
Forskningsprosjektet Grønn VVS	Anders Liaøy

SAMMENDRAG
Denne oppgaven er en del av arbeidspakke 1 i forskningsprosjektet Grønn VVS. Hovedmålet med denne oppgaven er å utvikle et verktøy som skal synliggjøre klimagassutslipp av VVS-installasjoner på et produkt og systemnivå. Verktøyet er basert i Excel og skal muliggjøre klimagassberegninger i en tilbudsfasen der de viktigste valgene tas. Det er utført to spørreundersøkelser for å kartlegge essensielle elementer som skal inkluderes, samt et litteraturstudie som tar for seg håndtering av miljødata. Verktøyet er testet ut på et testtilbud for et ventilasjonsanelegg. Rammeverket beskrevet i oppgaven kan benyttes i ulike beslutningsprosesser relatert til reduksjon av klimagassregnskap. Verktøyet synliggjør effekten av valgene som tas i utarbeidelsen av tilbud, samt at det muliggjør sammenligning av ulike systemløsninger.

3 STIKKORD
Klimagassregnskap
VVS-installasjoner
Verktøy

Forord

Denne masteroppgaven avslutter det 2-årlig masterløpet for Energi og miljø i bygg ved OsloMet, fakultet for teknologi, kunst og design.

Det har vært en rekke personer inkludert i prosessen ved å skrive denne masteroppgaven, og som har vært avgjørende for utførelsen av oppgaven. Først vil jeg rette en stor takk til min interne veileder Peter Schild og ekstern veileder Mads Mysen som har bidratt med god veiledning og tilbakemeldinger gjennom denne prosessen, og ikke minst stor takk for deling av all deres kunnskap. Jeg vil også takke Ann Karina Lassen og Dimitrios Kraniotis for gode råd og undervisning av livssyklusanalyser og OneClick LCA.

Jeg vil også rette en stor takk til Robin Gjerde, Kristine Domaas Klementsens og Jonas Bergstrøm hos GK som har bidratt med nødvendig informasjon om GK sine prosedyrer og ikke minst for konstruktive tilbakemeldinger ved utprøving av verktøyet. En stor takk må også bli rettet til Anders Liaøy, Simon Utstøl og Christian Steneng hos Multiconsult som har delt deres kunnskap, tips og eget verktøy som har vært essensiell for denne oppgaven.

Til slutt vil jeg takke mine medstudenter som også har deltatt i forskningsprosjektet Grønn VVS; Marianne Christiansen og Margrete Rødland. Stor takk for et godt samarbeid og gode diskusjoner, og ikke minst for å ha vært to gode støttespillere gjennom hele prosessen.

Amanda G. Iversen

Amanda Godnes Iversen

24.05.2022, Oslo

Sammendrag

For å nå klimamålene Norge har forpliktet seg til gjennom Parisavtalen og FNs bærekraftsmål er vi nødt til å redusere klimagassutslippene. Bygninger står for en stor del av klimagassutslippene. Tidligere forskning indikerer at VVS-installasjoner kan stå for en betydelig del av bygningers totale utslipp. En reduksjon i utslipp knyttet til VVS-installasjoner kan dermed være med på å nå klimamålene. Forskningsprosjektet Grønn VVS ble satt igang i siste kvartal i 2021 der hovedmålet er å redusere klimagassutslipp knyttet til VVS-installasjoner med 50% sammenlignet med bransjestandard. Denne masteroppgaven er en del av dette forskningsprosjektet.

Hovedmålet med denne oppgaven er å utvikle et verktøy som skal synliggjøre klimagassutslipp av VVS-installasjoner på et produkt og systemnivå. Verktøyet skal muliggjøre klimagassberegninger i en tilbudsphase der de viktigste valgene tas. Det er blitt gjennomført et litteraturstudie, spørreundersøkelse og analyse av materialsammensetning i utvalgte VVS-komponenter for å svare på hvordan en skal gå frem ved å bygge opp verktøyet, samt hvordan håndtere miljødata. Verktøyet er testet ut av GK som ønsker å minimere klimagassutslipp fra VVS-installasjoner og levere klimagassbudsjett med sine tilbud.

Fra litteratursøk og under utviklingen av verktøyet er det identifisert to hovedmangler av miljødata knyttet til VVS-installasjoner:

- Mangler av produktspesifikk EPD for VVS-installasjoner
- Mangler av fullstendig miljødata for VVS-installasjoner

Verktøyet ble testet ut på et testilbud for et ventilasjonsanlegg. Resultatene fra denne utprøvingen indikerer at aggregat kan stå for en betydelig del av ventilasjonsanleggets totale utslipp. Resultatene indikerer også at det er produksjonen og utskiftning av materialene som står for det største utslippet i anleggets livsløp.

Verktøyet utviklet i denne studien muliggjør klimagassberegninger av VVS-installasjoner i en tilbudsphase. Rammeverket beskrevet kan også benyttes i ulike beslutningsprosesser relatert til reduksjon av klimagassregnskap. Verktøyet synliggjør effekten av valgene som tas i utarbeidelsen av tilbud, samt at det muliggjør sammenligning av ulike systemløsninger.

Abstract

In order to achieve the climate goals Norway has committed itself to through the Paris Agreement and the UN's sustainability goals, we must reduce greenhouse gas emissions. Buildings contribute significantly to greenhouse gas emissions. According to previous studies, HVAC systems can account for a large portion of a building's total emissions. As a result, lowering emissions from HVAC systems can assist in meeting the climate targets. In the fourth quarter of 2021 the research project "Grønn VVS" began. The main objective of the research project is to reduce greenhouse gas emissions from HVAC systems by 50% compared to standard industry practice. This master thesis is a part of this research project.

This thesis main purpose is to develop a tool that will make greenhouse gas emissions from HVAC systems apparent on a product and system level. The tool will allow calculation of the emission during the tender period where the most critical decisions are made. There has been conducted a literature review, survey and an analysis of material composition of selected HVAC components to reach this thesis main purpose. The tool has been tested by GK, who seeks to reduce their greenhouse gas emissions for HVAC system and to provide a greenhouse gas budget with their services.

Two major inadequacies of environmental data connected to the HVAC systems have been identified through the literature search and during the development of the tool:

- Lack of product-specific EPDs for HVAC systems
- Lack of complete environmental data for HVAC systems

The tool was put to test on a test offer regarding a ventilation system. The findings show that the air handling unit contributes significantly to the total emissions of the ventilation system. The findings also show that the largest emission stem from the production of the ventilation system, followed by replacement of its components.

The tool developed in this thesis enables greenhouse gas calculations of HVAC systems in a tender phase. The framework presented can also be used in various decision-making processes related to the reduction of greenhouse gas emissions. The tool visualizes the effects related to the choices being made, as well as enabling comparison of various solutions.

Innhold

Ordliste og definisjoner	vi
1 Introduksjon	1
1.1 Mål for oppgaven	2
2 Teoretisk bakgrunn	3
2.1 Tilbudsfase	3
2.2 SIMBA 2.0	3
2.3 Bygningsdelstabellen	4
2.4 Miljømerker	4
2.5 Produktkategoriregler	5
2.6 Miljødeklarasjoner	5
2.7 Livssyklusanalyse	6
2.7.1 Mål og omfang	6
2.7.2 Livsløpsregnskap	8
2.7.3 Livsløpseffektvurdering	8
2.7.4 Tolkning	9
2.8 Krav til klimagassregnskap	9
2.9 Verktøy	10
2.9.1 OneClick LCA	10
2.9.2 ZEB Tool	11
2.9.3 Multiconsult regneark	11
3 Metode	12
3.1 Utviklingen av verktøyet	12
3.2 Litteraturstudie	14
3.3 Spørreundersøkelse	15
3.3.1 Spørreundersøkelse 1	15
3.3.2 Spørreundersøkelse 2	15
3.3.3 Analyse	16
3.4 Innhenting av miljødata	16
3.4.1 Supplering av miljødata	17
3.5 Sammenligning av komponenter	17
3.5.1 Ventiler	17
3.5.2 Aggregat	18
3.6 Utprøving av verktøy	19
4 Resultat og innledende diskusjon	20
4.1 Litteraturstudiet	20
4.1.1 Sammendrag	20
4.1.2 Utslipp	22
4.1.3 Komponenter	22
4.1.4 Håndtering av miljødata	23
4.2 Spørreundersøkelse	23
4.2.1 Spørreundersøkelse 1	23
4.2.2 Spørreundersøkelse 2	24
4.3 Sammenligning av komponenter	26
4.3.1 Ventiler	26

4.3.2	Aggregat	27
5	Beskrivelse av verktøyets funksjonalitet og utprøving	28
5.1	Kravspesifikasjon	28
5.2	Database	30
5.2.1	Beregning av utslipp	33
5.2.2	Supplering	34
5.2.3	Miljødata	34
5.3	Beregninger i verktøyet	35
5.3.1	Hovedberegninger	35
5.3.2	Mellomberegninger	37
5.4	Rapportering av resultat	37
5.4.1	Referanser	39
5.4.2	Sammenligning av resultat	39
5.4.3	Utvikling av standardverdier	39
5.5	Utprøving av verktøyet	40
5.6	Usikkerheter i verktøyet	43
5.6.1	Miljødata	43
5.6.2	Beregning av utslipp	44
5.6.3	Supplering av miljødata	45
5.6.4	Referansetilbud	45
6	Konklusjon	46
7	Videre Arbeid	47
	Vedlegg	52
A	Relevante standarder	52
B	Spørreundersøkelse	53
B.1	Spørreundersøkelse 1	53
B.2	Spørreundersøkelse 2	54
C	Mellomberegninger i verktøyet	57
D	Beregning av utslipp, EPD og levetid	60
D.1	Beregning av utslipp	60
D.2	EPDer benyttet i verktøyet	65
D.3	Levetid	65
E	OneClick LCA	69

Ordliste og definisjoner

VVS - Varme-, Ventilasjons- Sanitærteknikk

BIM - Building Information Modelling

PCR - Product Category Rule/ Produktkategoriregler

EPD - Environmental Product Declaration/ Miljødeklarasjoner

GWP - Global Warming Potential

LCA - Life Cycle Analysis/ Livssyklusanalyse

LCI - Life Cycle Inventory/ Livssyklusregnskap

LCIA - Life Cycle Impact Assessment/ Livsløpseffektvurdering

BRA - Bruksareal

BTA - Bruttoareal

ZEN - Zero Emission Neighbourhoods

RIV - Rådgivende ingeniør VVS

Programoperatør - Organ som utvikler miljødeklarasjoner. Det kan være et selskap, bransjeorganisasjon, offentlige myndigheter eller et uavhengig vitenskapelig organ.

Tekniske installasjoner - Samlet betegnelse som omfatter VVS- og elektriske installasjoner, samt automasjon og tele.

1 Introduksjon

I august 2021 publiserte FNs klimapanel, IPCC, en rapport som “slo alarm” om økt klimagassutslipp. Rapporten viser til en økning i klimagassutslippene og konstaterer at vi er nødt til å redusere temperaturøkningen for å kunne redusere konsekvensene knyttet til klimaendringer. For at denne reduksjonen skal skje må det globale utslippet av klimagasser reduseres med 40-50% innen 2030 sammenlignet med 2010-nivået [1]. I 2018 stod bygg- og anleggssektoren for den største andelen av energibruk og energirelaterte CO₂ utslipp, denne andelen er henholdsvis 36% og 39% [2]. I samme rapport vises det til en global økning i både energibruk og utslipp knyttet til bygg og anlegg. Store andeler av utslippet er knyttet til produksjonen av elektrisitet og varme, men det er også betydelige utslipp knyttet til produksjonen av byggematerialer, henholdsvis 68% og 13,4%.

For å kunne kutte utslippene tilknyttet bygg og anlegg må vi være bevisste på hvordan vi bygger; hvilke materiale vi benytter oss av og hvor energien kommer fra. I Norge stilles det i dag krav til lavt energibehov og miljøvennlig energiforsyning i TEK17, men det er per dagsdato ingen offisielle krav om klimagassutslipp knyttet til bygg og materialer. I disse tider er en ny versjon av TEK under høring, der det foreslås krav om utførelse av klimagassregnskap av bygningsdeler som faller under klassifisering 22 - 26 ihht bygningsdeltabellen. I tillegg er det foreslått krav om et utslipp som ikke overstiger 6 og 4,5 $kgCO_2 - eqv/m^2$ BTA for henholdsvis boligbygg og yrkesbygning [3]. Ny TEK stiller derimot ingen krav om klimagassberegninger for VVS-installasjoner. Utslipp knyttet VVS-installasjoner er underrapportert, men de tidligere studiene som er blitt gjennomført indikerer at VVS-installasjoner står for en betydelig del av byggets totale klimagassutslipp.

Norge har gjennom parisvtalen og FNs bærekraftsmål forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene med 50% innen 2030, sammenlignet med 1990-nivået. En reduksjon i bygg og anleggsbransjen er derfor avgjørende for å nå disse målene. Regjeringen har utarbeidet en handlingsplan for å nå bærekraftsmålene der blant annet disse to punktene trekkes frem [1]:

- Behov for krav og forskrifter som stiller klimakrav ved byggeprosjekter og krav om dokumentasjon av byggevarer.
- Utarbeidelse av en metodikk for å måle den samlede klima- og miljøpåvirkningen av bygg.

Utfordringene i dag for å kunne ta i bruk materialer og løsninger med lave miljøpåvirkninger stammer fra blant annet mangel på enkle beregningsverktøy for både bygninger, bygningsdeler og produktgrupper [4]. Det er også en usikkerhet rundt EPDer der det både er begrenset tilgang og varierende kvalitet [4].

Siste kvartal i 2021 startet forskningsprosjektet Grønn VVS hvor hovedmålet er å redusere klimagassutslippet knyttet til VVS-installasjoner med 50% sammenlignet med bransjestandard, samt utvikle en ny tjeneste for prosjektering av VVS-installasjoner med lavere miljøpåvirkning enn dagens praksis. For å nå dette etterstrebes det fler studier for å kunne skape et robust kunnskapsgrunnlag og representative referanseverdier knyttet til utslipp av VVS-installasjoner.

1.1 Mål for oppgaven

Denne oppgaven er en del av arbeidspakke 1 i forskningsprosjektet Grønn VVS der det skal utvikles en metodikk og verktøy som muliggjør klimagassberegning av VVS-installasjoner i en tilbudsfasen når de viktigste valgene tas. Verktøyet skal synliggjøre utslipp på et produkt og systemnivå. Det skal bygges opp en database med tilgjengelig miljødata for VVS-komponenter som kan kombinere både generisk og produktspesifikk data. Verktøyet skal testes ut av GK som ønsker å minimere klimagassutslipp fra VVS-installasjoner og levere klimagassbudsjett med sine tilbud. I tillegg til å utvikle et verktøy er følgende mål satt:

- Finn en egnet metode for klimagassregnskap av VVS-installasjoner i tilbudsfasen som besvarer
 - Hvordan skal man håndtere mangel av produktspesifikk miljødata?
 - Hvordan håndtere mangelfull miljødata?
- Besvare hvilke bygningsdeler og livssyklusmoduler som kan stå for størst klimagassutslipp i et ventilasjonsanlegg?

2 Teoretisk bakgrunn

2.1 Tilbudsfase

En anbudsprosess, videre referert til som tilbudsfase, er den prosessen der bestemte betingelser blir gitt av oppdragsgiver, og leverandør leverer et bindende tilbud om å utføre et arbeid, levere en tjeneste eller levere varer basert på disse betingelsene [5]. Oppdragsgiver er byggherre og leverandør er entreprenør. Tilbudene avgis på grunnlag av en anbudsinnbydelse med et tilhørende anbudsgrunnlag eller konkurransegrunnlag som beskriver hvilket formål som skal dekkes og hvilken ytelse det ønskes at leverandørene gir tilbud på [6]. Tidsforløpet i en tilbudsfase kan variere fra dager til måneder, hvor det vanligste er rundt to uker [7].

Det deles hovedsaklig inn i to hovedformer av entrepriser: Utførelsesentreprise og totalentreprise. Forskjellen mellom disse entreprisformene ligger i hvor ansvaret for prosjekteringen er plassert [8]. I utførelsesentreprisen er det byggherren som står for hele eller det vesentlige av prosjekteringen. I totalentreprise er det entreprenøren som er ansvarlig for prosjektering og utførelsen. I konkurransegrunnlaget levert av byggherren er det vanlig å kunngjøre konkurranse for entreprenør med skisseprosjekt ¹ som grunnlag i totalentreprise. I noen tilfeller utarbeider byggherren også forprosjekt ². Det er opp til byggherren å stille funksjonskrav, mens detaljering og design av tekniske løsninger overlates til entreprenørene [11].

Informasjonsgrunnlaget entreprenøren har tilgjengelig er dermed avhengig av entreprisform for prosjektet, i tillegg kan informasjonsgrunnlaget variere fra prosjekt til prosjekt [7]. Uavhengig av entreprisform er det i denne fasen løsninger og systemvalg låses og dermed er muligheten til å påvirke valg stor [7].

2.2 SIMBA 2.0

SIMBA er Statsbyggs BIM-krav med veiledning. SIMBA stiller krav til hvordan BIM-modellen skal bygges opp, og hvilken informasjon som skal inkluderes og hvordan informasjonene er strukturert [12]. Veilederen kan benyttes for hvilke informasjon som skal være tilgjengelig i ulike faser av byggeprosjektet som skisseprosjekt, forprosjekt, detaljprosjekt og ferdigstilling. SIMBA 2.0 er det nyeste settet med slike krav [13].

¹I skisseprosjektet utvikles tekniske krav på overordnet nivå [9]

²I forprosjekt videreutvikles funksjonell og fysisk struktur fra skisseprosjektet der det lages modeller og tegninger som representerer de viktigste valgene for prosjektet [10]

2.3 Bygningsdelstabellen

For å systematisere, klassifisere og kode informasjon som omfatter de fysiske delene av en bygning og tilhørende anlegg kan en benytte seg av NS 3451 - Bygningsdelstabellen. Bygningsdelstabellen er bygd opp med fire nivåer, der det er økende grad av detaljering fra 1-sifret til 4-sifret nivå. En oversikt over bygningsdelene denne standarden tar for seg er listet i tabell 2.1

Tabell 2.1: Oversikt over kode benyttet i standarden og tilhørende bygningsdeler [14]

Klassifisering	Bygningsdel
2	Bygningsdeler for bygning
3	Bygningsdeler for VVS*
4	Bygningsdeler for elkraft
5	Bygningsdeler for EKOM**
6	Bygningsdeler for andre installasjoner
7	Bygningsdeler utendørs

* Varme-, ventilasjons- og sanitærteknikk
* Elektroniske kommunikasjonstjenester

2.4 Miljømerker

Miljømerkinger er et nøkkelverktøy for å ta bærekraftige beslutninger og kan gi store fordeler både for kjøpere og leverandører [15]. Merkingene gir informasjon om produktet eller tjenestens miljøpåvirkning. For at forbrukerne skal kunne ta bevisste valg basert på miljømerkets troverdighet er ISO standardene 14020-14025 utviklet. Standardene harmoniserer kriterier, definisjoner og retningslinjer for miljømerkingene.

Det finnes tre typer miljømerkinger:

Type 1 - Miljømerkeordninger

Miljømerkeordninger indikerer at produktet har oppfylt spesifikk miljøprestasjon i henhold til et sett med kriterier, som f.eks Svanemerket [16]. Miljømerkeordningen er frivillig og kravene som skal oppfylles er ulike fra «merke» til «merke», men alle kravsett skal utvikles i henhold til ISO 14024 [15].

Type 2 - Selverklærte miljømerker

Selverklærte miljømerker følger krav fremstilt for varer eller tjenester av produsenten i henhold til ISO standarden ISO 14021 [15]. Miljømerke er basert på selskapets uttalelse der det ikke kreves godkjenning fra en uavhengig part [17].

Type 3 - Miljødeklarasjoner (EPD)

EPDer er kvantifisert miljøinformasjon om et produkts livsløp. Deklarasjonene er basert på uavhengig verifiserte data fra livsløpsvurdering av produktet, og kan benyttes til å sammenligne ulike produkter med samme funksjon [18]. Prinsipper og prosedyrer for utarbeidelse av EPDer er fastsatt av ISO 14025.

2.5 Produktkategoriregler

For at det skal være mulig å utarbeide en EPD må produktet ha tilhørende produktkategoriregler (PCR) [19]. PCR er spesifikke regler, krav og veiledninger for å utføre en og utvikle en EPD for en spesifikk produktkategori. Hensikten med å utarbeide PCR er å sikre at alle EPD innenfor samme produktkategori bearbeides likt uavhengig av deklarasjon og muliggjøre sammenligning av miljødeklarasjoner [20]. Utviklingen av PCRer krever at flere bedrifter i samme bransje og andre interessenter deltar [19].

Alle PCR må være i henhold til ISO 14025 [20]. De fleste Europeiske PCRer er også i henhold til EN 15804. EN 15804 gir en kjerne-PCR for den europeiske genereringen av EPDer for byggesektoren, og kan benyttes som den er eller sammen med tillegg PCR-er. Vanligvis har EPD publiseringsplattformer enten en PCR som et sett med tilleggsregler for publiserte EPDer, eller et sett med PCRer for forskjellige byggevarer kategorier.

Alle programoperatører av EPDer har en oversikt over PCRer utviklet i sitt tilhørende land. EPD-Norge har i dag (04.2022) 19 ulike PCR for ulike bygningsdeler og systemer. Av disse er det kun en PCR som direkte gjelder for VVS-installasjoner; «Ventilation components». Denne PCRen gjelder for komponenter tilknyttet ventilasjonen som: kanaler, luftfordelingsutstyr og luftbehandlingsutstyr.

2.6 Miljødeklarasjoner

Når en har en PCR på plass er det mulig å utarbeide en miljødeklarasjon (EPD) for produktet. En EPD er et dokument som oppsummerer miljøpåvirkningen til et produkt [21]. En EPD lages på grunnlag av en livsløpsanalyse (LCA) av det produktet etter ISO standardene ISO 14040-14044 [21]. Metodiske regler for den enkelte produktkategorien utdypes i et eget dokument for produktkategoriregler (PCR-dokument) [20]. Miljødeklarasjoner er et godt verktøy som kan benyttes til å sammenligne to ulike produkter fra samme produktkategori, samt datagrunnlag for livssyklusanalyser. Alle EPDer må tredjepartsverifiseres. Dette er et nøkkelement for hvorfor EPDer er verdsatt for deres upartiske, standardiserte og sammenlignbare informasjon.

I henhold til EPD-Norge skilles det mellom to hovedtyper av EPDer; Spesifikt produkt EPD og Gjennomsnitt-EPD [22]. Disse defineres slik:

Spesifikt produkt EPD: Denne EPDen gjelder for et spesifikt produkt levert fra en spesifikk produsent eller leverandør. EPDen blir publisert på EPD-Norge, eller andre programoperatører.

Gjennomsnitt-EPD: En EPD med et snitt for flere lignende produkter fra en leverandør/ produsent, eller en EPD hvor fler produsenter går sammen om å deklare samme type produkt. Denne blir videre i oppgaven referert til som Generisk verdi eller generisk miljødata.

Verifisering, registrering og publisering av en EPD skjer gjennom en programoperatør, som for eksempel EPD-Norge, Ibu-EPD og Environdec. Disse tre programoperatørene er også medlem av ECO Platform. ECO Platform har som formål å harmonisere utviklingen av EPDer for byggevarer [23]. Hvilket betyr at ECO Platform medlemmer utvikler sine EPDer i henhold til EN 15804, som gir en struktur for å sikre alle miljødeklarasjoner av byggevarer, byggetjenester og byggeprosesser utledes, verifiseres og presenteres på en harmonisert måte [23].

Ved utarbeidelse av en EPD er det nødvendig å ta noen antagelser ved deklarasjon av livssyklusmoduler utenfor produksjon (A1-A3). I henhold til EN 15804 skal disse antagelsene baseres på gjennomsnittsverdier over 1 år. Data som benyttes for disse antagelsene skal ikke være eldre enn 10 år for generisk miljødata og 5 år for produktspesifikk. EPDer er gyldige i en periode på 5 år etter utgivelsesdato, etter dette skal dataen benyttet gjennomgå og verifiseres på nytt [24]. Endringer skal kun gjøres dersom underliggende data benyttet er blitt vesentlig endret, dette kan for eksempel være på grunn av teknologi benyttet i produksjon [24].

2.7 Livssyklusanalyse

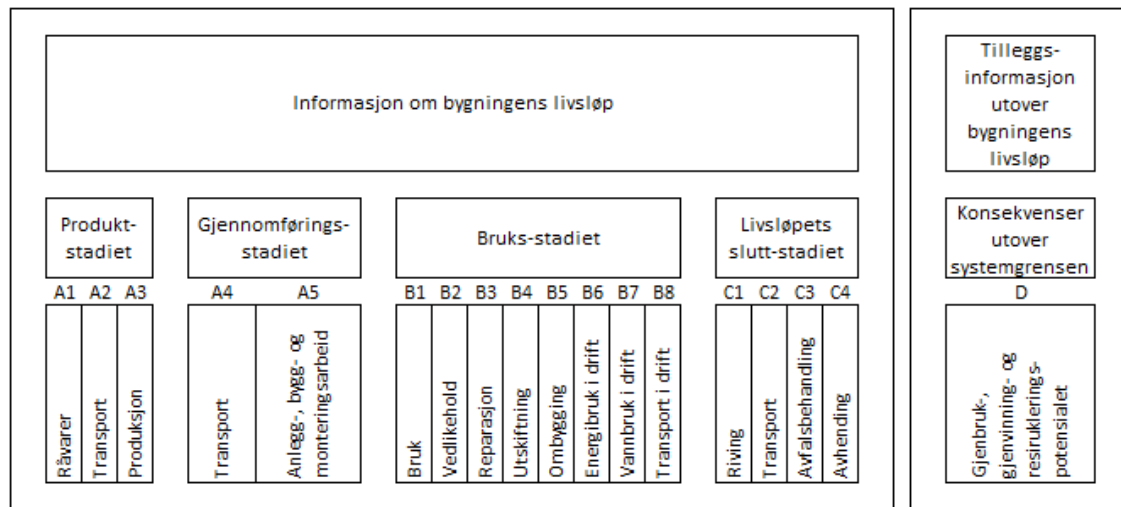
Livssyklusanalyse (LCA) er en metode for å kartlegge og rapportere miljøpåvirkningene til et produkt eller en bygning gjennom dens livssyklus - råvareuttak, produksjon, bruk og slutfasen/avhending [25]. En LCA kan benyttes når en skal begrense miljøpåvirkningene fra et byggeprosjekt, og kan være nyttig verktøy for å sammenligne ulike faser eller produkter. Ved å gjennomføre en livssyklusanalyse kan man identifisere «hotspots» for produktets utslipp, dette vil si hvor det største utslippet stammer fra. På denne måten kan en se hvilke tiltak som må benyttes for å forbedre miljøytelsen til produktet eller systemet [25]. Det er mulig å utføre en LCA i ulike faser i/av byggeprosessen: skisseprosjek-, forprosjekt- og detaljprosjekt fasen.

Regler og metode for å gjennomføre en LCA står beskrevet i NS 3720:2018. Her blir det beskrevet hva som må være inkludert i beregningene for å kunne sammenligne ulike løsninger. Standarden kan benyttes til å beregne klimagassutslipp knyttet til livsløpet til en hel bygning eller deler av en bygning i tillegg til deler av livsløpet til bygningen eller bygningsdelen [26]. En livssyklusanalyse består av fire steg: definering av mål og omfang, livsløpsregnskap (LCI), livsløpseffektvurdering (LCIA) og tolkning [27].

2.7.1 Mål og omfang

Det første steget i en LCA er å definere mål og omfang med analysen. Målet med analysen bør inkludere blant annet formålet med analysen og tiltenkt metodikk [27]. Omfanget omfatter systemgrenser, funksjonell ekvivalent, påvirkningskategori, levetid og datakvalitet [26].

En livsløpsanalyse av en hel bygning er omfattende, og det kan derfor være enklere å fokusere på delkonstruksjoner eller installasjoner [25]. Avhengig av tilgjengelig data, formål og ressurser er det ikke alltid mulig å inkludere alle modulene i analysen, se figur 2.1 for oversikt over de ulike modulene. Derfor er det viktig å vurdere målet med analysen nøye for å sikre at det begrensede omfanget fortsatt er tilstrekkelig når systemgrensene settes [25]. NS 3720:2018 bygger på den europeiske standarden EN 15978 som også gir bergingsregler for å kunne vurdere nye og eksisterende bygningers miljøprestasjon. Nytt for NS 3720:2018 er innføringen av modul B8 - transport i drift.



Figur 2.1: Objektets livsløp - illustrasjon inspirert av NS 3720:2018

Livssyklusmodulene for produksjon (A1-A3), konstruksjon (A4-A5), utskiftning (B4) og avhending (C1-C4) regnes som de bundne utslippene. Dette er utslipp som i hovedsak er knyttet til materialer og elementer [28]. Dette vil si at uavhengig av økt energieffektivisering av bygg vil disse utslippene forbli like.

Funksjonell ekvivalent, også kaldt funksjonell enhet, til et objekt er kvantifisering av de tekniske egenskapene og funksjonene som kreves for objektet. Den funksjonelle enheten gjør det mulig å utlede en referanseenheter som brukes til å fremstille resultater fra beregninger. Den kan for eksempel være m^2 for bygningen eller delkonstruksjonene.

Påvirkningskategori sier noe om objektets påvirkning på ulike miljøaspekter. Global warming potential, GWP, er kanskje den mest benyttede miljøpåvirkningskategorien. GWP er definert som «mengden emergi utslippene av 1 tonn av en gass vil absorbere over en gitt tidsperiode i forhold til utslippene av 1 tonn CO₂» og forteller om potensialet for global oppvarming over 100 år [29].

Objektets levetid indikerer antall utskiftninger for produktet, komponenten eller bygningsdelen. Levetiden for en komponent eller bygningsdel skal fastsettes som estimert levetid. For byggets levetid skal 60 år benyttes dersom ikke byggherren har oppgitt en påkrevd levetid.

Datakvalitet blir klassifisert på to nivåer i henhold til NS 3720:2018

Nivå 1: Spesifikk data som er beregnet og/eller målt for et konkret produkt eller konkret tjeneste. Denne dataen skal være tredjepartsverifisert i henhold til EN 15804.

Nivå 2: All LCA-data som ikke tilfredstiller kravet til datakvalitet på nivå 1. Dette er generisk data, gjennomsnittsdata og representative data (proxy-data). Data bør ikke være eldre enn 10 år.

Data og forutsetningene som er benyttet i et klimagassregnskap skal gjenspeile virkeligheten så nøyaktig som mulig. Derfor skal de mest representative dataene som er tilgjengelig benyttes [26]. Datakvalitet nivå 2 kan anvendes i forprosjektfasen, men det anbefales å benytte datakvalitet nivå 1 der dette finnes.

2.7.2 Livsløpsregnskap

Det andre steget i en LCA er livsløpsregnskap. Dette er et regnskap over inngangsdata og utgangsdata av produktets eller systemets livssyklus [27]. Regnskapet omfatter datainnsamling og beregningsprosedyrer for å oppnå resultater for den aktuelle studien [25]. Målet med en LCI er å kvantifisere ressursforbruk fra naturen og utslipp til naturen for en spesifikk prosess [25]. Innsamling av data kan være en omfattende prosess da et livsløpsregnskap krever store mengder data. Prosessen for å gjennomføre en LCI er iterativ, hvilket betyr at etter hvert som data samles inn, kan nye krav og begrensninger av data identifiseres [27]. Etter datainnsamlingen er det nødvendig med beregningsprosedyrer. Dette innebærer validering av innsamlede data, relatering av data til enhetsprosesser og relatering av data til den funksjonelle enhetens referansestrøm [27]. Resultatet av en LCI er en liste over alle tilførselene fra naturen, råvarer, energi og vann, og utslipp til luft, vann og land for produktet eller systemet som studeres [25].

2.7.3 Livsløpseffektvurdering

I dette steget blir tilførselene og utslippene som ble identifisert i LCIen videre analysert og relatert til ulike miljøpåvirkningskategorier [27]. Vurderingen inneholder kun de miljøforholdene som er spesifisert i hensikten og omfanget, og er ikke en fullstendig vurdering av alle miljøforhold ved produktet eller systemet som vurderes [27]. For å utføre en livsløpseffektvurdering er det tre elementer som må inkluderes. I tillegg kan også tre frivillige elementer inkluderes. Nødvendige elementer:

- Valg av påvirkningskategorier, kategoriindikatorer og karakteriseringsmodeller
- Tilordning av LCI-resultater (klassifisering)
- Beregning av resultater for kategoriindikatorer (karakterisering)

Frivillige elementer:

- Beregning av størrelsesorden av resultater for kategoriindikatorer i forhold til referanseinformasjon (normalisering)
- Gruppering
- Vekting

2.7.4 Tolkning

Det siste steget i en livsløpsanalyse er tolkning. I dette steget blir dataene etter LCI beregningene analysert for å avgjøre om det er identifisert noen vesentlige problemer [25]. Kritisk tolkning av styrker og svakheter ved LCAen er avgjørende for at konklusjonene, begrensningene og anbefalingene (som følger av en LCA) skal være meningsfulle [25]. Dette kan gjøres ved å gjennomføre en følsomhetsanalyse [26]. Denne følsomhetsanalysen skal i henhold til NS 3720:2018 avdekke og undersøke følgende:

- Resultatenes robusthet som følge av datakvalitet eller valg av forutsetninger
- Samsvar mellom formålet med vurderingen og systemgrenser som brukes
- Samsvar mellom scenarioene på bygningsnivå og produktnivå

2.8 Krav til klimagassregnskap

For å oppføre eller ombygge en bygning eller deler av et bygg skal byggteknisk forskrift følges. I dag er det TEK 17 som gjelder for dette. I denne forskriften forekommer det ingen krav om klimagassregnskap av bygningen eller enkelt bygningsdeler. Høsten 2021 publiserte Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) forslag til endringer i TEK17. Høringsnotatet foreslår en endring slik at krav til dokumentasjon av klimagassutslipp skal forekomme i forskriften. Forslaget er som følger [3]:

“For boligblokk og yrkesbygninger skal det utarbeides et klimagassregnskap basert på metoden i NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger. Klimagassregnskapet skal som minimum inkludere modulene A1-A3 og B4-B5 for bygningselementene angitt i tabell Bygningsdeler. Kjelleratasjer kan utelates i klimagassregnskapet”[3]

Tabellen i høringsnotatet lister opp følgende bygningsdeler: 22. Bæresystemer, 23. Yttervegger, 24. Innervegger, 25. Dekker og 26. Yttertak. Videre foreslår høringsnotatet følgende krav:

“Klimagassutslipp fra bygningens materialbruk skal ikke oversige $6 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$ BTA per år for boligbygning og $4,5 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$ BTA per år for yrkesbygning.”[3]

2.9 Verktøy

For å utføre klimagassberegninger av bygninger og bygningsdeler finnes det allerede en håndfull verktøy som er tilgjengelig. Felles for disse verktøyene er at de i utgangspunktet benyttes forbindelse med en Revit-fil. Videre i denne seksjonen vil følgende verktøy bli presentert: OneClick LCA, ZEB Tool og Excel verktøyet utviklet av Erichsen Horgen nå Multiconsult. Disse verktøyene er videre blitt benyttet som inspirasjon ved utviklingen av denne studiens verktøy.

2.9.1 OneClick LCA

OneClick LCA er et nettbasert verktøy for å utføre livssyklusanalyser av bygninger og systemer. Den tilhørende databasen inneholder miljødata fra en rekke kilder rundt om i verden, både private og offentlige kilder [30]. OneClick LCA sin database inneholder både generiske og produktspesifikk data, slik at det er mulig å benytte seg av verktøyet under ulike stadier i byggefasen [30]. For å sikre høy datakvalitet blir det gjennomført en 10-steps prosess før dataen legges inn i databasene [31]. Denne 10-steps prosessen har blitt gjennomgått og godkjent av BRE. BRE står for Building Research Establishment. BRE er en uavhengig forskningsorganisasjon for bygningsutvikling. Denne prosessen er for å sørge for at dataen er passelig for konstruksjonssektoren og dets applikasjoner [31]. 10-steps prosessen er utviklet ved å benytte standardiserte livssyklusresultater i henhold til CLM, TRACI eller EN 15804+A2. Europeiske databaser som er inkludert i OneClick LCA sin database opererer i henhold til EN 15804 [30]. Alle nord-amerikanske opererer ihht ISO 14025.

Databasen inneholder EPD fra en rekke programoperatører og LCA-datasett som varierer i rapporterte livssyklusstadier (moduler) [32]. Noen rapporterer kun produksjonsvirkningen, mens andre rapporterer et mer fullstendig bilde av produktets livssyklus. Hvilken miljøpåvirkning produktet har gjennom byggets levetid er avhengig av både leverandør og hvilket land produktet blir benyttet i; land har ulike prosedyrer for avhending. For likevel kunne vurdere miljøpåvirkningen til et produkt blir det benyttet en blanding av gitte verdier fra EPD eller bruker og standard scenarioer for regionen bygget oppføres. Verdier og antagles som blir benyttet i de ulike modulene er beskrevet i tabell 2.2. Denne modellen følger både EN 15978 og ISO 21930.

Tabell 2.2: Oversikt over hvordan OneClick LCA håndterer utslipp for de ulike modulene

Moduler	Data
A1-A3	Materialspekifikke datapunkt
A4	Distanse lagt inn av bruker, eller standard
A5	Bruker legger selv inn data eller godkjenner standard
B1, B2 og B3	Datadomenestandard eller materialspekifikke datapunk
B4 og B5	Levetid satt av bruker, eller standard
B6	Benytter gitte verdier
B7	Benytter gitte verdier
C1	Scenario for region
C2	Scenario for region
C3	Materialegenskaper og scenario for region
C4	Materialegenskaper og scenario for region
D	Materialegenskaper og scenario for region

OneClick LCA utvikler også sine egne datasett der det er mangler fra leverandører. For å utvikle disse datasettene blir Ecoinvent benyttet som oppstrømsdatabase. Datasettene er selv-deklarerert, men er utviklet i henhold til ISO 14044.

2.9.2 ZEB Tool

ZEB Tool er et verktøy laget av Houlihan Wiberg for Zero Emission Buildings (ZEB). Verktøyet har senere blitt videreutviklet i samarbeid med studenter [33]. Verktøyet er basert i Excel regneark og kan benyttes for å beregne klimagassutslipp tilknyttet bygg. Et nøkkelement i verktøyet er de underliggende arkene som korresponderer til bygningskomponentene iht NS 3451 på et to sifferet nivå. Eksempelvis: 23 – yttervegger, 32 – varme og 36 – ventilasjon. Første versjon av verktøyet, ZEB-TOOL M, tar for seg utslipp knyttet til livssyklusfasene for produksjon (A1-A3) og utskifting (B4). I videre versjoner har også konstruksjonsfasene A4 og A5 blitt inkludert, ZEB-TOOL CM, og deretter har verktøyet blitt supplert med den operasjonelle fasen B6. Utslipp for bygningsdelene har blitt beregnet ved bruk av EPD fra EPD-Norge og videre supplert med generisk data fra Ecoinvent. Der EPD for spesifikke komponenter/produkt ikke var tilgjengelig fra EPD-Norge ble miljødeklarasjoner fra Environdec, EcoPlatform eller Ibu-EPD. Verktøyet kan benyttes tidlig i byggeprosessen og gjennom designprosessen. Det er benyttet dropdownlister for valg av bygningsdel og komponent for å gjøre prosessen og beregningen enkel og kjapp.

Som hjelp og inspirasjon til denne oppgaven har forfatteren fått tilgang til ZEB-Tool M. Denne delen av verktøyet tar kun for seg utslipp knyttet til materiale, og omfatter livssyklusfasene A1-A3 og B4.

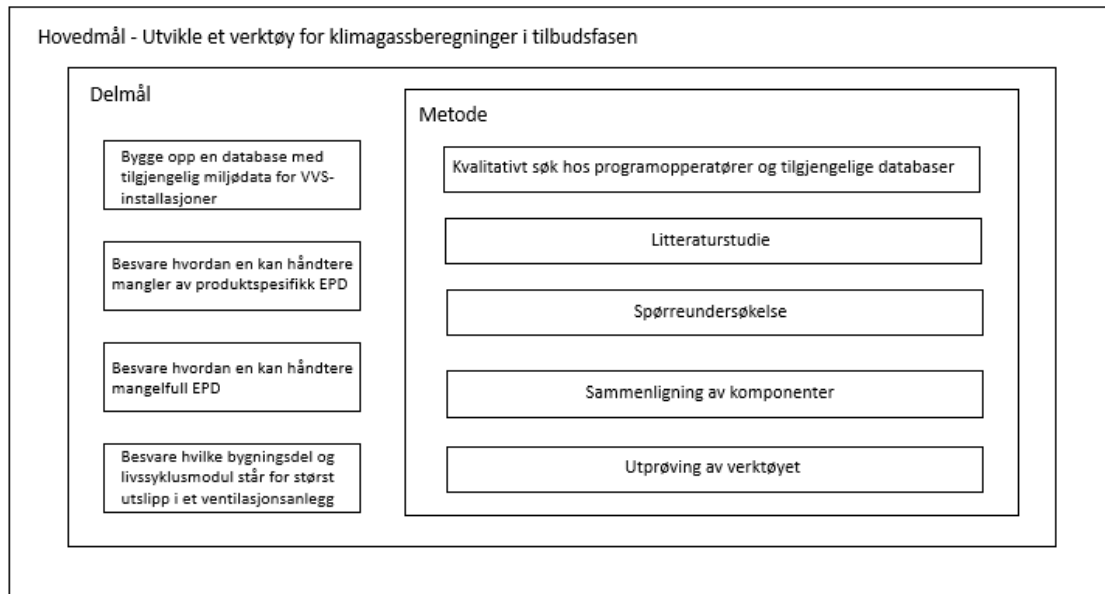
2.9.3 Multiconsult regneark

I arbeid med forskningsprosjektet er det blitt gitt til regnearkfor beregninger av klimagassutslipp utviklet av Multiconsult (Tidligere Erichsen Horgen). Dette verktøyet er kun for internt bruk og er benyttet som inspirasjon i denne oppgaven.

Verktøyet har som funksjon å beregne utslipp knyttet til VVS-installasjoner i produksjonsfasene (A1-A3). Beregningene er basert på produktspesifikke EPDer fra ulike programoperatører. Verktøyet kan benyttes til å sammenligne ulike løsninger og analysere utslipp på komponentnivå.

3 Metode

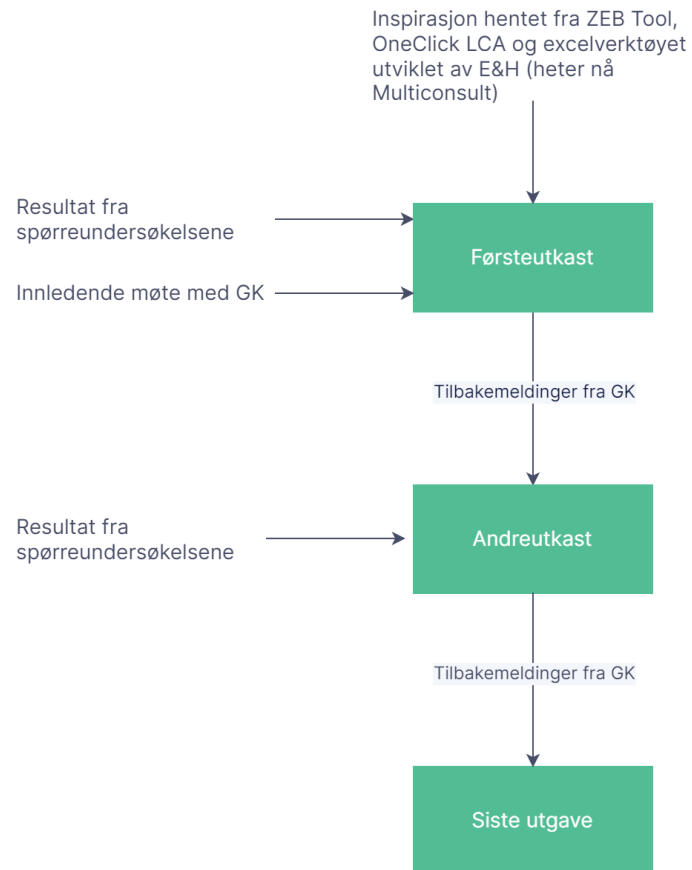
I dette kapitlet vil det bli beskrevet hvilke metoder som er benyttet for å løse oppgavens hovedmål og delmål. Figur 3.1 gir et overblikk over oppgaven og metodene som er blitt benyttet.



Figur 3.1: Overblikk over metodene som er blitt benyttet for å svare på oppgavens mål

3.1 Utviklingen av verktøyet

Utviklingen av verktøyet har vært en iterativ prosess som har basert seg på utprøving og “feedback”. Det har blitt utviklet tre utkast av verktøyet, der det tredje utkastet er det ferdige produktet. Utkast en og to er blitt prøvd ut av en testperson på et testprosjekt. Dette er gjort for å sjekke funksjonaliteten av verktøyet; fungerer beregninger som tenkt, i tillegg vil utprøvingen være med på å avdekke eventuelle mangler og identifisere behovene i en tilbudsfasen. I forkant av hver utprøving er det blitt gjennomført møter med representanter fra GK. Disse møtene ble gjennomført for å forme verktøyet etter GKs behov i en “standard” tilbudsfasen. Flytskjemaet illustrert i figur 3.2 viser prosessen ved utvikling av verktøyet



Figur 3.2: Flytskjema for utviklingen av verktøyet

For utviklingen av verktøyet er det blitt satt følgende avgrensning, både på grunn av begrenset tid tilgjengelig og hovedmålet til forskningsprosjektet Grønn VVS: Verktøyet skal kun inkludere VVS-komponenter. Dette vil si bygningsdeler som er klassifisert under kode 3. i henhold til bygningsdelstabellen.

3.2 Litteraturstudie

For å identifisere dagens kunnskap og status om klimagassutslipp knyttet til VVS-installasjoner ble det gjennomført et litteraturstudie. Spesielt ble det undersøkt metoder som benyttes for håndtering av miljødata. Artiklene som er benyttet i litteraturstudie er hentet fra litteratordatabasen bygget opp av forskningsprosjektet «Grønn VVS». Denne databasen er resultatet av en omfattende søkeprosess og inneholder 30 artikler og studier rapporter som alle tar for seg miljøpåvirkningene av bygg og/ eller tekniske installasjoner.

I tillegg ble det utført et eget litteratursøk for å ikke gå glipp av artikler som kan være relevante. Søkeord som ble benyttet står oppført i tabell 3.1. Kriterier for søket var at disse ordene skulle komme frem i tittelen, da tittel på studiet skal være beskrivende for hva studie tar for seg. Søket ble utført i Google Scholar, Scopus og Science Direct for å få en bredt søk. Søket resulterte i 29 unike studier. Av disse lå fem i litteratordatabasen bygget opp av forskningsprosjektet.

Kriterier for relevante artikler:

- Inneholde en LCA av VVS-installasjoner
- Må inkludere modulene A1-A3
- Benytter GWP som påvirkningskategori

For å sjekke om artikkelen oppfylte kriteriene over ble abstrakt og konklusjon lest igjennom. Artiklene som ikke oppfylte disse kriteriene ble dermed fjernet. I tillegg ble review og conference paper fjernet, samt de artiklene som ikke var fagfellevurdert eller skrevet på et annet språk enn norsk og engelsk. Det var også noen artikler som ikke var tilgjengelige. Søket resulterte dermed i 9 artikler som var relevante for denne oppgaven.

Tabell 3.1: Søkeord benyttet i litteratursøket

Hovedord	Synonym
Life Cycle Assessment	LCA
	Life cycle analysis
	Embodied Carbon
Technical Installations	HVAC
	Ventilation
	MEP

3.3 Spørreundersøkelse

Gjennom møter med GK og veiledningstimer der representanter fra forskningsprosjektet også var til stede, har det blitt diskutert omfanget av klimagassregnskap der det kom frem mange ulike forslag og løsninger. For å systematisk strukturere denne informasjonen har det blitt utført to kvalitative spørreundersøkelser. En spørreundersøkelse rettet mot byggherre og en rettet mot entreprenør. Formålet ved begge spørreundersøkelsene var å få innsikt i hva klimagassregnskapet må inneholde og hvilke aspekter som veier mest for både byggherre og entreprenør. .

Ved utførelsen av en undersøkelse er det viktig å sikre riktig håndtering av data slik at personvern blir opprettholdt etter §8 i personopplysningsloven [34]. Begge undersøkelsene ble derfor utført i nettskjema og er anonyme. Nettskjema er en tjeneste utviklet av UiO som kan benyttes til å utforme og gjennomføre en spørreundersøkelse [35]. Nettskjema er underlagt UiOs ledelsessystem for informasjonssikkerhet (LSIS). Dette vil si at personopplysninger og annen type informasjon forvaltes med høy kvalitet i tråd med lov og regelverk. I tillegg sikrer nettskjema lagring av data innenfor Norges landegrenser, samt at de sikrer at det ikke er mulig å koble personen mot det leverte skjemaet ved anonymiserte skjema [35].

Spørsmålene fra undersøkelsen ligger i vedlegg B.

3.3.1 Spørreundersøkelse 1

Spørreundersøkelse 1 hadde som hensikt å etterforske interessen hos byggherrer rundt et klimagassregnskap i en tilbudsfasen og hvordan rapporteringen av tilbudet skulle foregå, i tillegg til omfang av regnskapet. Utvalget av informanter ble valgt på bakgrunn av relevans til oppgaven. Da målet for denne oppgaven er å utvikle et verktøy som GK kan benytte i sine tilbud ble utvalget av informanter begrenset til byggherrer som tidligere har eller jobber aktivt med GK. En liste av totalt åtte byggherrer ble gitt av ekstern veileder.

Spørreundersøkelsen inneholdt 6 spørsmål som var en blanding av flervalg og tekstsvar for å få dybde på svarene.

3.3.2 Spørreundersøkelse 2

Spørreundersøkelse 2 hadde som formål å kartlegge hvilke ønsker brukerne av verktøyet hadde. Undersøkelsen var delt inn i to deler, der del 1 omhandlet verktøyets omfang og del 2 hadde de samme spørsmålene som undersøkelse 1 om rapportering av klimagassutslippet. Denne undersøkelsen hadde noe mer spørsmål da hensikten var å få et godt overblikk over hvor en skulle begynne ved utviklingen av verktøyet. Utvalget av informanter ble også her valgt på grunnlag av relevans til oppgaven om å utvikle et verktøy for GK. Spørreundersøkelser ble derfor sendt til ansatte i GK. I tillegg ble spørreundersøkelsen sendt til kontaktpersoner for forskningsprosjektet hos Multiconsult da dette er informanter som tidligere har jobbet mye med klimagassregnskap.

Spørreundersøkelsen inneholdt 10 spørsmål. Også her var den en blanding av flervalgsspørsmål og tekstsvar.

3.3.3 Analyse

Da det ble gjennomført en kvalitativ spørreundersøkelse ble informasjon hentet fra et begrenset antall informanter. Prosessen beskrevet i punktene under er benyttet for å analysere og hente ut informasjon fra spørreundersøkelsene:

1. Hver av de to spørreundersøkelsene analysert i sin helhet for å skape en overblikk over resultatene.
2. Dykker dypere inn i hvert enkelt spørsmål. For flervalgsspørsmålene ble vektprosentene for svarene knyttet til alternativene analysert. For tekstsvar ble nøkkelord som beskriver den generelle trenden notert og analysert.
3. Hvis det var store variasjoner i svarene gitt ble hver enkelt informant sine svar analysert for å sjekke om det var en trend hos informanten som kan forklare variasjonene.

3.4 Innhenting av miljødata

Innhenting av miljødata kan være en lang og omfattende prosess. For å snevre søket og samtidig som å sikre god datakvalitet er det satt noen kriterier for databasene og programoperatørene som er benyttet. Innsamlingen av miljødata er gjort i samarbeid med medstudenter. Kriteriene er som følger:

- **EPD må være deklart for Europa eller et land innenfor Europa**
Miljødata utviklet på bakgrunn av norsk data er prioritert, men da det er begrenset med miljødeklarasjoner for VVS-installasjoner var det nødvendig å benytte EPD utviklet med annen bakgrunnsdata. Det antas at produksjonen og transportmetode for land i Europa er representativt for Norge da det opereres med harmoniserte standarder i EU og EØS land.
- **EPD utviklet i henhold til EN 15804**
EPD utviklet i henhold til EN 15804 sørger for tredjeparsverifisering, i tillegg sikrer den antagelser basert på et års gjennomsnittstall.
- **EPD med deklart enhet m^2 BRA eller BTA blir ikke benyttet**
Deklart enhet m^2 BRA eller BTA refererer til system eller anlegg per bygningens areal. Dette anses som en upassende enhet da miljødataen setter forutsetninger for bygningskroppen, funksjonskrav og areal som ikke nødvendigvis vil være representerbar i andre scenarioer.

Miljødata ble hovedsaklig hentet fra EPD-Norge, Ibu-EPD og the International EPD system, men det var også nødvendig å hente fra andre databaser og kilder for å få en fullstendig database. I prioritert rekkefølge ble følgende databaser og kilder benyttet:

1. Programoperatører som er medlem av ECO Platform
2. Andre programoperatører - dette kan f.eks være INES og Ökuobaudat.
3. OneClick LCA

3.4.1 Supplering av miljødata

For å supplere ved mangler av produktspesifikke EPD er det vanlig å benytte Ecoinvent. Ecoinvent er en LCI database som inkluderer datasett tilhørende en rekke materialer og prosesser. På grunn av forsinkelser tilknyttet til tilgang av den fullstendige databasen tilhørende Ecoinvent er OneClick LCA benyttet. OneClick LCA benytter Ecoinvent som oppstrømsdatabase i utviklingen av sine datasett og ses derfor på som det beste alternativet tilgjengelig. For uthenting av miljødata fra OneClick LCA er anbefalingene gitt av Asplan Viak i rapporten for Oslo Kommune benyttet [36]. I tillegg er det benyttet transportdistanse og -metode OneClick LCA foreslår. Da det er oppgitt at prosjektet skal oppføres i Norge og OneClick LCA benytter seg av standard transportdistanser for regionen da annen informasjon er gitt, anses disse standardverdiene som passende. I tillegg skal dette klimagassregnskapet utvikles for å kunne benyttes i utarbeidelser av ulike tilbud hvilket betyr at det ikke er en bestemt transportdistanse å forholde seg til i oppbyggelsen av databasen. Beregningene i OneClick LCA er gjort i henholdt til NS 3720:2018. Oversikt over all informasjon som er gitt til OneClick LCA er listet i tabell E.1 i vedlegg E

OneClick LCA er også benyttet der det var behov for å supplere EPDene med andre livssyklusmoduler. OneClick LCA har en omfattende database som inneholder en rekke EPDer fra blant annet programoperatørene nevnt ovenfor, samt som å genererer egne generiske verdier. For å supplere ble én enhet av samme produkt lagt inn i OneClick LCA der dette var mulig. Hvis dette ikke var mulig ble et lignende produkt valgt eller OneClicks LCA egne generiske verdi.

3.5 Sammenligning av komponenter

For å undersøke om en produktspesifikk EPD levert fra en leverandør kan benyttes på tvers av leverandører er det blitt utført en sammenligning av materialsammensetning av to ulike komponenter. Som vist i rapporten “Embodied carbon in building services” av CIBSE kan utslippet for metaller variere stort [37]. I henhold til denne rapporten har stål et bundent utslipp på 2,97 $kgCO_2 - eqv/kg$ mens aluminium har et bundent utslipp på så mye som 13,1 $kgCO_2 - eqv/kg$. Da ventilasjonskomponenter består av store deler metall kan utslippet variere stort avhengig av materialsammensetningen til de ulike komponentene. Det er dermed blitt utført en sammenligning av materialene benyttet i luftventiler, samt en sammenligning av materialsammensetningen i aggregat levert av to ulike leverandører. Sammenligningen er basert på informasjon hentet fra EPD, byggevaredeklarasjoner og tilhørende datablad. Materialer som stod for mindre enn 2% er blitt neglisjert.

3.5.1 Ventilert

Den produktspesifikke EPDen det blir tatt utgangspunkt i i denne sammenligningen gjelder for passive tillufts- og avtreksventiler levert av Swegon [38]. Ventilene benyttet i denne sammenligningen står oppført i tabell 3.2. Alle ventilene er passive takventiler. Det ble kun sett på ventiler levert av TROX Auranor og Swegon da dette er to leverandører GK benytter seg av i sine tilbud [7].

Tabell 3.2: Ventilertypen benyttet for sammenligning

Leverandør	Modell	Funksjon
Swegon	COLIBRI [39]	Avtrekk og Tilluft
Swegon	PELICAN [40]	Avtrekk
Swegon	SWIFT [41]	Tilluft
Swegon	HAWK [42]	Avtrekk og Tilluft
TROX Auranor	TLG-G [43]	Avtrekk og Tilluft
TROX Auranor	TELLUS-OPUS [44]	Tilluft
TROX Auranor	ORION-ATV [45]	Avtrekk
TROC Auranor	TLG-LØV [46]	Tilluft

I tillegg til å sammenligne hvor representativ EPDen er på tvers av leverandører er det også blitt utført en sammenligning for å se om det er grunnlag for å benytte seg av samme EPD for aktive ventiler. Aktive ventiler er en form for spjeldoptimalisert regulering der det er spjeld og ventil i ett, og er dermed mer komplekse enn passive ventiler. For denne sammenligningen er materialsammensetning for modellene COLIBRI WISE levert av Swegon, og TELLUS-LØV og ORION-LØV levert av TROX Auranor sammenlignet med materialsammensetningen deklart i EPDen for passive tillift- og avtrekksventiler [47] [48] [49]. De aktive ventilene benyttet for sammenligningen er alle tilluftsventiler.

3.5.2 Aggregat

I dag er det kun en EPD for aggregat som er tilgjengelig i blant programoperatørene som er benyttet, se seksjon 3.4 for oversikt over programoperatørene benyttet i denne oppgaven. Denne EPDen er deklart av Ventistål og gjelder for et aggregat levert av FläktGroup. Aggregat er store komplekse komponenter, som varierer i omfang, vekt og luftmengde avhengig av produsent og funksjonalitet ønsket i bygget. For å se hvor representativ EPDen er i forhold til andre aggregater fra andre leverandører er det tatt utgangspunkt i materialandel til modellen som deklart i EPDen: eQ50 og modellen Danvent DV levert av Systemair. Modellen fra Systemair ble benyttet da den er omtrent funksjonslik til eQ50. Systemair ble valgt som sammenligningsgrunnlag da dette er en leverandør GK benytter seg av [7]. Materialsammensetning ble hentet fra datablad og EPD [50] [51].

3.6 Utprøving av verktøy

Både første- og andreutkast av verktøyet ble testet av tespersoner fra GK, men kun førsteutkast ble testet på et testprosjekt. Resultat fra denne utprøvingen er analysert i seksjon 5.5. Første utkast inkluderer kun bygningsdeler tilhørende 36. Luftbehandling. Testprosjektet skal benytte metahimling som medfører en reduksjon i kanalmasse og tilhørende luftfordelingsutsty, og et utendørsaggregat [52]. Tabell 3.3 viser en oversikt over hvilke komponenter og tilhørende mengde. Komponentlisten er hentet ut fra utprøvingen av verktøyet.

Tabell 3.3: Mengde komponenter i casebygget

Komponent	Mengde	Enhet
Sirkulære kanaler	71	m
Rektangulære kanaler	1635	kg
VAV-spjeld	106	Stk
CAV-spjeld	28	Stk
Brannspjeld	77	Stk
Lyddemper	1000	kg
Aggregat m/ roterende varmegjenvinner	5125 (1)	kg (Stk)
Termisk isolasjon (Lamellmatte)	743	m^2
Brannisolasjon	60	m^2

4 Resultat og innledende diskusjon

Denne seksjonen presenterer resultatene fra litteraturstudiet, spørreundersøkelsene og sammenligningen av komponenter. Disse resultatene er benyttet som grunnlag for metodiske valg og funksjoner av verktøyets funksjonalitet. Resultat og diskusjon rundt verktøyets funksjonalitet er presentert i seksjon 5.

4.1 Litteraturstudiet

I denne seksjonen vil resultatet fra litteraturstudiet bli presentert. Først et sammendrag av de åtte mest relevante studiene, deretter en diskusjon av de viktigste funnene.

4.1.1 Sammendrag

I masteroppgaven skrevet av Kjekken ble det utført to analyser i OneClick LCA for å vurdere de bundne utslippene knyttet til tekniske installasjoner i Ocean Spece Centre kontorbygget [53]. I den første analysen ble OneClick LCAs tilhørende database med generiske verdier benyttet. Ved bruk av denne metoden fant Kjekken ut at tekniske installasjoner stod for 33-46% av det totale utslippet; hvor ventilasjonen stod for den største andelen, $126,5 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$. Dette etterfulgt av varme og kjøling som stod for 32,15 $\text{kgCO}_2\text{-eqv}$ der det var rør som stod for det største utslippet. Det store utslippet knyttet til ventilasjonen var grunnet VAV-ventiler og store mengder kanaler. I tillegg til å kartlegge andelen utslipp tilhørende tekniske installasjoner undersøkte Kjekken også hvordan benyttelse av produktspesifikke EPDer kan redusere miljøpåvirkningen til tekniske installasjoner. For å oppnå dette ble det utført en analyse nummer to hvor det ble benyttet EPDer og produktspesifikk data der det var mulig. Dette resulterte i en reduksjon på 41% sammenlignet med resultatet for generisk data.

I doktorgraden til Resch samles tidligere LCA-studier av bygninger for å utvikle en database med empirisk materialbruk og utslippsdata [54]. Dataen samlet indikerer utslipp for produksjon- og utskiftningsfasen. I oppgaven diskuterer Resch usikkerheten knyttet til EPDer, der det konkluderes at generisk miljødata knyttet til et produkt ikke nødvendigvis er dårligere enn en produktspesifikk EPD. Resch konkluderer til slutt med at når en skal beregne miljøpåvirkningen av et produkt kan produktspesifikk EPD eller en generisk verdi for komponenten benyttes. I mangel på disse verdiene kan miljødata knyttet til materialet av komponenten benyttes, men dette vil føre til tap av miljøpåvirkning knyttet til produksjonen av komponenten.

ZEN rapport nr.24 skrevet av Wiik et al. er et Metastudie der det er blitt samlet inn livssyklusanalyse-data for 130 byggeprosjekter i perioden 2009-2020 i Norge [55]. Livssyklusanalysene som er samlet inn er utført på en rekke forskjellige metoder; EPD og Ecoinvent, OneClick LCA, SimaPro og MS Excel-basert ZEB regneark for klimagassberegninger er noen av metodene som er benyttet for utregning av miljøpåvirkningen til byggene. Rapporten fokuserer på produksjonsfasen (A1-A3) og utskiftningsfasen (B4). Resultatene viser at VVS-, elkraft, tele og automatisering, og tekniske installasjoner står i gjennomsnitt for 21% av det totale utslippet og utgjør nesten like mye som bygningskroppen.

Borg studerte miljøpåvirkningen av ventilasjonssystemet i Abels Hus gjennom dets livsløp i sin masteroppgave [56]. Det er blitt benyttet to forskjellige metoder for å utføre livssyklusanalysen; Konvensjonell LCA og Dynamisk LCA. På grunn av manglende datagrunnlag ble fasene B3, B5, B7 C2-C4 og D ekskludert fra begge analysene. Det ble benyttet en blanding av Ecoinvent, EPDer og datablad til komponentene for å kartlegge utslippet knyttet til ventilasjonsanlegget. Resultatene viser at det er energi i bruksfasen som står for det største utslippet, og utgjør 22-33% av det totale klimagassutslippet fra energibruk for bygget etterfulgt av produksjonen av komponentene. Totalt utslipp for ventilasjonsanlegget var $30,98 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$. På komponentnivå var det kanaler som stod for størst utslipp. Resultatene viser også at ved bruk av dynamisk LCA metode kan utslippet reduseres med 33% sammenlignet med den konvensjonelle metoden.

Kiamili et al. gjennomførte en livssyklusanalyse for de bundne utslippene knyttet til tekniske installasjoner i et kontorbygg i Sveits [57]. Komponenter, dimensjoner og spesifikk materialsammensetning ble hentet fra en BIM. LCA-data ble hentet fra KBOB og Ecoinvent databasene for å gjennomføre analysen. På grunn av mangel på produktspesifikk data i begge databasene ble lignende materialer benyttet. Resultatene viser at tekniske installasjoner står for 15-36% ($183\text{kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$) av det totale utslippet til kontoret, hvor det største utslippet stammer fra kanaler og rør, etterfulgt av mekanisk utstyr som aggregat og baffler. Resultatene viste også at utskifting av komponenter står for en stor andel av utslippene; spesielt står filter for 65% av utslippet knyttet til utskifting i aggregatene. Klimagassutslippene knyttet til utskiftingsfasen viser at miljøpåvirkningen nesten dobles sammenlignet med utslippet knyttet til produksjonen.

Ylmén et al. analyserte miljøpåvirkningen til et kontorbygg i Sverige ved bruk av site-specific data levert av entreprenørene [58]. Utslippet ble analysert for livssyklusfasene: A1-A3, A4,A5, B4, B6, C1-C4. For å beregne klimagassutslippet er det benyttet Ecoinvent sin database og EPDer for materialene knyttet til bygningsdelene. Der produktspesifikk data ikke var tilgjengelig ble EPD for et lignende produkt benyttet. Artikkelen viser at tekniske installasjoner står for 14-32% av utslippene, dette tilsvarer rundt $150 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$. Store deler av utslippet stammer fra produksjonen av materialene, og utskifting og energi i bruksfasen.

Rodriguez et al. undersøker materialmengder og klimagassutslipp i produksjonsfasene knyttet til VVS-installasjoner i bygninger av ulik størrelse [59]. Det er benyttet produktspesifikk data fra en rekke programoperatører, hovedsakelig fra tyske operatører da deres database inneholder en rekke EPDer knyttet til VVS-utstyr. Resultatene viser at VVS-installasjonene i bygningene hadde et utslipp på $40-75 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$, hvor ventilasjon stod for den største andelen.

I masteroppgaven skrevet av Nguyen ble det sett på muligheten til å forbedre miljøpåvirkningen av et ventilasjonssystem ved å sammenligne to ulike metoder for analysen; LCA-beregning ved bruk av egenkomponert regneark i Excel supplert med EPDer og LCA-beregning i OneClick [60]. Begge metodene tar for seg produksjon- og konstruksjonsfasen. Resultatene viser at utslippet knyttet til ventilasjonsanlegget er lavere ved bruk av Excel enn det er ved beregningene i OneClick. Dette utslippet er henholdsvis $18,74 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$ og $23,3 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$. Nguyen konkluderer med at det er en mangel av norsk data knyttet til ventilasjonssystemer både hos programoperatører som EPD-Norge og i databasen til OneClick.

4.1.2 Utslipp

Omfang tatt for seg av tidligere studier varierer stort med hensyn til hvilke bygningsdeler og moduler som er analysert. Mangel på informasjon og miljødata vil gjøre at analysen er blitt tvunget til å endre omfanget, dette kommer frem i både studien utført av Kiamili et al. og Borg [60][56]. Variasjonen av omfanget bygningsdeler som er inkludert kan også være grunnet variasjoner av VVS-installasjoner i ulike bygninger. Dette kan også være et bidrag til den varierende andelen disse installasjonene står for av det totale utslippet. Ylmèn et al. konkluderer med at VVS-installasjonene stod for 14% av det totale utslippet, mens Kjekken konkluderer med at VVS kan stå for så mye som 46% [58][53]. Til tross for denne store variasjonen mellom studiene vises det til at VVS-installasjoner står for en betydelig del av byggets totale utslipp.

4.1.3 Komponenter

Til tross for det varierende omfanget i studiene konkluderer majoriteten med at det er ventilasjonsanlegget som står for det største utslippet knyttet til VVS-installasjoner. For de ulike ventilasjonssystemene er det kanaler som står for størst andel utslipp, etterfulgt av luftfordelingsutstyr og aggregat. Utslippene knyttet til kanaler og luftfordelingsutstyr er grunnet store mengder av disse delene i et ventilasjonsanlegg som man kan se i mengdeuttaket til Borg, Kiamili et al. og Kjekken. Aggregatet derimot er en komponent som står for et stort utslipp sammenlignet med mengden antall. I tabell 4.1 er det laget en oversik over utslipp knyttet til aggregatene og hvor stor andel dette står for av det totale utslippet til ventilasjonsanlegget. Data er hentet fra Borg, Kiamili og Kjekken.

Tabell 4.1: Klimagassutslipp knyttet til aggregat fra tidligere studier

Studie	Utslipp ventilasjon $kgCO_2 - eqv/m^2$	Utslipp aggregat $kgCO_2 - eqv/m^2$	Antall aggregat
Borg[56]	30,98	5,52	12
Kiamili et al.[57]	59,5	21,9	12
Kjekken[53]	126,5	16,8	7

Tabellen viser at aggregatet står for en stor andel av utslippet knyttet til ventilasjonsanlegget. Tabellen viser også at det er en variasjon mellom de ulike studiene. Borg og Kjekken har en relativ lik andel av ventilasjonsanleggets utslipp knyttet til aggregatet. Men, utslippet per aggregat er forholdsvis ulikt i disse to studiene. Dette kan være grunnet kompleksiteten knyttet til aggregat. Aggregat har ulik størrelse og oppbygning avhengig av bruken og nødvendig funksjon, dette gjør at utslippet knyttet til hvert enkelt aggregat også vil være ulik. En annen grunn kan være miljødata som er benyttet i de ulike studiene. Borg knyttet materialene til tidligere LCA-data og Ecoinvent. Kiamili knyttet materialene kun til Ecoinvent, mens Kjekken benyttet seg av generisk verdi uthentet fra OneClick sin database [56][57][53]. Dette illustrerer viktigheten av å inkludere de komplekse komponentene i klimagassregnskapet, samt viktigheten av å ha produktspesifikk miljødata tilgjengelig.

4.1.4 Håndtering av miljødata

Både Kjekken og Nguyen viser til en reduksjon i utslippet ved bruk av produktspesifikke verdier sammenlignet med generiske [53][60]. Tidligere studier indikerer at det er utfordringer når det kommer til innhenting av miljødata knyttet til VVS- og tekniske installasjoner, men også spesifikt fullstendig miljødata [53][60][56][57][59]. ZEN rapporten, Kjekken og Borg viser til et behov for flere studier for å kunne utarbeide robuste tall for andelen utslipp knyttet til VVS-installasjoner, er det også behov for å utvikle fler produktspesifikke EPDer [53][56][55].

For å kompensere for disse manglende er det benyttet ulike metoder for supplering av miljødata. Ecoinvent er databasen som blir benyttet av flest studier [55] [56] [57] [58]. I disse tilfellene er beregningene basert på utslipp knyttet til materialene for produktene. Nguyen benytter seg kun av EPD-er hentet fra EPD-norge i sin studie om klimagassutslipp knyttet til ventilasjonsanlegg. Da omfanget av EPDer knyttet til ventilasjonskomponenter er begrenset hos EPD-Norge har han benyttet EPDer tilhørende materialene komponentene består av. Resch diskuterer usikkerhetene knyttet til EPDer og trekker frem det å benytte generiske verdier knyttet til materiale av komponenten kan føre til større usikkerheter da dette kan føre til tap av utslipp knyttet til produksjonen av produktet. Resch trekker også frem at generisk miljødata ikke nødvendigvis er mer usikkert enn spesifikk miljødata. Dette grunnet at under utviklingen av en EPD er det nødvendig å ta antagelser utover utslipp knyttet til produksjon. Likevel anbefales det å benytte seg av produktspesifikke data. I henhold til EN 15804 må antagelsene som blir gjort være basert på et års gjennomsnittsdata. Dette gjør at EPDer som er utviklet på grunnlag av denne standarden baseres på erfaringstall og antagelsene er dermed representerbare for produktet. Ved mangel på produktspesifikk miljødata har også tidligere studier benyttet seg av miljødata til et tilsvarende produkt, som Kjekken. Hun benytter seg av miljødata tilhørende tilsvarende komponent, lignende komponent og til slutt utslipp til materialene.

4.2 Spørreundersøkelse

Svarene som er innhentet fra de to spørreundersøkelsene kan ikke benyttes til å generalisere noen trender knyttet til klimagassregnskap blant byggherrer og entreprenører da utvalget til denne undersøkelsen er informanter knyttet til GK eller forskningsprosjektet. I tillegg er det gjennomført en kvalitativ undersøkelse der hovedmålet var å kartlegge omfanget av et spesifikt klimagassregnskap. Likevel kan resultatene fra disse spørreundersøkelsene gi en indikasjon om hva som burde inkluderes i et klimagassregnskap utført av andre i tilbudsfasen.

Utskrift av undersøkelsene ligger i vedlegg B.

4.2.1 Spørreundersøkelse 1

Generell konsensus for spørreundersøkelsen er at et klimagassregnskap av VVS-installasjoner er av interesse. Noen av respondentene mente også at det kan være noe som senere kan være med på å få tilbudet godkjent. Det blir også trukket frem at klimagassregnskapet er nødt til å være i henhold til NS 3720, noe som også blir trukket frem i tidligere litteratur (ZEN). For å kunne sammenligne ulike livssyklusanalyser og klimagassregnskap må samme standard følges og legges til grunn.

Klimagassregnskapet bør indikere utslippet gjennom hele byggets levetid slik at en sikrer lave utslipp gjennom hele gjennom denne tiden. Dette kan gjøres ved å inkludere utskiftninger av komponenter. Også tidligere forskning viser at utskiftninger står for store deler av utslippet og

er derfor viktig å inkludere for å se utslippet gjennom hele byggets levetid og ikke bare utslipp knyttet til konstruksjonen. Det er også ønskelig fra respondentene at utslipp knyttet til transport synliggjøres. Dette vil være med på å gjøre oss bevisste over valg av produsenter og leverandører.

Et annet punkt som ble hentet fra denne undersøkelsen er at klimagassregnskapet må være lettleselig. Det er viktig at regnskapet er transparent, der det kommer frem hva som er tatt med i regnskapet. Det viktigste med klimagassregnskapet er å legge frem det totale utslippet av tilbudt løsning. Ved å sammenligne tilbudt løsning med et referansetilbud vil kundene få en indikasjon på hvordan tilbudet stiller seg i størrelse av utslipp. Respondentene er delt når det kommer til om det burde vektlegges å rapportere utslippet per komponent eller per livssyklusfase. For å få et transparent tilbud er det nødvendig å legge frem begge resultatene etter resultat fra tidligere forskning. Ved å gjøre dette vil en kunne ta en mer helhetlig beslutning.

4.2.2 Spørreundersøkelse 2

Formålet med spørreundersøkelse 2 var å få kartlagt omfanget av verktøyet. Resultatene fra denne undersøkelsen ble benyttet som en indikasjon på hvor en skal starte med utviklingen av verktøyet og hvordan EPDene skulle bearbeides med tanke på mengdeenhet som blir benyttet i en tilbudsfasen.

Resultatene fra spørreundersøkelse 2 samsvarer med spørreundersøkelse 1 på de fleste punkter, men svarene indikerer også noen skiller mellom byggherrene og utførende når det gjelder klimagassutslippet. Det er en enighet i begge spørreundersøkelsene om at det er viktig å få frem det totale utslippet gjennom byggets levetid. I tillegg er et referansetilbud nødvendig for å gi resultatet fra klimagassregnskapet kontekst. Livssyklusfasene som måtte inkluderes i klimagassregnskapet er produksjon, utskiftning, vedlikehold og reparasjon og installasjon. Utslipp knyttet til produksjon, vedlikehold og reparasjon, og utskiftning var de avgjørende fasene å få kartlagt i henhold til denne spørreundersøkelsen.

Resultatene fra denne spørreundersøkelsen indikerer at i et klimagassregnskap er det interessant å kartlegge utslipp knyttet til alle bygningsdelene som klassifiseres under kode 3 i henhold til NS 3451. Men på grunn av tidsbegrensninger knyttet til prosessen ved å utvikle dette verktøyet er det behov for å begrense omfanget. De mest kritiske bygningsdelene å få inkludert i et klimagassberegningsverktøy er oppgitt i tabell 4.2

Tabell 4.2: De mest essensielle bygningsdelene som verktøyet burde inneholde

31	Sanitær
312	Ledningsnett for sanitærinstallasjoner
314	Armaturer for sanitærinstallasjoner
316	Isolasjon av sanitærinstallasjoner
32	Varme
322	Ledningsnett for varmeinstallasjoner
324	Armaturer for varmeinstallasjoner
325	Utstyr for varmeinstallasjoner
326	Isolasjon av varmeinstallasjoner
33	Brannsløkking
332	Installasjon for brannsløkking med sprinkler
36	Luftbehandling
362	Kanalnett for luftbehandling
364	Utstyr for luftfordeling
365	Utstyr for luftbehandling
366	Isolasjon av installasjon for luftbehandling
37	Komfortkjøling
372	Ledningsnett for komfortkjøling
374	Armaturer for komfortkjøling
376	Isolasjon av installasjon for komfortkjøling

4.3 Sammenligning av komponenter

4.3.1 Ventilert

Tabell 4.3 viser resultatene av materialsammensetningen for de ventilene som er levert av Swegon og Trox Auranor. Gummi og annet vil bli sett bortifra i denne sammenligningen da det står for <2%. Materialsammensetningen for de fire Swegon ventilene og materialsammensetningen deklarerert i EPDen er tilnærmet lik med unntak av andelen plast. Tilnærmet lik materialmengde var forventet da EPDen er deklarerert for blant annet ventilene som er benyttet i denne sammenligningen. Ulik andel plast kan komme av at det kun ble sett på fire av de syv ventilene som EPDen gjelder for. Andelen plast i de resterende ventilene kan være høyere, og dermed trekke andelen i EPDen opp. Ventilene levert av TROX Auranor har en noe høyere andel stål, aluminium og isolasjon, men lavere andel pulverlakk og plast. En høyere andel aluminium og stål kan indikere at TROX Auranor sine ventilert har et høyere utslipp enn Swegon, spesielt da utslipp knyttet til aluminium er høyt sammenlignet med utslipp knyttet til stål. I henhold til NS 3720:2018 skal det ikke ekskluderes mer enn 5% vektprosent av materiale i klimagassberegninger. Da andelen aluminium utgjør i gjennomsnitt under denne vektprosenten, og da det er mangel på EPDer for VVS-installasjoner, anses det som askeptabelt å benytte seg av Swegon sin EPD på tvers av de to leverandørene. Som nevnt av Resch kan utslipp knyttet til en spesifikk komponent gå tapt hvis en kun benytter utslipp knyttet til materialene, det anses dermed mer passende å benytte seg av miljødata for en komponent med lik funksjon dersom store deler av materialsammensetningen er lik. For å kunne tilby mer eksakt klimagassregnskap er det behov for utvikling av produktspesifikke EPDer fra fler leverandører og produsenter.

Tabell 4.3: Gjennomsnit andel materialer for ventilert levert av Swegon og TROX Auranor

	Aluminium %	Stål %	Gummi %	Isolasjon %	Pulverlakk %	Plast %	Annet %
EPD	0	86,7	0,5	0	6	6,87	0
Swgon	0	89,7	0,6	0	6	3,8	0
TROX Auranor	3,8	91,5	0,5	2,5	0,2	1,1	0,5

Resultatene av sammenligningen mellom EPD og aktive ventiler er oppgit i tabell 4.4. Materialsammensetningen for modellen COLIBRI WISE levert av Swegon og ORION-LØV levert av TROX Auranor er ikke så ulik materialsammensetningen deklart i EPD. Dette vil si at produktspesifikk EPD for passive ventiler kan benyttes for aktive ventiler levert av Swegon. I noen tilfeller kan EPDen også benyttes på tvers av leverandørene. Materialsammensetningen for TELLUS-LØV levert av TROX Auranor er derimot for ulik til at miljødeklarasjonen for at den kan benyttes.

Tabell 4.4: Gjennomsnitt andel materialer for aktive ventiler levert av Swegon og TROX Auranor

	Aluminium %	Stål %	Gummi %	Isolasjon %	Pulver %	Plast %	Annen metall %	Annet %
EPD	0	86,7	0,5	0	6	6,8	0	0
COLIBRI WISE	0,2	80	0,5	5,5	1,2	7	3,2	2,5
TELLUS- LØV	80	0	1	19	0	0	0	0
ORION- LØV	0	99	0,5	0	0,5	0	0	0

4.3.2 Aggregat

Ved sammenligning av datablad og byggevaredeklarasjonene ble det funnet at skalletil aggregatene består av stål. Deler som varmeveksleren og spjeld bestod av ulike materialer. FläktGroup består av stål mens Systemair har varmeveksler og spjeld i aluminium. Da det ikke var informasjon om andelen materialer i Systemairs aggregat er det vanskelig å si eksakt hvilket utslag dette kan ha på utslippet, men varmeveksleren er en essensiell komponent i et aggregat. Dermed tyder denne forskjellen av materialer på at et aggregat fra Systemair kan ha et høyere utslipp enn et aggregat fra FläktGroup. Materialsammensetningen deklart i EPDen for aggregatet fra FläktGroup oppgir en ulik materialsammensetning enn byggevaredeklarasjonen. EPDen deklarerer en andel aluminium rundt 8%. Dette kan indikere at klimagassutslippet gitt i EPDen er representert for aggregatet levert av Systemair. Avviket mellom datablad for FläktGroup sitt aggregat og EPDen er overraskende da datablad og EPD gjelder for samme modell og leverandør. Det er uvisst hva dette avviket kan stamme fra. Da EPD er deklart for aggregat levert av FläktGroup, samt som materialsammensetning stemmer overens med aggregat levert av Systemair, anses det som aksepterbart å benytte seg av EPDen på tvers av leverandørene.

5 Beskrivelse av verktøyets funksjonalitet og utprøving

I denne seksjonen vil valgene tatt i utviklingen av verktøyet presenteres, samt verktøyets funksjonalitet. Først vil det bli presentert en kravspesifikasjon som er utviklet etter resultatene beskrevet i seksjon 4. Dermed vil verktøyets funksjon bli presentert med tilhørende diskusjon for valgene tatt underveis i utviklingen. Til slutt vil utprøvingen av verktøyets førsteutkast og usikkerheter knyttet til verktøyet bli presentert og diskutert.

5.1 Kravspesifikasjon

Spørreundersøkelsene som er gjennomført er benyttet for å indikere hva et klimagassregnskap i tilbudsfasen for VVS-installasjoner burde inneholde, sammen med litteraturstudie, møter med GK og utprøving av verktøyet. På grunnlag av dette er det utviklet en kravspesifikasjon som er blitt benyttet som en *guide* ved utviklingen av verktøyet. Kravspesifikasjonen kan benyttes som inspirasjon for hva et klimagassregnskap i tilbudsfasen burde inneholde fra entreprenørens ståsted. Kravspesifikasjonen kan også tilpasses for bruk i andre byggefaser.

NS 3720:2018 NS 3720: 2018 omfatter en metode for klimagassberegninger i bygninger og harmoniserer LCA av miljøpåvirkninger fra bygninger i Norge. Den forventede endringen i teknisk forskrift vil stille krav til klimagassregnskap av bygning i henhold til NS 3720:2018. Kravet inkluderer ikke VVS-installasjoner, men en kan forvente at ved utvikling av krav knyttet til VVS-installasjoner vil samme standard gjelde. ZEN rapport nr.24 anbefaler også en harmonisering av verktøy i henholdt til NS 3720.

Livssyklusmoduler De viktigste modulene å ha med i et klimagassregnskap er produksjon (A1-A3), vedlikehold og reparasjon (B2-B3) samt utskiftninger (B4). Tidligere studier viser at det er produksjon- og utskiftningsfasene som står for det største utslippet for VVS-installasjoner. Dette kan være på grunn av korte levetider blant komponenter, spesielt komponenter som benyttes i ventilasjonsanlegg, som filtre. For ikke å korte ned levetiden av disse komponentene er det også viktig med god vedlikehold og reparasjon. Klimagassregnskap for VVS-installasjoner bør ikke være avgrenset til disse fasene, men er viktige faser å inkludere når miljøpåvirkningen for disse bygningsdelene skal beregnes. I tillegg kan utslipp knyttet til transportmodulene ha stor betydning for byggherre etter resultatene i spørreundersøkelsen.

Bygningsdeler For klimagassberegninger av VVS-installasjoner er det betydningsfullt å inkludere alle bygningsdeler kodet under klassifisering 3 i henhold til NS 3451:2022. Dersom dette ikke er mulig da mangel på miljødata knyttet til VVS-installasjoner er et hinder, kan det være nødvendig å redusere omfanget som inkluderes. Tidligere studier indikerer at det er ventilasjonsanlegget som står for det største utslippet for VVS-installasjoner. Det er derfor viktig å inkludere komponenter og bygningsdeler tilhørende 36. Luftbehandling.

Videre viser tidligere studier at rør og rørdeler også står for en betydelig andel. Dette er nok grunnet de store mengdene som benyttes i VVS-installasjoner. Spørreundersøkelsen viser også at utslipp knyttet til rør og rørisolasjon for 31. Sanitær, 32. Varme, 33. Brann (hovedsakelig sprinkler) og 37. Komfortkjøling også er ønskelig å kartlegge. Andre kompliserte komponenter som varmpumper og kjølemaskin kan også ha betydelig påvirkning på det totale utslippet.

Rapportering av resultat

- Utslipp per bygningsdel per m^2 BRA eller BTA
- Utslipp per livssyklusfase per m^2 BRA eller BTA

Ved å benytte m^2 BRA eller BTA skapes sammenligningsgrunnlag mellom ulike systemer, bygningsskategorier og i dette tilfellet tilbud.

Referanse Ved å inkludere en referanse til klimagassutslippet skapes kontekst av betydningen til resultatet. Referansetilbud kan være

- best case
- Standard løsning for denne type bygning
- Standard løsning for funksjon (dette kan for eksempel være standard løsning for sentralt anlegg, steng inne prinsippet ved brann osv)
- Standard løsning eller produkter benyttet hos entreprenør

Database Databasen bør bygges opp ved to hovedprinsipper:

- Sammenligningsgrunnlag
- Videre supplering

Ved å bygge en database med stort omfang skapes et godt sammenligningsgrunnlag. Da det er i tilbudsfasen beslutningene tas er en database som inneholder en rekke ulike produkter fra ulike leverandører nødvendig for å kunne skape sammenligningsgrunnlaget. Et annet viktig aspekt er også å tenke på videre supplering av miljødata etter som fler produktspesifikke EPDer utarbeides.

Mengdeenhet Resultatene fra spørreundersøkelse 2 indikerer at foretrukket mengdeenhet i en klimagassberegning kan variere stort avhengig av preferanser til bruker. Mengdeenhet som er enklest å benytte er også avhengig av deklart enhet i EPD. Tabell 5.1 viser en oversikt over foreslåtte mengdeenheter.

Tabell 5.1: Oversikt over passende mengdeenheter tilhørende de ulike bygningsdelene

Bygningsdel	Mengdeenhet
30. Rør	- Løpometer dimensjon - kg
30. Bend	- Stk - kg
362. Kanaler	- Løpometer dimensjon - kg
364. Ventiler og spjeld	- Stk dimensjon
364. Bafler	- Stk
364. Inntak og avkast	- Stk - kg
364. Lyddempere	- Stk
365. Aggregat	- Stk - kg
365. Filter	- Stk
266. Isolasjon	- m^2 - m
369. Sensorer	- Stk

5.2 Database

Databasen som er bygget opp i utviklingen av denne studien baseres på kravspesifikasjonen beskrevet over. Databasen er bygget opp i Excel. Systemgrensene er satt til å inkludere produksjon (A1-A3), konstruksjon (A4-A5), vedlikehold og reparasjon (B2-B3), utskiftning (B4) og avhending (C1-C4). Resultater fra undersøkelsen indikerer viktigheten av å inkludere produksjon, vedlikehold og reparasjon, og utskiftning. Konstruksjon og avhending er også inkludert i verktøyet da disse livssyklusmodulene tilhører det bundne utslippet til systemet, et utslipp som er vist til å stå for store deler utslipp. Databasen inneholder kun miljøpåvirkninger knyttet til GWP som indikerer klimagassutslippet knyttet til bygningsdelene. Hovedmålet til forskningsprosjektet er å redusere klimagassutslippet knyttet til VVS-installasjoner, samtidig er det denne påvirkningskategorien parisavtalen og FNs bærekraftsmål har i fokus.

Bygningsdelene som er inkludert i databasen er et resultat av spørreundersøkelse 2. Metode og kriterier for innhenting av miljødata er beskevet i seksjon 3.4. Under prosessen ved å innhente miljødata ble det raskt avdekket at det er en mangel på produktspesifikk miljødata, i tillegg til en mangel på LCA-datasett knyttet til VVS-installasjoner. Databasen inneholder derfor ikke et komplett grunnlag for alle komponenter som inngår i VVS-installasjoner, men grunnlaget er bredt nok til å være med på å gi indikasjoner av miljøpåvirkningene og potensiale til reduksjon. Databasen er blitt utviklet og supplert gjennomgående i løpet av prosessen ved denne oppgaven.

Databasen som var tilgjengelig i første utkast inneholdt kun miljødata knyttet til 36. Luftbehandling. Andre utkast ble supplert med miljødata knyttet til de resterende fagene. På grunn av begrenset tid er det kun inkludert de rør systemene GK benytter seg av som oftest. En liste over disse komponentene er gitt av GK.

Databasen inneholder utslippstall på dimensjon- og komponentbasis. Dette vil si at for eksempel for 366.isolering av kanalnettet inneholder databasen utslipp for brannisolasjon levert av Rockwool tilhørende ulike tykkelser. Dette er gjort da utslippet knyttet til en komponent kan variere stort avhengig av dimensjon. I henhold til NS 3720:2018 skal alle deler av objektet som inngår i klimagassberegningen klassifiseres og kodes i henhold til NS 3541:2022 - Bygningsdelstabell. Verktøyet og databasen koder komponentene på et tresifret nivå i henhold til denne standarden. For å knytte informasjonen tilgjengelig i utarbeidelsen av et tilbud opp mot noe konkret er det tatt utgangspunkt i BIM veilederen SIMBA 2.0 for RIV. Tabell 5.2 viser informasjonen som er tilgjengelig i databasen.

Tabell 5.2: Oversikt over informasjon innholdt i databasen

Kolonne	Innhold	Eksempel
Klassifisering	Klassifisering av hver komponent på et tresifret nivå i henhold til NS 3451:2022.	366. Isolasjon av installasjoner for luftbehandling
Komponent*	Komponent innenfor sin klassifisering.	Brannisolasjon
Produkt*	Produktbeskriver spesifikt produkt og leverandør tilhørende komponenten. I de tilfellene der det er relevant forekommer også materiale og brannklassifisering.	CONLIT FIRE MAT EI30 - Rockwool
Leverandør	Hvis produktspesifikk miljødata er tilgjengelig er leverandør oppgitt. Der det er benyttet generisk miljødata er leverandør lagt inn som:-.	Rockwool
Materiale	Hva er hovedmaterialet til komponenten.	Mineralull
Dimensjon*	Dimensjon til komponenten.	60 mm
Utslipp**	Utslipp knyttet til fasene <ul style="list-style-type: none"> • Produksjon (A1-A3) • Konstruksjon (A4-A5) • Vedlikehold og reparasjon (B2-B3) • Avhending (C1-C4) • Totalt utslipp til komponenten 	
Enhet	Funksjonell enhet til produktet	kgCO ₂ -eqv/m ²
Klassifisering av miljødata	Er utslippet produktspesifikt (S), blandet (B) eller generisk (G). Denne klassifiseringen blir benyttet videre for å kunne gi en indikasjon på hvor stor usikkerhet som ligger bak klimagassberegningene	S
Levetid	Referanselevetid til komponenten.	50 år
EPD nummer	Informasjon om EPD som er benyttet for å beregne utslippet. EPD nummer er gitt for produktspesifikke miljødata, dersom det er generisk miljødata er det enten oppgitt "OneClick LCA eller basert på x-komponent".	NEPD-2055-925-EN

*Disse verdiene er det som beregningene baserer seg på.

**Klimagassberegningene utført i verktøyet inneholder også utskiftninger (B4). Denne modulen er beregnet som beskrevet i vedlegg D.

I 2021 utga EPD-norge produktkategoriregler for ventilasjonskomponenter, og etter den tid har det blitt utviklet en håndfull av produktspesifikke EPD knyttet til ventilasjonskomponenter. Dette tyder på at det i tiden videre vil bli utviklet mer produktspesifikke EPD, dermed er det behov for å oppdatere databasen slik at omfanget følger utviklingen. Prosedyre for supplering av ny miljødata i dette verktøyet er avhengig av klassifisering på tresifret nivå i henhold til bygningsdelstabelle, samt oppdatering av underliggende ark. Dette gjør at videre supplering ikke er like brukervennlig som ønsket og kan videre føre til en database som i lengden vil bli utdatert.

5.2.1 Beregning av utslipp

Som nevnt over er det identifisert en mangel på produktspesifikk miljødata tilhørende VVS-installasjoner. For å finne en passende metode for å håndtere denne mangelen ble metoder fra tidlige studier analysert. Funnene fra litteraturstudiet indikerer at ved mangel på produktspesifikk data kan utslipp knyttet til et tilsvarende produkt benyttes. For å sjekke hvor representert en produktspesifikk EPD er på tvers av leverandører ble det utført en sammenligning av ulike luftventiler fra to ulike leverandører og aggregat fra to ulike leverandører. Resultatet fra denne sammenligningen er gitt i seksjon 4.3. Hovedresultatet indikerer at det er en variasjon av materialsammensetningen for tilsvarende produkter på tvers av leverandører, likevel anses det som representert dersom variasjonen er under 5%.

Supplering av miljødata fra Ecoinvent sin database er også en metode som er benyttet i stor grad i tidligere studier. Ecoinvent er en LCI database som gir rådata som kan benyttes til å utarbeide en EPD basert på materialsammensetningen til produktene. På grunn av forsinkelser av riktig lisens var ikke denne databasen tilgjengelig. I en rapport skrevet av CIBSE foreslås det to beregningsmetoder som kan benyttes dersom det ikke er noen EPD-er tilgjengelig: "Basic" beregningsmetode og "Mid-level" beregnings metode. Begge metodene går ut på å benytte seg av datablad eller byggevaredeklarasjoner fra produsenten som erklærer materialsammensetning og materialandel av produktet for dermed å benytte utslippet knyttet til materialene. "Basic" metoden er kun avhengig av å ha 95% av materialsammensetningen av produktet, mens "Mid-level" krever også informasjon om energimiks og produksjonssted. Benyttelse av den "Basic" beregningsmetoden er derfor godt alternativ der Ecoinvent ikke er tilgjengelig.

Til tross for at CIBSE sine metoder kan være et godt alternativ til Ecoinvent er det likevel valgt å benytte OneClick LCA som en suppleringsmetode. Dette er fordi OneClick LCA benytter Ecoinvent som oppstrømsdatabase. Selv om de generiske verdiene generert av OneClick ikke er tredjepartsverifisert er prosessen godkjent av eksperter. I tillegg er det identifisert en mangel på utfyllende datablad og utfordring med å finne byggevaredeklarasjoner tilhørende en rekke produkter, noe som utgjør en utfordring ved å benytte seg av CIBSE metoden. Dermed anses OneClick LCA som et bedre alternativet sammenlignet med CIBSE sin metode.

På bakgrunn av dette er følgende prosedyrer i prioritert rekkefølge blitt benyttet ved innhenting og supplering av miljødata:

1. Produktspesifikk EPD
2. EPD til et lignende produkt
3. Generisk verdi hentet fra OneClick
4. Miljødata knyttet til materialsammensetningen til komponenten. Minimum 95% av komponentens materiale må tas hensyn til.

Deklarert enhet i EPDen kan oppgis med ulike benevnelser til tross for at det er sammenlignbare produkter. Ved avvik mellom deklarerert enhet for lik komponent er det behov for å regne om verdiene til samme enhet. Ofte inkluderer miljødeklarasjonene en omregningsfaktor for å omregne deklarerert enhet til kg. For å beregne klimagassutslipp til ulike dimensjoner forekommer det også ofte en skaleringsfaktor, dette er spesielt for isolasjon. I de tilfellene der omregningsfaktor eller skaleringsfaktor ikke var deklarerert i EPDen er det blitt benyttet vekt og tetthet til produktet avhengig av deklarerert enhet og hvilken mengdeenhet som skulle legges inn i verktøyet. For disse

beregningene er det benyttet tilhørende datablad der dette var tilgjengelig. Dersom dette ikke var tilfelle ble datablad for en tilnærmet produkt benyttet. For rør er "varmebok - om vannbåren varme" av Brødrene Dahl benyttet for dimensjoner. Detaljert metode for hvilken prosedyre som er blitt benyttet for de ulike bygningsdelene er beskrevet i vedlegg D. I samme vedlegg ligger også en oversikt over de spesifikke EPDene som er blitt benyttet og hva de er benyttet til.

5.2.2 Supplering

I prosessen ved å innhente miljødata er det også avdekket en mangel på fullstendige EPDer eller datasett. Dette vil si miljødata som ikke deklarerer for produktets fullstendige livssyklus. Dermed var det nødvendig å supplere miljødaten med et annet datasett. For dette er det benyttet OneClick LCA. Dette er gjort på grunnlag av samme grunnlag som diskutert i seksjon 5.2.1.

5.2.3 Miljødata

EPD-Norge identifiserer to ulike typer EPDer; Spesifikt produkt EPD og en Gjennomsnittss-/Generisk EPD. I prosessen med å bygge opp databasen og utvikle verktøyet er det identifisert fem underkategorier miljødataen kan klassifiseres som. Disse kategoriene er som følger:

1a - Produktspesifikk EPD

Dette er en miljødata deklarerer for et spesifikt produkt fra en spesifikk leverandør.

1b - EPD for en produktserie

Noen leverandører har kommet ut med en EPD som gjelder for flere produkter i en produktserie, som for eksempel EPD deklarerer av Swegon for noen av sine tillufts- og avtrekk-sventiler, eller EPD deklarerer for mineralull levert av Glava som deklarerer for samme produkt i varierende dimensjoner. Disse EPDene deklarerer ofte vekt tilhørende de ulike modellene, eventuelt også en skaleringsfaktor.

2 - "Blandede" EPD

Dette refererer til de EPDene der det var nødvendig å supplere med livssyklusmoduler, i dette tilfellet fra OneClick, for å få en fullstendig EPD.

3 - Generisk miljødata

Dette er miljødata som i dette tilfellet er utviklet av OneClick LCA. I denne kategorien faller også datasett som er hentet fra INES eller Ökuobaudat.

4 - miljødata basert på materialsammensetning Dette er miljødata som er basert på materialsammensetningen til produktet der det er benyttet EPD for de materialene. Dette gjelder for eksempel for rustfrie stålrør der det var nødvendig å benytte seg av EPD for rustfri ståplate.

I tillegg til disse fem underkategoriene er det også identifisert en tilleggskategori som gjelder i de tilfellene i utarbeidelsen av et tilbud der det ikke er bestemt spesifikk produkt, modell eller leverandør. For dette finnes det ulike løsninger. En kan i dette tilfellet også benytte seg av miljødata til et tilsvarende eller lignende produkt. Denne miljødataen er produktspesifikk i teorien, men for tilbudet vil den være generisk. Fra sammenligningen av komponentene som ble utført i seksjon 4.3 kan en anta at miljødataen er representativ. En annen løsning kan være å benytte seg av generisk data som er supplert fra OneClick, Ecoinvent, LCA-datasett eller miljødata

som tilsvarer den øvre kvartil av klimagassutslipp knyttet til tilsvarende produkter i databasen: “worst-case” miljødata.

Verktøyet tar hensyn til alle de ulike kategoriene av miljødata som er beskrevet ovenfor ved å kode kategoriene inn i tre ulike koder; Spesifikk, blandet og generisk. Spesifikk inneholder kategori 1a og 1b, blandet inneholder kategori 2 og generisk inneholder kategori 3 og 4, samt en “worst-case”. “Worst-case” er i dette verktøyet lagt inn manuelt ved å sammenligne produktene med lik funksjonalitet.

Selv om OneClick LCA har en omfattende database er den begrenset når det kommer til miljødata knyttet til VVS-installasjoner. Ved å kombinere produktspesifikke EPDer, miljødata hentet fra OneClick LCA, INES og Ökuobaudat, samt “utvikle” miljødata selv basert på EPDer knyttet til materialet er det bygget opp en tilnærmet fullstendig database.

5.3 Beregninger i verktøyet

Følgende seksjon vil forklare hvilke beregninger som kan gjennomføres i verktøyet.

5.3.1 Hovedberegninger

Beregningene som utføres i verktøyet baserer seg på mengde komponent med en spesifikk dimensjon. I utarbeidelsen av et tilbud er det ingen BIM-fil tilgjengelig for å hente ut et materialuttak. Bruker må derfor selv manuelt legge inn hvilke komponenter som inngår i tilbudet og tilhørende mengder. Verktøyet er blitt designet slik at risiko ved feil minimeres som: benyttelse av feil mengdeenhet og inntastingsfeil. Beregningsoppsettet for 36. Luftbehandling er illustrert i figur 5.1.

Beregningene for utskiftning av bygningsdeler er avhengig av levetiden til både bygget og komponenten. Levetid for komponentene kan variere avhengig av klimatiske forhold og leverandørens erfaringer. I verktøyet er det lagt inn en standardverdi for de ulike komponentene. Referanselevetiden er blitt hentet fra EPDen der dette var tilgjengelig. I de tilfellene der levetid ikke var erklært i EPDen ble en antagelse om at produkter med lik funksjon har samme levetid. Denne gjaldt for blant annet ventilasjonskanaler fra Ventistål der det ble antatt lik levetid som ventilasjonskanaler fra Lindab. I de tilfellene der disse to scenarione ikke var mulige ble det tatt utgangspunkt i rapporten “Levetider i praksis - prinsipper og bruksområder” utgitt av Multi-consult eller “Levetider for vann- og avløpsrør i bygninger. Resultater fra feltstudier” utgitt av SINTEF [61] [62]. Fra disse to rapportene ble teknisk levetid hentet ut. Standard levetider lagt inn i verktøyet er oppgitt i D

Da reell levetid til komponentene kan variere stort er det også mulighet for å legge inn annen levetid bruker selv mener er passende for produktene og komponentene som inngår i det gjeldende tilbudet. Tidligere studier indikerer at utskiftning av komponenter står for en stor andel av det totale utslippet. Derfor er det viktig at dette utslippet blir inkludert i klimagassberegningene, samt som at det er viktig å benytte seg av en passende levetid som samsvarer med forventet belastning og aktuelt klima, for å få det “reelle” utslippet.

5.3.2 Mellomberegninger

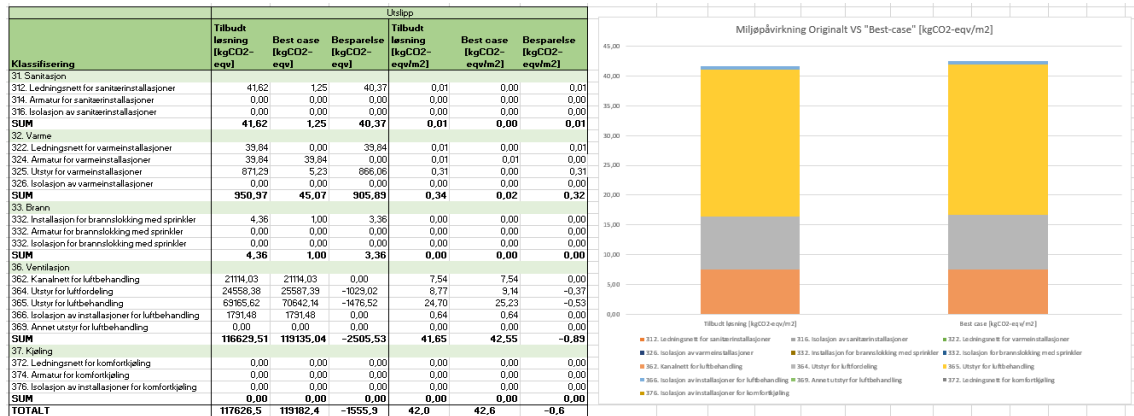
Da deklart enhet oppgitt i EPDen eller datasettet og mengdeenheten som er foretrukket å benytte i utarbeidelse av et tilbud ikke alltid stemmer overens, er det lagt inn en mellomberegning i verktøyet. Denne mellomberegningen er også et godt alternativ i stedet for å beregne utslipp knyttet til hver dimensjon da dette kan være en tidskrevende prosess.

En av mellomberegningene som er inkludert i dette verktøyet er korrelasjonen mellom aggregatets vekt og luftmengde. Det er antatt at utslippet til aggregat lineært følger massen. Da det er varierende informasjon tilgjengelig i en tilbudsfasen er det funnet en korrelasjon mellom aggregatets vekt og luftmengde slik at klimagassberegningene kan bli utført uavhengig om man ikke vet begge verdiene. Metode og resultat for å finne denne korrelasjonen, samt metode for de andre mellomberegningene som verktøyet inneholder er oppgitt i vedlegg D

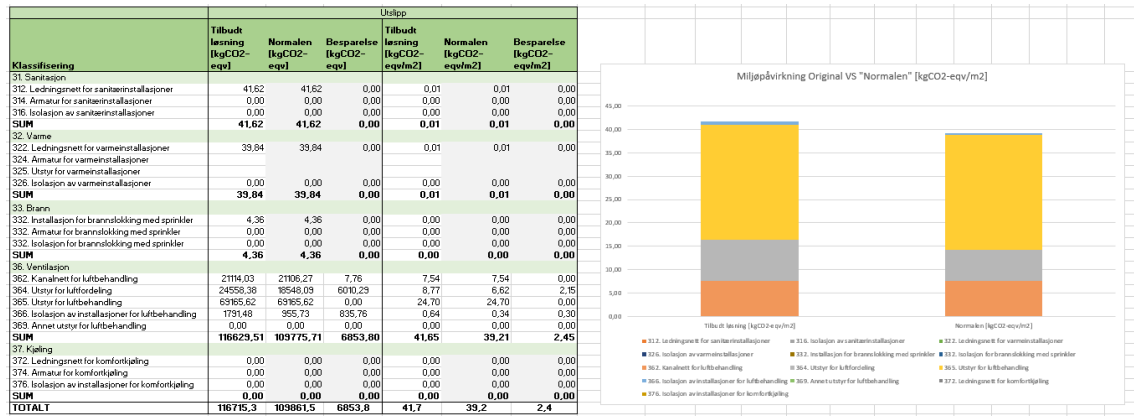
5.4 Rapportering av resultat

Resultatet fra klimagassberegningene utført i verktøyet blir samlet til en rapporteringsside. Dette gjør at regnskapet enkelt kan leses og analyseres. Resultatet blir gitt per bygningsdel og livssyklusmodul som illustrert i figur 5.2, 5.3 og 5.4. Figur 5.2 og 5.3 viser også hvordan referansetilbudene blir fremstilt. Ved rapportering av resultatene på et bygningsdelsnivå og livssyklusmodulnivå gjør det mulig å identifisere “hotspots” for tilbudt løsning. Dette er med på å klargjøre hvor tiltakene skal implementeres for å redusere klimagassutslippet.

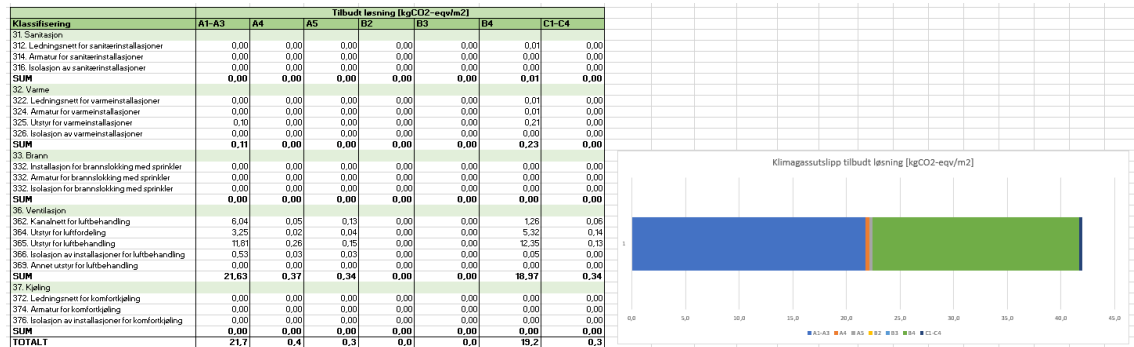
5 BESKRIVELSE AV VERKTØYETS FUNKSJONALITET OG UTPRØVING



Figur 5.2: Eksempel på hvordan rapporteringen av resultatet viser klimagassutslippet til tilbudt løsning sammenlignet med best-case



Figur 5.3: Eksempel på hvordan rapporteringen av resultatet viser klimagassutslippet til tilbudt løsning sammenlignet med Normalen



Figur 5.4: Eksempel på hvordan rapporteringen viser klimagassutslippet per livssyklusfase for tilbudt løsning

5.4.1 Referanser

For å gi resultatene kontekst kan et referanseutslipp inkluderes. I dette verktøyet er det inkludert to referansetilbud; normalen og best case. Illustrasjon over hvordan en kan benytte disse referansene for sammenligning er vist i figur 5.2 og 5.3 ovenfor.

Best Case: Best case er et referansetilbud med de produktene med lavest klimagassutslipp. For å kunne sammenligne produktene er det viktig at systemgrensene og deklarerert enhet er lik.

Normalen: Normalen er basert på de produktene som ofte blir benyttet av GK, basert på tidligere erfaringer. En liste over disse komponentene er gitt fra GK, som henholdsvis har supplert en liste knyttet til 36.Luftbehandling, og 31.Sanitær, 32.Varme 332. Brannsløking med sprinkler og 37. Komfortkjøling. Da ikke alle produktene som vanligvis blir benyttet av GK har tilhørende produktspesifikk miljødata er det benyttet miljødata knyttet til produkter med samme funksjon, materialsammensetning eller klassifisering. Dette gjelder for eksempel brannisolasjon og brannspjeld.

Begge referansetilbudene blir automatisk beregnet etter hvilke komponenter og dimensjoner som blir valgt i hovedberegningene. Etterhvert som verktøyet tas i bruk og det genereres flere erfaringstall knyttet til utslipp av VVS-installasjoner er det potensiale for å oppdatere disse referansetilbudene.

5.4.2 Sammenligning av resultat

Ved å avgi resultatene per bygningsdel og livssyklusmodul skapes et godt sammenligningsgrunnlag på tvers av systemløsninger, prosjekter og tilbud. Klimagassutslippet normaliseres med bygningens oppvarmede BRA og over en tidsperiode på 60 år. Sammenligningen kan være med på å bevisstgjøre bruker og bransjen, samt optimalisere systemløsninger.

5.4.3 Utvikling av standardverdier

En måte å etablere standardverdier er å basere dem på statistikk fra gjeldende bransjepraksis. TEK 22 er under høring gjennom denne prosessen med studien. I høringsnotatet foreslås det å stille krav knyttet til klimagassutslipp fra materialer. Dette kravet gjelder ikke materialer og komponenter benyttet i VVS-installasjoner. Datagrunnlaget i dette verktøyet er ikke stort nok til å representere standardverdier. Dette er grunnet mangel på produktspesifikk miljødata, og fullstendige datasett, knyttet til VVS-installasjoner. Til tross for dette kan resultatene generert fra dette verktøyet være en indikasjon på klimagassutslippet knyttet til VVS-installasjoner og dermed ta oss et skritt nærmere utviklingen av brukbare standardverdier. På sikt kan disse standardverdiene benyttes til å utarbeide krav.

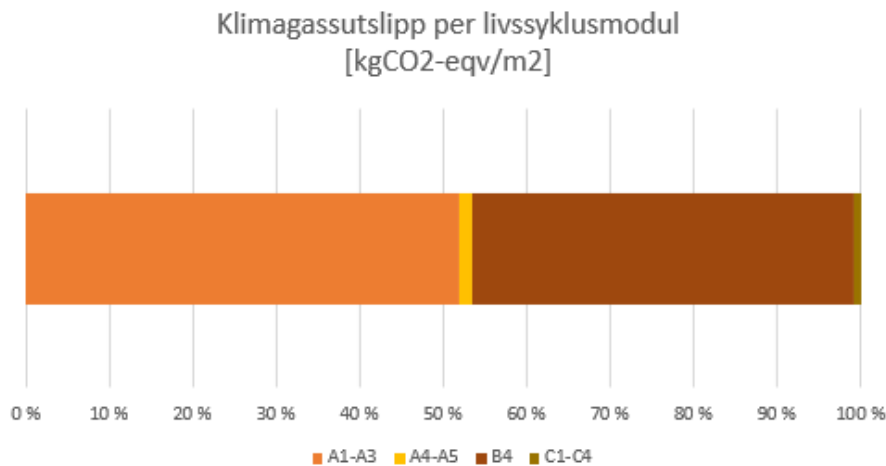
5.5 Utprøving av verktøyet

Utprøvingen av verktøyet illustrerer hvordan verktøyet kan bli benyttet og hvilken informasjon man kan hente ut fra beregningene. Resultatet er hentet fra utprøvingen av førstutkast av verktøyet. Dette utkastet inneholdt kun komponenter knyttet til 36. Luftbehandling. Verktøyet er blitt testet ut på et reelt testprosjekt. Mengder og materiale benyttet i denne utprøvingen er dermed virkelige verdier som kan bli benyttet i et ventilasjonsanlegg. Resultatet kan dermed gi en indikasjon på hvilke utslippsposter er størst.

Det totale klimagassutslippet for ventilasjonsanlegget er gitt i tabell 5.3. utslippet er beregnet gjennom byggets totale levetid på 60 år. Ventilasjonsanlegget har et totalt utslipp på 42 $kgCO_2 - eqv/m^2$ BRA. Det er produksjonsfasen som står for det største utslippet etterfulgt av utskiftning, noe som stemmer overens med tidligere studier. Figur D.2 illustrerer fordelingen av utslipp for de ulike livssyklusfasene til en komponent. De høye utslippene knyttet til disse to fasene indikerer viktigheten av å velge materialer som har lavt miljøutslipp, samt benytte seg av komponenter med lang levetid. Dette viser også at gjenbruk av komponenter bør benyttes der dette er mulig for å redusere utslippet knyttet til produksjon.

Tabell 5.3: Klimagassutslipp for ventilasjonsanlegget

Livssyklusmoduler	Utslipp $kgCO_2 - eqv/m^2$
Produksjon (A1-A3)	21,8
Konstruksjon (A4-A5)	0,69
Utskiftning (B4)	19,2
Avhending (C1-C4)	0,34
Totalt	42



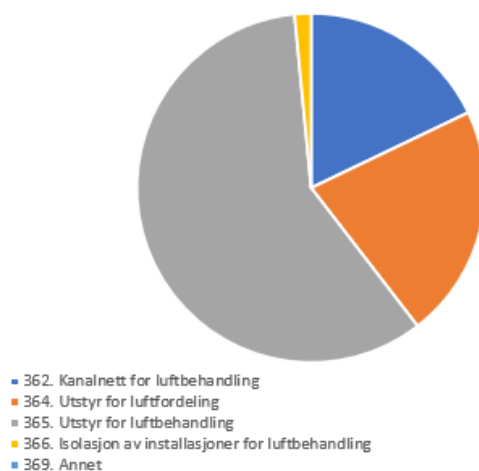
Figur 5.5: Utslipp per bygningsdel

Som nevnt tidligere er det ingen krav om klimagassutslipp knyttet til bygg eller tilhørende anlegg og installasjoner. Men, det er foreslått krav om at bygningers klimagassutslipp knyttet materialbruk ikke skal oversige $6 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$ BTA per år for boligbygning og $4,5 \text{ kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$ BTA per år for yrkesbygning. Disse foreslåtte kravene sier ingenting om klimagassutslipp knyttet til materialbruk i VVS-installasjoner. Men, resultatene fra denne utprøvingen samt klimagassberegninger utført i tidligere studier indikerer at VVS-installasjoner står for en betydelig del av byggets klimagassutslipp sammenlignet med foreslåtte krav.

Av det totale utslippet er det 365. Utstyr for luftbehandling som står for størst andel, og står for hele 59%. Deretter er det relativt lik fordeling mellom 362. Kanalnett for luftbehandling og 364. Utstyr for luftfordeling, disse står henholdsvis for 18% og 20% som vist i tabell 5.4 og figur 5.6. I dette utkastet er det kun aggregat som er inkludert i 365. Tidligere studier viser til at aggregatet står for store andeler av utslippet knyttet til ventilasjonsanlegget. Derimot er disse andelene på 18% hentet fra Borg, 37% hentet fra Kiamili et al. og 13% hentet fra Kjekken, altså et stort avvik fra andelsprosenten i dette testprosjektet. Tidligere studier viser også at det er kanal som står for den største andelen av utslippene i et ventilasjonsanlegg, etterfulgt av luftfordelingsutyr. Da det er benyttet meta himling i denne casebygningen og dermed er en reduksjon i både kanal-massene og mengde luftfordelingsutstyr sammenlignet et "vanlig" bygg kan dette gjøre at andre komponenter står for større del av utslippet enn tidligere studier indikerer. Dette stemmer med den lave andelen vi ser i dette bygget knyttet til akkurat disse bygningsdelene. I tillegg er det også benyttet et utendørsaggregat, dette vil si at det etableres på tak med inntak og avkast i aggregatet. En kan derfor tenke seg at dette aggregatet er tyngre enn et "vanlig" aggregat, og har dermed et høyere utslipp.

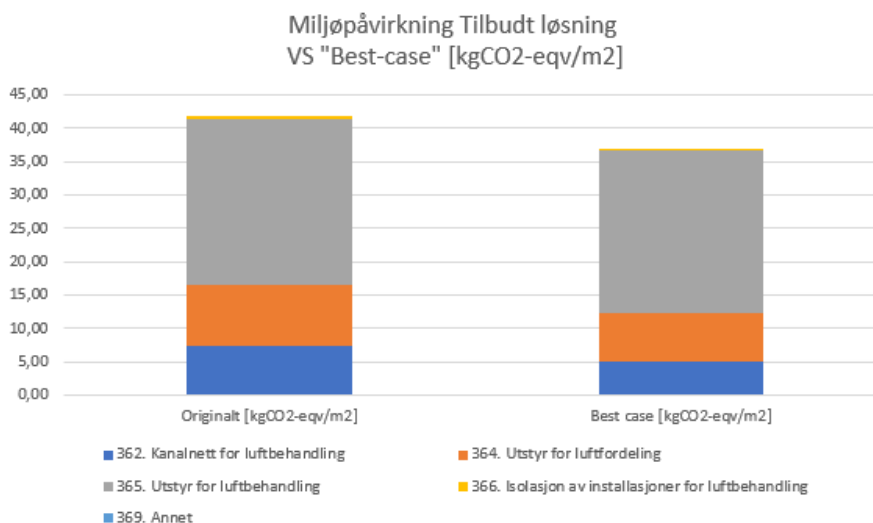
Tabell 5.4: Klimagassutslipp per bygningsdel klassifisert ihht. NS 3451:2022

Bygningsdel	Klimagassutslipp $\text{kgCO}_2 - \text{eqv}/\text{m}^2$
362. Kanalnett for luftbehandling	7,5
364. Utstyr for luftfordeling	9,07
365. Utstyr for luftbehandling	24,7
366. Isolasjon av installasjoner for luftbehandling	0,71
369. Annet utstyr for luftbehandling	0

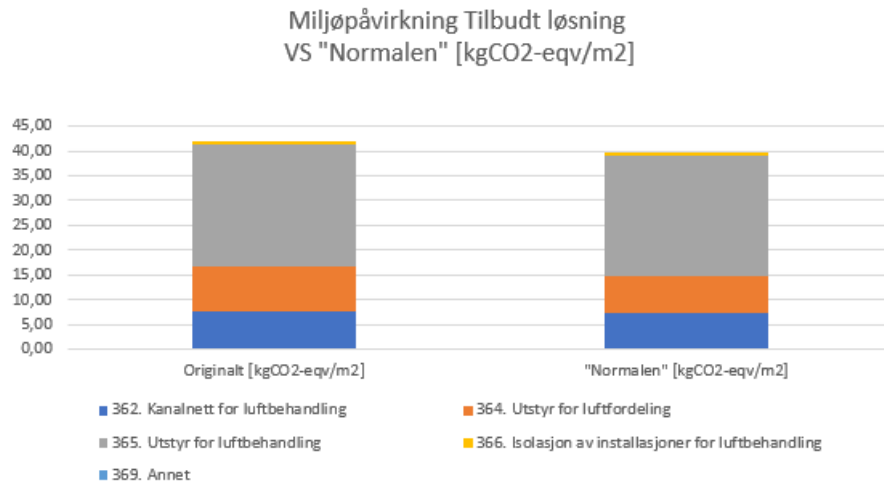
Klimagassutslipp per bygningsdel [kgCO₂-eqv/m²]

Figur 5.6: Utslipp per bygningsdel klassifisert ihht. NS 3451:2022

Figur 5.7 og 5.8 viser henholdsvis reduksjonspotensialet ved å benytte best case komponenter og “normal” komponenter. Ved å benytte seg av komponentene med lavest miljøpåvirkning kunne dette tilbudet hatt en på 12% av klimagassutslipp. Men, produktene som er lagt inn som best case er ikke alltid funksjonslike. Figur 5.8 viser at den tilbudte løsningen har noe høyere utslipp enn et “normalt” tilbudt ventilasjonsanlegg ville ha hatt.



Figur 5.7: Utslipp per bygningsdel - tilbudt løsning vs best case



Figur 5.8: Utslipp per bygningsdel - tilbudt løsning vs normalen

Test av verktøyet ble gjort av representanter fra GK som fant verktøyet enkelt og brukervennlig å benytte. Verktøyet har også vært med på å synliggjøre effekten av ulike komponenter, samt at det muliggjør sammenligning av ulike systemløsninger. Etterhvert som verktøyet tas i bruk produseres referanseverdier som kan gi en indikasjon på betydningen av VVS-installasjoner i bygg.

5.6 Usikkerheter i verktøyet

5.6.1 Miljødata

Verktøyet inneholder datakvalitet nivå 1 for de komponentene der dette var mulig, men grunnet mangel på produktspesifikk data er datakvalitet nivå 2 benyttet for den største andelen av komponentene. Dette fører til en usikkerhet bak det resulterende utslippet i beregningene. I verktøyet er det lagt inn tre klassifiseringer for å skille hvilken kvalitet dataene har. Disse er beskrevet nærmere i seksjon 5.2.3.

- Spesifikk
- Blandet
- Generisk

Verktøyet viser hvor stor andel av spesifikk, blandet og generisk miljødata som er benyttet i beregningene av utslippet som vist i figur 5.9. All miljødata som måtte suppleres med ulike moduler er klassifisert som blandet i dette verktøyet. Det vil si at det er ulik grad av hvor mange moduler det var nødvendig å supplere miljødataen med. For noen var det kun behov for å supplere med en modul, mens for andre var det nødvendig å supplere alt utenom produksjon (A1-A3). Dette betyr at selv som det er benyttet en komponent med blandet miljøprofil kan utslippet knyttet til denne komponenten være tilnærmet lik spesifikt. Derfor er det behov for at utføreren av klimagassregnskapet i verktøyet utfører en følsomhetsanalyse der personen sjekker datakvaliteten til systemet. For å vise hvilke moduler som er spesifikke for produktet og hvilke moduler som er

supplert er det benyttet en fargekode, der grønn indikerer spesifikk og gul indikerer generisk som illustrert i figur 5.10.

Generelt	
Estimert levetid på bygning	60 år
BRA	2800 m ²
Andel generiske EPDer	17 %
Andel "blandet" EPDer	4 %
Andel spesifikke EPDer	78 %

Figur 5.9: Eksempel på hvordan andel spesifikk, blandet og generisk miljødata som er benyttet i beregningene

Det vil også være noe usikkerhet knyttet til blandet og generiske miljødataene, da en generisk verdi kan gjøre et godt produkt dårligere og et dårligere produkt bedre da det må gjøres noen antagelser under utarbeidelsen av dataen. For de komponentene der det var nødt til å benytte utslipp knyttet til materialsammensetningen vil det samme gjelde. Sannsynligvis vil utslippet bli lavere enn det det reelt ville ha vært da en utelukker utslipp knyttet til konstruksjonen av bygningsdelen.

Klassifisering	Komponent	Produkt	Leverandør	Materiale	Dimensjon	Enhet	A1-A3	A4	A5	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C1-C4
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN8	mm	1,77E+00	9,41E-03	7,57E-03	0,00E+00	1,36E-02	4,33E-02	3,62E-04	1,67E-04	5,74E-02	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN10	mm	2,35E+00	1,25E-02	1,01E-02	0,00E+00	1,81E-02	5,76E-02	4,81E-04	2,23E-04	7,64E-02	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN15	mm	3,34E+00	1,78E-02	1,43E-02	0,00E+00	2,56E-02	8,17E-02	6,83E-04	3,16E-04	1,08E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN20	mm	4,33E+00	2,31E-02	1,86E-02	0,00E+00	3,33E-02	1,06E-01	8,87E-04	4,10E-04	1,41E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN25	mm	6,70E+00	3,56E-02	2,87E-02	0,00E+00	5,14E-02	1,64E-01	1,37E-03	6,34E-04	2,17E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN32	mm	8,61E+00	4,58E-02	3,69E-02	0,00E+00	6,61E-02	2,11E-01	1,76E-03	8,15E-04	2,80E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN40	mm	9,90E+00	5,27E-02	4,24E-02	0,00E+00	7,60E-02	2,43E-01	2,03E-03	9,37E-04	3,22E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN50	mm	1,40E+01	7,45E-02	6,00E-02	0,00E+00	1,08E-01	3,43E-01	2,87E-03	1,33E-03	4,55E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN65	mm	1,79E+01	9,53E-02	7,67E-02	0,00E+00	1,38E-01	4,39E-01	3,66E-03	1,69E-03	5,82E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN80	mm	2,33E+01	1,24E-01	9,99E-02	0,00E+00	1,79E-01	5,71E-01	4,77E-03	2,21E-03	7,57E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Stål - Generisk	Ferrometall	Stål	DN100	mm	3,39E+01	1,80E-01	1,45E-01	0,00E+00	2,60E-01	8,31E-01	6,94E-03	3,21E-03	1,10E+00	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Aquatherm - Red	Armaturjonsson	PP-R	DN20	mm	1,78E+00	2,46E-03	0,00E+00						1,67E-02	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Aquatherm - Red	Armaturjonsson	PP-R	DN25	mm	2,77E+00	6,50E-03	0,00E+00						4,40E-02	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Aquatherm - Red	Armaturjonsson	PP-R	DN32	mm	4,31E+00	5,97E-03	0,00E+00						4,04E-02	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Aquatherm - Red	Armaturjonsson	PP-R	DN40	mm	6,77E+00	9,39E-03	0,00E+00						6,35E-02	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Aquatherm - Red	Armaturjonsson	PP-R	DN50	mm	9,63E+00	1,34E-02	0,00E+00						9,04E-02	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Aquatherm - Red	Armaturjonsson	PP-R	DN65	mm	1,33E+01	1,91E-02	0,00E+00						1,29E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Aquatherm - Red	Armaturjonsson	PP-R	DN80	mm	2,08E+01	2,86E-02	0,00E+00						1,94E-01	
332. Installasjon for brannslukking	n Rør	Aquatherm - Red	Armaturjonsson	PP-R	DN90	mm	2,66E+01	3,68E-02	0,00E+00						2,49E-01	

Figur 5.10: Eksempel på hvordan en kan legge inn en komponent i verktøyet

5.6.2 Beregning av utslipp

Ved beregningene av utslipp knyttet til de ulike komponentene er det gjort antagelser ved manglende informasjon i EPD eller datablad. Der det var nødvendig med antagelser ble disse basert på lignende komponenter. Antagelsene som er blitt gjort ses derfor på som eksakte nok til at de kunne bli benyttet, men det vil likevel føre til noen usikkerheter bak beregnet utslipp.

5.6.3 Supplering av miljødata

På grunn av mangel på fullstendig miljødata som passet systemgrensene satt for klimagassregnskapet i verktøyet var det nødvendig å supplere fra andre kilder. For å gjøre dette ble OneClick LCA benyttet. Som bruker har man ikke fullstendig kontroll over hvilke antagelser som blir gjort under beregningene. Bruker kan selv endre på verdier tilhørende blant annet transportdistanse og -metode, levetid og lokasjon. I denne studien er det benyttet standard verdier gitt av OneClick LCA da lokasjon “Norden” og “teknisk levetid” ble valgt. Tabell 2.2 gir en god indikasjon, men hvilke verdier som ligger i de standard løsningene er usikkert. Dermed vil det ligge en usikkerhet bak de supplerte verdiene.

5.6.4 Referansetilbud

Verktøyet inneholder to referansetilbud: best case og normalen. Best case er basert på de produktene med lavest miljøpåvirkning, mens normalen baserer seg på standard produkter benyttet av GK.

For best case er det kun sett på funksjon på et komponent nivå dette vil si at produktet som er valgt som best case ikke nødvendigvis vil være funksjonslik med produktene som er valgt i tilbudt løsning. Dette gjelder for eksempel brannisolasjon som har funksjonskrav og brannklassifisering den må følge. Brannisolasjonen som er lagt inn som best case har ikke nødvendigvis samme brannklassifisering. Til tross for dette vil best case likevel kunne gi en indikasjon på hvor stor besparelsen kunne være ved å benytte andre materialer eller produkter.

Normalen inneholder standard produkter som blir benyttet av GK. Da det er en mangel på produktspesifikke miljødata er det lagt inn produkter med lik funksjon der dette var mulig, hvis ikke er generisk miljødata benyttet. Resultatet fra dette referansetilbudet vil dermed også inneholde noen usikkerheter, men det anses likevel som representerbart basert på miljødata som er tilgjengelig i dag og kan dermed også være med på å gi tilbudt løsning en kontekst.

6 Konklusjon

I denne oppgaven er det utviklet en metode og verktøy for å beregne klimagassutslipp fra VVS-installasjoner basert på tilgjengelige opplysninger i en tilbudsfase. Verktøyet er formet til å tilpasse tilbudsfasen hos GK, men de samme prinsippene kan benyttes til å utvikle et lignende verktøy. Rammeverket beskrevet kan også benyttes i ulike beslutningsprosesser relatert til reduksjon av klimagassregnskap.

Under prosessen ved å bygge opp databasen er det avdekket mangler på produktspesifikke EPDer knyttet til VVS-installasjoner, i tillegg er det identifisert en mangel på fullstendig miljødata. Funnene i denne studien viser et behov for utvikling av fler produktspesifikke EPDer. Dette vil muliggjøre utførelsen av fullstendige og detaljerte klimagassberegninger som videre kan skape et grunnlag for standardverdier og krav som kan ta oss et skritt nærmere å nå FNs bærekraftsmål.

For å håndtere manglene identifisert i denne studien kan følgende steg bli benyttet i prioritert rekkefølge:

1. Miljødata for funksjonslik komponent
2. Datasett fra Ökobudat eller INES
3. Ecoinvent - materialsammensetning baseres på byggevaredeklarasjon
4. Beregninger i OneClick LCA eller "Basic" beregningsmetode som beskrevet av CIBSE

Til slutt ble verktøyet testet på et testtilbud. Resultatene viste at verktøyet er utviklet er egnet for å benyttes i utarbeidelsen av tilbud. Verktøyet kan være med på å synliggjøre effekten av valg av ulike komponenter, samt sammenligne systemvalg og sammensetninger. Resultaten fra utprøvingen indikerer at aggregatet står for en betydelig del av utslippet knyttet til ventilasjonsanlegg. Utslipp knyttet til produksjonsfasen står for mest, etterfulgt av utskiftning. Sammenlignet med foreslått nye krav i TEK indikerer resultatene at VVS-installasjoner stå for en betydelig del av byggets totale utslipp.

7 Videre Arbeid

Gjennom prosessen med denne studien og på grunnlag av funnene i denne studien er det en rekke områder som kan være interessante som videre arbeid.

Klimagassutslipp knyttet til transport kan stå for en stor del av utslippet i henholdt til tidligere studier. Utslipp knyttet til transport er også et punkt som kunne være avgjørende for byggherrer ved valg av tilbud og leverandører i følge spørreundersøkelsen. Transportavstander kan være vanskelig å estimere da den vil endres fra prosjekt til prosjekt. I denne oppgaven er det derfor antatt at transportdistansen som antas i EPDen og OneClick er representert for et "generisk prosjekt". Det er også gjort en antagelse om at transportavstand fra produsent og til byggeplass vil være nokså lik innenfor Europa. Til videre arbeid anbefales det derfor å analysere utslippene knyttet til transport av VVS-komponenter og hvordan utslippet varierer ved å benytte seg av leverandører utenfor landegrensene.

Slik verktøyet er utviklet kan kun klimagassutslipp knyttet til nye komponenter beregnes. Selv om prosjektet krever modernisering av eksisterende installasjoner er det fortsatt mulig å gjenbruke ulike komponenter, som for eksempel kanalnett. Kanalnett er en av bygningsdelene som står for et betydelig utslipp i ventilasjonsanlegg, ved å gjenbruke dette kan klimagassutslippet reduseres. En videreutvikling av verktøyet slik at det kan tas høyde for gjenbruk av materialer og installasjoner kan dermed være hensiktsmessig.

En avgrensning i denne studien var å kun inkludere bygningsdeler som er klassifisert med kode 3 i henhold til NS 3720:2018. Dagens utvikling av klimatiseringsanlegg går mot automatisering og behovsstyring. Dette innebærer at utstyret er koblet til sensorer og annen elektronikk. Utslipp knyttet til disse komponentene er ikke tatt hensyn til i denne studien. Analysing av klimagassutslippet knyttet til slike komponenter er dermed nødvendig for å kunne avdekke det fulle klimagassutslippet knyttet til VVS-installasjoner.

Referanser

- [1] *Meld. St.40 (2020-2021) - Mål med mening - Norges handlingsplan for å nå bærekraftsmålene innen 2030*, 2021. adresse: <https://www.regjeringen.no/contentassets/bcbcac3469db4bb9913661ee39e58d6d/no/pdfs/stm202020210040000dddpdfs.pdf>.
- [2] Global Alliance for Buildings and construction, International energy agency og The united nations environment programme, “2019 Global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector,” tekn. rapp., 2019. adresse: https://iea.blob.core.windows.net/assets/3da9daf9-ef75-4a37-b3da-a09224e299dc/2019_Global_Status_Report_for_Buildings_and_Construction.pdf.
- [3] *Klimabaserte energikrav til bygg, ref.21/4140*, Høringsnotat, jan. 2021. adresse: https://dibk.no/globalassets/horinger/horing-tek/010721_klimabaserte-energi-til-bygg/210623-klimabaserte-energi-horingsnotat.pdf.
- [4] E. Selvig, E. Enlid, A. Næss, G. Alfredsen, L. R. Gobakken og K. M. Sandland, “Lavutslippsmaterialer i bygg. Barrierer og muligheter,” Civitas og NIBIO, Report, aug. 2020. adresse: https://www.regjeringen.no/contentassets/72688a1ce00a423bb97ae6ca8bd286fa/nibio_rapport_2020_6_20-08.06.2020-publ..pdf?fbclid=IwAR1UBc5235Je0rdgIopUS4vJDeQkus8Z-ib2aSvz0L_ZY9HzactazV68c1o.
- [5] R. Hugsted og H. B. Anderssen. “Anbud.” (2021), adresse: <https://snl.no/anbud>.
- [6] Direktoratet for forvaltning og økonomistyring. “Anskaffelsesprosessen steg for steg.” (2020), adresse: <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/anskaffelsesprosessen-steg-steg/avklare-behov-og-forberede-konkurransen/konkurransegrunnlag>.
- [7] M. Mysen, R. Gjerde og K. D. Klementsén, Personlig kommunikasjon, Januar til Mai 2022.
- [8] Direktoratet for byggkvalitet. “Tilsyn - Vedlegg 3.3 Prosjekteringsprosessen - 3.2.5 Entreprisereformer.” (2010), adresse: <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-entreprisereformer>.
- [9] Direktoratet for forvaltning og økonomistyring. “Byggeprosessen.” (2021), adresse: <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/konseptutvikling-og-bearbeiding/skisseprosjekt>.
- [10] —, “Byggeprosessen.” (2021), adresse: <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/konseptutvikling-og-bearbeiding/forprosjekt>.
- [11] —, “Byggeprosessen.” (2021), adresse: <https://anskaffelser.no/anskaffelsesprosessen/byggeprosessen-steg-steg/konseptutvikling-og-bearbeiding/forprosjekt/konkurranse-entreprenor-i-totalentreprise>.
- [12] Statsbygg. “Hva er SIMBA?” (), adresse: <https://go.nanolearning.com/LessonViewer/?da=1961474&key=eCIPinnvNvwmMyMc&mode=1&du=20417241&fbclid=IwAROKAtfoSh1qNqAGw1FWHYKsvyxmq8Ysf7G1A>. hentet: 20.05.2022.
- [13] M. Mysen, Personlig kommunikasjon, Januar til Mai 2022.
- [14] *Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder, NS3451*. 2022.
- [15] International Organization for standardization (ISO), *Environmental labels*, 2019. adresse: <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100323.pdf>.

- [16] Svanemerket. "Miljømerking type 1, ISO 14024." (2021), adresse: <https://svanemerket.no/svanemerket-og-miljomerking/svanemerket-er-miljomerking-type-1-iso-14024/>.
- [17] *Miljømerker og deklarasjoner - Egendeklarerte miljøpåstander (Miljømerking type II)*. 2016, ISBN: NS-EN ISO 14021.
- [18] *Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer*. 2010, ISBN: NS-EN ISO 14025.
- [19] EPD-Norge. "Hva er en PCR?" (), adresse: <https://www.epd-norge.no/pcr/>. hentet: 19.04.2022.
- [20] SINTEF Byggforsk. "470.103 Miljødeklarasjoner (EPD) av byggevarer." (2014), adresse: https://www.byggforsk.no/dokument/3006/miljoedeklarasjoner_epd_av_byggevare.
- [21] EPD-Norge. "Hva er en EPD?" (), adresse: <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>. hentet: 15.02.2022.
- [22] EPD-norge, "Hvilke typer EPDer finnes og hvordan er de forskjellige?," 2021. adresse: <https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321663-1637233134/Dokumenter/Hvilke%20typer%20EPDer%20finnes%20og%20hvordan%20er%20de%20forskjellige%20korrr181121.pdf>.
- [23] ECO Platform. "Our Mission - Mission Statements of ECO Platform." (), adresse: <https://www.eco-platform.org/the-mission.html>. hentet: 18.04.2022.
- [24] *Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategorier*. 2012 + 2019, ISBN: NS-EN 15804 + A2.
- [25] K. Simonen, *Life Cycle Assessment*, 1. London: Routledge, 2014.
- [26] *Metode for klimagassberegninger for bygninger*. 2018, ISBN: NS 3720.
- [27] *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk*. 2006, ISBN: NS-EN ISO 14040.
- [28] SINTEF. "De mest bærekraftige byggene finnes allerede." (2020), adresse: https://www.sintef.no/siste-nytt/2020/de-mest-barekraftige-byggene-finnes-allerede/?fbclid=IwAR0fAG_hDE5KQszLYjFo9vvWpEFDQvVm9N_8BQtGbYG7DE4f194dAVpWepU.
- [29] United States Environmental Protection Agency. "Understanding Global Warming Potentials." (), adresse: <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>. hentet: 17.02.2022.
- [30] One Click LCA. "Database." (), adresse: <https://www.oneclicklca.com/support/faq-and-guidance/documentation/database/>. hentet: 07.05.2022.
- [31] —, "How we work with data." (), adresse: <https://www.oneclicklca.com/how-we-work-with-data-at-one-click-lca/>. hentet: 03.05.2022.
- [32] —, "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/>. hentet: 07.05.2022.
- [33] A. H. Wilberg, M. K. Wiik, H. Auklend mfl., "Life Cycle Assessment for Zero Emission Buildings - a Chronology of the development of a visual, dynamic and integrated approach," 2019. adresse: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/352/1/012054/pdf>.
- [34] Personopplysningsloven. "Lov om behandling av personopplysninger." (2018), adresse: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2018-06-15-38>.

- [35] A. Gulbrandsen. "Informasjonssikkerhet og risikovurdering for Nettskjema." (2017), adresse: <https://www.uio.no/tjenester/it/adm-app/nettskjema/mer-om/informasjonsikkerhet/>.
- [36] M. Fuglseth, O. Dahlstrøm, J. L. Skullestad og A. Borg, "Kartlegging av klimagassberegninger for bygg og anlegg i oslo," Asplan viak, Report, mar. 2020. adresse: https://www.klimaoslo.no/wp-content/uploads/sites/88/2020/09/Kartlegging-av-klimagassberegninger-for-bygg-og-anlegg-i-oslo_endelig.pdf?fbclid=IwARON57PcWK5Df4PvttK7eQFTmBHiVKoLnG2yOA38z_2WbBwElVgS2A8oBMk.
- [37] CIBSE, "TM65 - Embodied Carbon in Building Services - A Calculation Methodology," The Chartered Institution of Building Services Engineers, Report, 2021. adresse: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpTMECBSA2/tm65-embodied-carbon/tm65-embodied-carbon>.
- [38] The International EPD System, *Environmental Product Declaration - Swegon Ceiling Diffuser 600*, Web Page, 2022. adresse: https://www.swegon.com/siteassets/_product-documents/air-diffusers/ceiling-diffusers/flush-design/_en/epd_swegon-ceiling-diffuser-600.pdf.
- [39] Swegon, *Byggevederklarasjon Colibri BRb*, Catalog, 2015. adresse: https://www.swegon.com/siteassets/_product-documents/air-diffusers/ceiling-diffusers/flush-design/_sv/colibricrb-bd.pdf.
- [40] —, *Byggevederklarasjon Pelican CEa HF Ca*, Catalog, 2015. adresse: https://www.swegon.com/siteassets/_product-documents/air-diffusers/extract-air-diffusers/_sv/pelicancehfa-bd.pdf.
- [41] —, *Byggevederklarasjon SWIFT Ca*, Catalog, 2015. adresse: https://www.swegon.com/siteassets/_product-documents/air-diffusers/ceiling-diffusers/flush-design/_sv/swiftca-bd.pdf.
- [42] —, *Byggevederklarasjon HAWK Ca*, Catalog, 2015. adresse: https://www.swegon.com/siteassets/_product-documents/air-diffusers/ceiling-diffusers/flush-design/_sv/hawkca-bd.pdf.
- [43] TROX Auranor, *Byggevederklarasjon TLG-G*, Catalog. adresse: <https://www.trox.no/downloads/f994b7d23d329559/36-TLG-G.pdf?type=certificates>, hentet: 15.03.2022.
- [44] —, *Byggevederklarasjon TELLUS-OPUS*, Catalog. adresse: <https://www.trox.no/downloads/3fe8d6f203cd2395/12-Tellus-OPUS.pdf?type=certificates>, hentet: 15.03.2022.
- [45] —, *Byggevederklarasjon ORION-ATV*, Catalog. adresse: <https://www.trox.no/downloads/1305acca878affb5/13-Orion-ATV.pdf?type=certificates>, hentet: 15.03.2022.
- [46] —, *Byggevederklarasjon TLG-LØV*, Catalog. adresse: <https://www.trox.no/downloads/7f5dd1ce98a2457c/19-TLG-L-V.pdf?type=certificates>, hentet: 15.03.2022.
- [47] Swegon, *Byggevederklarasjon Colibri WISE*, Catalog, 2007. adresse: https://www.swegon.com/siteassets/_product-documents/flow-control/wise-gen.2/_sv/wise_colibri_a-bd.pdf.
- [48] TROX Auranor, *Byggevederklarasjon Tellus-LØV*, Catalog. adresse: <https://www.trox.no/downloads/d5dbb13587e94daf/03-Tellus-L-V.pdf?type=certificates>, hentet: 15.03.2022.
- [49] —, *Byggevederklarasjon Orion-LØV*, Catalog. adresse: <https://www.trox.no/downloads/bcc88adf937b6fc6/02-Orion-L-V.pdf?type=certificates>, hentet: 15.03.2022.

- [50] FläktGroup, *Air Handling Unit eQ Catalogue*, Pamphlet. adresse: <https://www.flaktgroup.com/api/v1/Documents/26e9de22-7ef0-499b-948b-81114193042e?analytics=0&fbclid=IwAR1hssBtUFcGn5XT7I7HP-VLM9cvZtH-9JcFTbAiXR6x41HIsmG3zZp1vs0>, hentet: 06.02.2022.
- [51] EPD-norge, *Environmental Product Declaration - Luftbehandlingsaggregat eQ50*, Web Page, 2022. adresse: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1322068-1641298056/EPDer/Byggevarer/NEPD-3290-1935_Luftbehandlingsaggregat-eQ50.pdf.
- [52] R. Gjerde, Januar til Mai 2022.
- [53] I. Kjekken, "Embodied Carbon of Technical Installations in a Norwegian Office and Teaching Building An LCA-based study of the Ocean Space Center," Thesis, 2021.
- [54] E. Resch, "Assessment of GHG emissions from materials during building design Methods for improved reliability and quality," Thesis, 2021.
- [55] M. K. Wiik, E. Selvig, M. Fuglseth mfl., "Klimagasskrav til materialbruk i bygninger: Utvikling av grunnlag for å sette absolutte krav til klimagassutslipp fra materialbruk i norske bygninger," NTNU SINTEF, Report, 2020.
- [56] A. A. Borg, "The Environmental Impact of Ventilation Systems in a Norwegian Office Building from a Life Cycle Perspective," Thesis, 2016.
- [57] C. Kiamili, A. Hollberg og G. Habert, "Detailed Assessment of Embodied Carbon of HVAC Systems for a New Office Building Based on BIM," 2020.
- [58] P. Ylmén, D. Peñaloza og K. Mjörnell, "Life Cycle Assessment of an Office Building Based on Site-Specific Data," 2019.
- [59] B. X. Rodriguez, M. Huang, H. W. Lee, K. Simonen og J. Ditto, "Mechanical, electrical, plumbing and tenant improvements over the building lifetime: Estimating material quantities and embodied carbon for climate change mitigation," 2020.
- [60] K. A. Nguyen, "Miljøpåvirkning av et ventilasjonssystem på kontorbygning evaluert med LCA-program i tidlig prosjekteringsfase," Thesis, 2021.
- [61] A. Kampesæter, S. Bjørberg og C. A. Linsterud, "Levetider i praksis: Prinsipper og bruksområder," Multiconsult, Report, 2009. adresse: https://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/levetider_i_praksis.pdf.
- [62] K. Stråby og L.-E. Fiskum, "Levetider for vann- og avløpsrør i bygninger: Resultater fra feltstudier," SINTEF, Report, 13.08 2021.
- [63] J. R. Winsvold og A. R. Liaøy, "Greenhouse Gas Assessment of Pipe Qualities Økern Portal," Erichsen Horgen, Report, 13.03. 2020. adresse: <https://www.armaturjonsson.no/media/623153/rap-riv-01-en-ghg-assessment-of-pipe-qualities.pdf>.
- [64] Teppfa, "Polymer/aluminium/polymer multi-layer pipe systems vs copper environmental impact comparison," Teppfa, Report. adresse: https://www.teppfa.eu/wp-content/uploads/LCA9_HC-Leaflet-Pol_Al_Pol-Multi-vs-Cu.pdf, hentet: 12.04.2022.
- [65] Geberit, *Geberit Mapress Kobber T-stykke likt*, Pamphlet. adresse: <https://nobb-vavvs.no/produkt/5052856/Produktdatablad?fbclid=IwAR2hsmB4-wNI0j78FcrDHxzCwX4PydWscZM6w7jE34qgjymo>, hentet: 04.04.2022.

Vedlegg

A Relevante standarder

NS 3451:2022 - *Bygningsdelstabell og systemkodetabell for bygninger og tilhørende uteområder*

NS 3720:2018 - *Metode for klimagassberegninger for bygninger*

NS-EN ISO 14020:2001 - *Miljømerker og deklarasjoner - Generelle prinsipper*

NS-EN ISO 14021:2016 - *Miljømerker og deklarasjoner - Egendeklarerte miljøpåstander (Miljømerking type II)*

NS-EN ISO 14024:2018 - *Miljømerker og deklarasjoner - Miljømerking type I - Prinsipper og prosedyrer*

NS-EN ISO 14025:2010 - *Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og Prosedyrer*

NS-EN ISO 14040:2006 - *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk*

NS-EN ISO 14044:2006 - *Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer*

NS-EN 15978:2011 - *Bærekraftige byggverk - Vurdering av bygningers miljøprestasjon - Beregningsmetode*

NS-EN 15804:2012+A2:2019 - *Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer*

NS-ISO 21930:2017 *Bærekraftige bygninger og anlegg - Grunnleggende produktkategoriregler for miljødeklarasjoner for byggevarer og tjenester*



B Spørreundersøkelse

B.1 Spørreundersøkelse 1

Spørsmål 1: Hva forutsetter at et klimagassregnskap er av interesse for deg?

- Det vil i fremtiden være avgjørende for valg av leverandør.
- Ja, dette kan være med på å akseptere tilbudet. Jeg ser for meg at det kan være lettere å få godkjent tilbudet, med et bra klimagassregnskap.
- Ja. Det ville vært av interesse å vite hele utslippet delt inn i de ulike fasene.
- Klimagassregnskap er avgjørende for et byggeprosjekt, men mange byggherrer har til nå stilt krav på nivå basis i henhold til norsk standard for klimagassberegninger av bygningen. Det vil si at tekniske anlegg ikke er med. For å inkludere krav til klimatisering på byggherren stille krav på nivå avansert i NS3720.
- Et klimagassregnskap er interessant for å sikre at vi har fokus på lave klimagassutslipp gjennom hele byggets levetid. Det vil kunne potensielt være et godt verktøy i tidligfase .

Spørsmål 2: Hvordan skal resultatet av regnskapet presenteres?

Svar	Antall	Prosent
Sammenligning av utslippet med et referanse tilbud	5	83,3 % 
Totalt utslipp av tilbudet	4	66,7 % 
Utslipp per livssyklusfase	3	50 % 
Utslipp per bygningsdel	3	50 % 
Annet	1	16,7 % 

Figur B.1: Svar spørsmål 2 fra spørreundersøkelse 1

Spørsmål 3: Forslag til annen presentasjon av utslippet?

- Belyse f.eks. de 10 største utslippspostene. Om det kommer fra materialer, transport eller driftsfasen. Det gjør at vi f.eks. kan velge materialer fra europa/skandinavia, eller se dette med utslipp i produksjonsfasen opp mot driftsfasen enklere.

Spørsmål 4a: Hvordan referansetilbud er ønskelig?

Svar	Antall	Prosent
Normalen	4	80 % 
Annet	1	20 % 

Figur B.2: Svar spørsmål 4a fra spørreundersøkelse 1

Spørsmål 4b: Forslag til annet referansetilbud

- Standard iht. teknisk forskrift

Spørsmål 5: Er det noe annet du ønsker av klimagassregnskapet

- Totale CO2 utslipp i levetiden til anlegget. I forhold til sirkulær økonomi vil det også være et poeng at levetiden på anlegget økes. Eventuelt at man kan kjøpe inneklima som en tjeneste (x-as-a-service).
- Regnskapet bør være lettleselig.
- Hvilken påvirkning transport fra f.eks. Kina vs. Sverige. Slik at vi kan bestrebe lokale produkter.
- tydelig beskrivelse av hva som er inkludert i beregningen.

B.2 Spørreundersøkelse 2

Spørsmål 1: Hvilke bygningsdeler ønsker du at verktøyet skal fokusere på

	Ikke nødvendig	Ingen formening	Ønske om, men er ikke første prioritet	Stort ønske
362. Kanaler *	0 %	0 %	0 %	100 %
364. Ventilert og spjeld *	0 %	0 %	20 %	80 %
364. Baffer *	0 %	0 %	60 %	40 %
364. Inntak og avkast *	0 %	0 %	60 %	40 %
364. VAV-spjeld *	0 %	0 %	40 %	60 %
365. Aggregat *	0 %	0 %	40 %	60 %
366. Isolasjon *	0 %	0 %	40 %	60 %
369. Lyddempere *	0 %	0 %	20 %	80 %
562. Sensorer *	20 %	40 %	40 %	0 %

Figur B.3: Svar spørsmål 1 fra spørreundersøkelse 2

Spørsmål 2a: Hvilke andre fag ønsker du at verktøyet skal inneholde?

	Ikke nødvendig	Ingen formening	Ønske om, men er ikke første prioritet	Stort ønske
31. Sanitasjon *	20 %	0 %	20 %	60 %
32. Varme *	0 %	0 %	20 %	80 %
33. Brannsløkking *	20 %	0 %	40 %	40 %
34. Gass og trykkluft *	20 %	20 %	40 %	20 %
35. Prosesskjøling *	0 %	0 %	60 %	40 %
37. Kornfortkjøling *	0 %	0 %	40 %	60 %
38. Vannbehandling *	0 %	40 %	40 %	20 %

Figur B.4: Svar spørsmål 2 fra spørreundersøkelse 2

Spørsmål 2b: Hvilke bygningsdeler skal inkluders?

- Jeg har begrenset omfang til det som jeg tror er praktisk mulig før 1.6 2022. På sikt ønsker jeg å få med alt som bidrar til vesentlige klimautslipp fra tekniske installasjoner, og som forbruker ikke-fornybare råvarer som er en begrenset ressurs.

- Alle bygningsdeler.
- 211, 312, 314, 315, 316, 321, 322, 324, 325, 331, 332, 333, 372, (374), 375, 376

Spørsmål 3: Hvilke livssyklusmoduler må verktøyet inneholde og hvilke er ønskelige?

	Må	Ønskelig
Produksjon	100 %	0 %
Avhending	20 %	60 %
Utskifting	60 %	40 %
Gjenbruk	0 %	100 %
Installasjon	40 %	60 %
Operasjonell	40 %	60 %
Vedlikehold og reparasjon	60 %	40 %
Transport	20 %	80 %
Renovering	0 %	100 %

Figur B.5: Svar spørsmål 3 fra spørreundersøkelse 2

Spørsmål 4a: Hvilken mengdeenhet skal benyttes for bygningsdelene?

	løpemeter dimensjon	vekt	stk	Annet
363. Kanaler *	100 %	20 %	0 %	0 %
364. Ventiler og spjeld *	0 %	20 %	100 %	0 %
364. Bafler *	0 %	20 %	80 %	0 %
364. Inntak og avkast *	20 %	20 %	60 %	40 %
364. VAV-spjeld *	0 %	0 %	100 %	0 %
365. Aggregat *	0 %	40 %	60 %	0 %
366. Isolasjon *	40 %	20 %	0 %	60 %
369. Sensorer *	0 %	0 %	100 %	0 %
369. Lyddempere *	20 %	20 %	60 %	0 %

Figur B.6: Svar spørsmål 4a fra spørreundersøkelse 2

Spørsmål 4b: Forslag til annen mengdeenhet

- For VAV-spjeld bør stk og dimensjon velges.
- Inntak- og avkastrister samt isolasjon - m²?
- Kvadratmeter for 366 Isolasjon. Mulig kvadratmeter er bedre bruke på firkantkanaler enn dimensjon. Det finnes veldig mange dimensjoner.
- Inntak og avkast kan vurderes i m² ved bruk av rist. For isolasjon kan m³ benyttes.
- Avhenger av hva slags enheter GK bruker i sine kalkyler.

Spørsmål 5: Er det ønskelig med "best case" for de ulike bygningsdelene?





Spørsmål 6: Hvilke produktspesifikke EPDer burde ligge i databasen?

Svar	Antall	Prosent
Ja	5	100 % 
Ikke nødvendig	0	0 %
Vet ikke	0	0 %

Figur B.7: Svar spørsmål 5 fra spørreundersøkelse 2

Svar	Antall	Prosent
Alle EPDer som er tilgjengelige	3	60 % 
EPD for produkter benyttet av GK	2	40 % 

Figur B.8: Svar spørsmål 6 fra spørreundersøkelse 2

Svar	Antall	Prosent
Sammenligning av utslippet med et referanse tilbud	4	80 % 
Totalt utslipp av tilbudet	5	100 % 
Utslipp per livssyklusfase	4	80 % 
Utslipp per bygningsdel	2	40 % 
Annet	0	0 %

Figur B.9: Svar spørsmål 7a fra spørreundersøkelse 2

Spørsmål 7a: Hvordan skal resultatet av regnskapet presenteres?

Spørsmål 7b: Forslag til annet referansetilbud?

- Tilbud kan sammenliknes med best caseprodukter som er mulige valg i prosjektet. Tilbud kan gjerne også sammenliknes med et standardnivå - dette for å fremstille evt. gevinster med over gjennomsnittlig bærekraftige produkter eller for å bemerke til kunde dersom de velger under gjennomsnittlig bærekraftige produkter.

Spørsmål 7c: Forslat til annen presentasjon av utslippet?

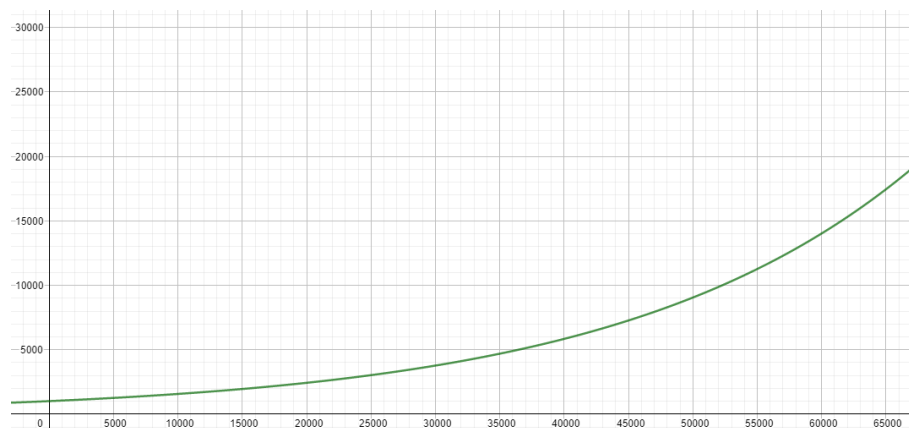
- Skille mellom tilbud og opsjoner. Vi tilby f.eks. ofte DX-kjøling som opsjon når vi får forespørsel om å gi tilbud på et ventilasjonsanlegg eller f.eks. legger VAV-styring som opsjon når enkelt CAV-styring er forespur

C Mellomberegninger i verktøyet

Aggregat Det antas at utslippet knyttet til aggregatet følger lineært vekten. Da det er variasjon av informasjon tilgjengelig i en tilbudsfase er det blitt funnet en sammenheng mellom vekten til aggregatet og luftmengden. Dette er gjort da det antas at endtene vekt for aggregat eller luftmengde den skal “yte” er kjent. Det er tatt utgangspunkt i aggregatet eq master levert av Flaktgroup da det er denne modellen EPDen er deklarerert for. Luftmengdene er hentet fra databladet [50]. Vekt tilhørende ulike størrelser er gitt av forskningsprosjektet da dette aggregatet er benyttet på en casebygning benyttet i forskningsprosjektet.

Flåkt Group		
Size	Vekt [kg]	Luftmengde [m ³ /h]
23	1337	9720
32	1631	11880
41	1911	14400
50	2960	17000
63	2457	21600
68	2916	23490
72	2890	24840
90	3836	31770

Figur C.1: Oversikt over vekt og tilhørende luftmengde for ulike størrelser av aggregatet



Figur C.2: Illustrasjon av hvordan vekten stiger med økt luftmengde

Forholdet mellom luftmengde og vekt kan bli beskrevet som:

$$y = -8 * 10^{-7}x^2 + 0,14x + 188$$

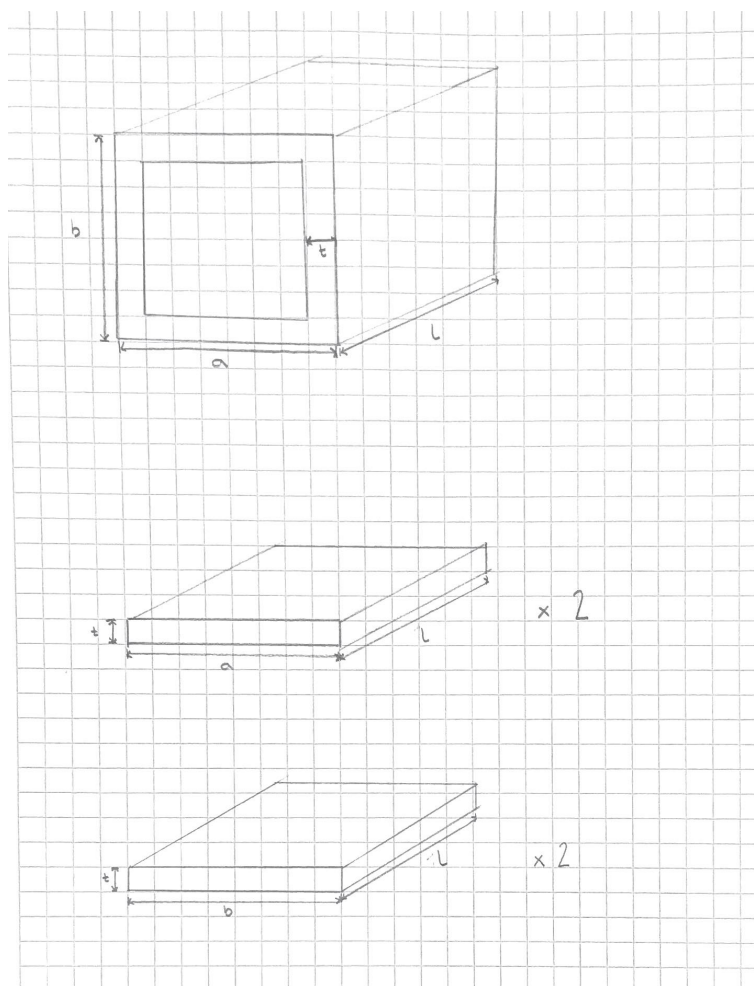
y = vekt
 x = luftmengde

Dette forholdet er ikke er ikke representasjon av hvordan vekten øker med luftmengden på tvers av leverandører og modeller da aggregat er komplekse komponenter.

Sandwichplater For å enkelt kunne benytte seg av EPD for sandwichplater er det lagt inn en omregning i verktøyet. EPDen for sandwichplater er deklarerert for $1m^2$ plate. En Sandwich kanal består av fire plater. Arealet til kanalen blir dermed:

$$2l(a + b)$$

l er lengden på kanalen i meter, a og b representerer dimensjonen på kanalen axb.



Figur C.3: Tankegang for mellomberegning av sandwichelementer

Rektangulære kanaler EPD for rektangulære kanaler av stål er deklart per kg, og det er dermed lagt inn en mellomberegning for å enkelt kunne finne utslippet knyttet til de rektangulære kanalene. Ved å finne volumet til kanalen kan en enkelt finne massen ved bruk av tettheten til materialet. Materiale deklart i EPDen er galvanisert stål som har en tetthet på $x \text{ kg/m}^3$. For å finne volumet er følgende formel benyttet:

$$V = (a * b - (a - 2t)(b - 2t)) * l$$

Der a og b representerer dimensjonen på kanalen axb, l er antall meter av kanal og t er tykkelsen på kanalveggen.

D Beregning av utslipp, EPD og levetid

D.1 Beregning av utslipp

31. Sanitær

312 - Ledningsnett for sanitærinstallasjoner

Rør: Tabell D.1 viser hvilke prosedyrer som er benyttet for å beregne utslipp til de ulike rørtyperne benyttet for sanitærinstallasjoner. All utslipp knyttet til rør er lagt inn per m i verktøyet. For å beregne utslipp for de ulike dimensjonene ble vekt og dimensjoner hentet fra datablad der dette var tilgjengelig, ellers ble standard dimensjoner “varmebok - om vannbåren varme” benyttet.

Tabell D.1: Oversikt over prosedyrene som er benyttet for å beregne utslippet knyttet til rør i sanitærinstallasjoner

Rørtype	Prosedyre
PEX	3
Kobber	1
Siltent PE	1
Silent PP	1
Støpejern	1
PE	1
PVC	2
Alupex	-

For beregningene av klimagassutslipp for alupex-rør er det benyttet samme metode som Erichsen Horgen, nå Multiconsult, benyttet i deres rapport for Armaturjonsson der ulike rørsystemer ble sammenlignet med hensyn på klimagassutslipp [63]. Metoden tar utgangspunkt i Teppfa sin generiske LCA-deklarasjon der utslippet til alupex-rør ble sammenlignet med kobberør. Sammenligningen viste at alupex-rør har et klimagassutslipp som er rundt 1/3 av utslippet knyttet til kobberør [64]. Dermed er utslippet for alupex-rør beregnet til å være 1/3 av utslippet til kobberør da det ikke ble funnet annen miljødata som var representativ i henhold til kravene som ble satt i innhenting av miljødata.

Bend: Alle bend ble beregnet etter prosedyre 2 der miljødata til tilhørende rør ble benyttet. Eksempel: beregning av utslipp for kobberør ble gjort ved å benytte miljødata tilhørende kobberør. Utslipp knyttet til bend er lagt inn per stk i verktøyet. For å beregne utslipp knyttet til de ulike dimensjonene ble først volumet til dimensjon bend beregnet for å så multipliseres med materialets tetthet, dermed kunne utslipp per stk bli beregnet. Volum bend ble beregnet ved å benytte følgende formel

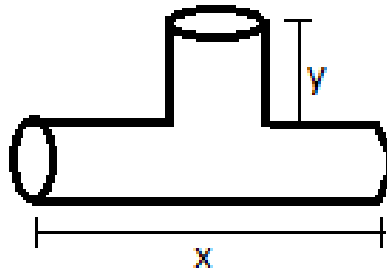
$$0,5t(\pi D)^2$$

t = tykkelse

D = dimensjon rør

Formelen ble utarbeidet ved å ta utgangspunkt i formelen til en torus, der det ble antatt at arealet av en 90° bend er 1/4 av en torus (legg inn kilde til math is fun her).

T-rør: For utslipp knyttet til T-rør ble prosedyre 2 benyttet. Utslipp til tilhørende rør er benyttet per m som er multiplisert med lengde x og y som vist i figur D.1. For å finne lengde x og y er det tatt utgangspunkt i dimensjonene gitt i produktdatabladet til et t-rør levert av Geberit [65]. All utslipp knyttet til t-rør er lagt inn som per stk i verktøyet.



Figur D.1: Illustrasjon av et T-rør og dets tilhørende lengder for grenene

314 - Armatur for sanitærinstallasjoner

Ventil: For ventiler er det benyttet prosedyre 3 for beregning av utslipp. Utslipet er lagt inn som per kg i verktøyet da miljødata gjelder for ulike ventiler på tvers av fag.

316 - Isolasjon av sanitærinstallasjoner

Cellegummi: Cellegummi er det som blir benyttet mest for å isolere kalde rør i følge både Glava og Rockwool. For beregningene av utslipp er prosedyre 1 blitt benyttet. Cellegummi er lagt inn som m^2 i verktøyet.

Rørskål: Rørskål blir benyttet til å isolere varme rør. For beregningene av utslipp er prosedyre 1 blitt benyttet. Skaleringsfaktor gitt i tilhørende EPD er benyttet for å beregne utslipp knyttet til ulike dimensjoner. Det er lagt inn rørskål fra både Glava og Rockwool der utslipp er lagt inn per m^2 og per m rør, henholdsvis. Rørskål fra Rockwool er lagt inn som per m rør da dette var deklart enhet i EPD.

32. Varme

322 - Ledningsnett for varmeinstallasjoner

Rør: Tabell D.2 viser hvilke prosedyrer som er benyttet for å beregne utslipp til de ulike rørtypene benyttet for sanitærinstallasjoner. All utslipp knyttet til rør er lagt inn per m i verktøyet. For å beregne utslipp for de ulike dimensjonene ble vekt og dimensjoner hentet fra datablad der dette var tilgjengelig, ellers ble standard dimensjoner “varmebok - om vannbåren varme” benyttet. **Bend:** Se metode benyttet i seksjon 312. Ledningsnett for sanitærinstallasjoner - Bend

Tabell D.2: Oversikt over prosedyrene som er benyttet for å beregne utslippet knyttet til rør for varmeinstallasjoner

Rørtype	Prosedyre
Alupex	Samme som beskrevet i 312. Ledningsnett for sanitærinstallasjoner
Stål	2

T-rør:Se metode benyttet i seksjon 312. Ledningsnett for sanitærinstallasjoner - T-rør

324. Armatur for varmeinstallasjoner

Ventil:For ventiler er det benyttet prosedyre 3 for beregning av utslipp. Utslippet er lagt inn som per kg i verktøyet da miljødata gjelder for ulike ventiler på tvers av fag.

325. Utstyr for varmeinstallasjoner

Varmepumpe: Det er lagt inn fire ulike varmpumper i verktøyet: luft/vann, vann/vann, luft/luft og grunnvarmpumpe. Det er benyttet prosedyre 3 for alle. I verktøyet er varmpumpene lagt inn som per stk.

326 - Isolasjon av varmeinstallasjoner

Cellegummi: Cellegummi er det som blir benyttet mest for å isolere kalde rør i følge både Glava og Rockwool. For beregningene av utslipp er prosedyre 1 blitt benyttet. Cellegummi er lagt inn som m^2 i verktøyet.

Rørskål: Rørskål blir benyttet til å isolere varme rør. For beregningene av utslipp er prosedyre 1 blitt benyttet. Skaleringsfaktor gitt i tilhørende EPD er benyttet for å beregne utslipp knyttet til ulike dimensjoner. Det er lagt inn rørskål fra både Glava og Rockwool der utslipp er lagt inn per m^2 og per m rør, henholdsvis. Rørskål fra Rockwool er lagt inn som per m rør da dette var deklart enhet i EPD.

33. Brann

332 - Installasjon for brannsløkking med sprinkler

Rør:Tabell D.3 viser hvilke prosedyrer som er benyttet for å beregne utslipp til de ulike rørtypene benyttet for sanitærinstallasjoner. All utslipp knyttet til rør er lagt inn per m i verktøyet. For å beregne utslipp for de ulike dimensjonene ble vekt og dimensjoner hentet fra datablad der dette var tilgjengelig, ellers ble standard dimensjoner "varmebok - om vannbåren varme" benyttet. **Bend:** Se metode benyttet i seksjon 312. Ledningsnett for sanitærinstallasjoner - Bend

T-rør:Se metode benyttet i seksjon 312. Ledningsnett for sanitærinstallasjoner - T-rør

Armatur: For armatur er det lagt inn ventil og sprinkelhode. Utslipp ble beregnet etter prosedyre 3 for begge komponenter. Utslippet knyttet til ventil er lagt inn som per kg og

Tabell D.3: Oversikt over prosedyrene som er benyttet for å beregne utslippet knyttet til rør benyttet i installasjoner for brannslukking med sprinkler

Rørtype	Prosedyre
Sorte stålrør	2
Aquatherm red pipe	1

sprinkelhode er lagt inn som per stk.

Isolasjon:

36. Luftbehandling

362 - Kanaler for luftbehandling

Sirkulære kanaler: Sirkulære kanaler er beregnet etter prosedyre 1. For å finne utslipp knyttet til hver dimensjon er produktdatablad benyttet henholdsvis fra Lindab og Venti-stål. I verktøyet er utslipp til kanaler lagt inn som per m.

Rektangulære kanaler: Rektangulære kanaler er beregnet etter prosedyre 1. I verktøyet er utslippet lagt inn per kg.

Sandwichelementer: Sandwichelementer er bygg-paneler med en isolasjonskjerne mellom to plater, ofte i stål. Disse elementene kan også benyttes i større ventilasjonsanlegg som kanaler, kammer eller sjakter. For beregningen av utslipp knyttet til sandwichelementene er det benyttet prosedyre 1. Utslippet er lagt inn som per m^2 plate. Verktøyet inkluderer en mellomberegning slik at løpemeter dimensjon som er ønskelig beregnes om til riktig enhet.

Bend, T-stikk og Reduksjoner: Utslipp knyttet til bend er beregnet etter prosedyre 2. For metode se seksjon 312. Ledningsnett for sanitærinstallasjoner - Bend, T-stikk og Reduksjoner er beregnet etter prosedyre 2. For å beregne utslipp til de ulike dimensjonene ble vekt hentet fra datablad for t-stikk levert av Lindab.

364 - Utstyr for luftfordeling

Ventiler - tilluft og avtrekk: For ventiler er prosedyre 1 benyttet. EPDen deklarerer utslipp for ventiler som kan benyttes til både tilluft og avtrekk. For å beregne utslipp knyttet til ulike dimensjoner og modeller er vekten deklarerert i EPDen benyttet. Ventiler er lagt inn per stk i verktøyet.

Lyddemper: Prosedyre 1 er benyttet for å beregne utslipp knyttet til lyddemper. For beregning av ulike dimensjoner ble produktdatabladet benyttet. Lyddempere er lagt inn per stk i verktøyet.

Komfortmodul: Prosedyre 1 er beregnet for å beregne utslipp knyttet til komfortmodul. For beregning av andre dimensjoner er tilhørende datablad benyttet.

Kjølebaffel: Prosedyre 3 er benyttet for å beregne utslippet knyttet til kjølebaffel.

CAV: Det er lagt inn fire ulike typer spjeld i verktøyet. Tabell D.4 viser hvilke prosedyrer som er benyttet til de ulike typene. Spjeldene er lagt inn per stk i verktøyet. Datablad tilhørende modellen deklarerert i EPDen er benyttet for å beregne utslipp til ulike dimensjoner. For CAV-spjeldet av stål er materialsammensetning og vekt hentet fra byggevaredeklarasjonen tilhørende IRIS spjeld levert av Trox Auranor. **Inntak og Avkast:** For

Tabell D.4: Oversikt over prosedyrene som er benyttet for å beregne utslippet knyttet til ulike spjeld

Spjeld	Prosedyre
Brannspjeld	1
VAV-spjeld	1
CAV-spjeld plast	1
CAV-spjeld stål	4

inntak og avkast er prosedyre 4 benyttet. Byggevaredeklarasjon for Jettsettene JTA-1 og JTA-2 levert av TROX Auranor er benyttet for bergingene av utslipp for Avkast. For Luftinntak er byggevaredeklarasjonen for takhattene KAI, ITK og AKH benyttet. Både jettette og takhatt er lagt inn per kg i verktøyet da vekt er avhengig av størrelse og luftmengde nødvendig.

365 - Utstyr for luftbehandling

Aggregat: For aggregat med roterende varmeveksler er prosedyre 1 blitt benyttet. For aggregat med plateveksler er prosedyre 3 benyttet. Begge type aggregat er lagt inn per kg i verktøyet.

Filter: Prosedyre 1 er benyttet for beregning av utslipp til filtre. Utslippet er lagt inn per stk i verktøyet.

366 - Isolasjon av installasjoner for luftbehandling

Cellegummi: Utslippet for cellegummi er beregnet etter prosedyre 1. Cellegummi er lagt inn som per m^2 i verktøyet.

Lamellmatte: Prosedyre 1 er benyttet for å beregne utslipp knyttet til lamellmatter. Skaleringsfaktoren oppgitt i EPD er benyttet for beregningen til ulike dimensjoner. Lamellmatter er lagt inn som per m^2 i verktøyet.

Brannisolasjon: Brannisolasjon er beregnet etter prosedyre 1. Skaleringsfaktoren oppgitt i EPD er benyttet for beregningen til ulike dimensjoner. Lamellmatter er lagt inn som per m^2 i verktøyet.

Lydisolasjon: Lydisolasjon er beregnet etter prosedyre 1. Skaleringsfaktoren oppgitt i EPD er benyttet for beregningen til ulike dimensjoner. Lamellmatter er lagt inn som per m^2 i verktøyet.

. 369. Annet utsyr for luftbehandling:

Aluminiums mantling: Aluminiums mantling benyttes som overflatebeskyttelse av isolerte kanaler mot ytre påkjenninger. For å beregne utslippet er prosedyre 4 benyttet.

37. Komfortkjøling

372 - Ledningsnett for komfortkjøling

Rør: For rør er det benyttet prosedyre 4 for å beregne utslippet. Dimensjoner er hentet fra "varmebok - xxx". Rør er lagt inn som per m i verktøyet

Bend: Det er benyttet prosedyre 4 for bend. For metode se seksjon 312. Ledningsnett for sanitærinstallasjoner - Bend.

T-rør: For T-rør er det benyttet prosedyre 4. For metode se seksjon 312. Ledningsnett for sanitærinstallasjoner - T-rør.

374. Armatur for varmeinstallasjoner

Ventil: For ventiler er det benyttet prosedyre 3 for beregning av utslipp. Utslippet er lagt inn som per kg i verktøyet da miljødata gjelder for ulike ventiler på tvers av fag.

376 - Isolasjon av installasjoner for komfortkjøling

Cellegummi: Cellegummi er det som blir benyttet mest for å isolere kalde rør i følge både Glava og Rockwool. For beregningene av utslipp er prosedyre 1 blitt benyttet. Cellegummi er lagt inn som m^2 i verktøyet.

Rørskål: Rørskål blir benyttet til å isolere varme rør. For beregningene av utslipp er prosedyre 1 blitt benyttet. Skaleringsfaktor gitt i tilhørende EPD er benyttet for å beregne utslipp knyttet til ulike dimensjoner. Det er lagt inn rørskål fra både Glava og Rockwool der utslipp er lagt inn per m^2 og per m rør, henholdsvis. Rørskål fra Rockwool er lagt inn som per m rør da dette var deklart enhet i EPD.

D.2 EPDer benyttet i verktøyet

D.3 Levetid

I henhold til NS 3720:2018 skal utslippet knyttet til objektets livsløp tilordnes modul B4 ved utskiftning av en komponent eller bygningsdel. For å finne utskiftningsfaktoren er følgende formel benyttet:

$$(Byggetslevetid/Bygningsdellevetid) - 1$$

Det er nødvendig å trekke fra 1 slik at utslipp knyttet til første installasjonen av bygningsdelen ikke blir inkludert.

Referanselevetid ble hentet fra EPDen der dette var tilgjengelig. I de tilfellene der levetid ikke var erklært i EPDen ble en antagelse om at produkter med lik funksjon har samme levetid. Denne gjaldt for blant annet ventilasjonskanaler fra Ventistål der det ble antatt lik levetid som ventilasjonskanaler fra Lindab. I de tilfellene der disse to scenarione ikke var mulige ble det tatt

Tabell D.5: Oversikt over EPDer benyttet i verktøyet

EPD nummer	Deklarert produkt	Benyttet for
EPD10069	PP-R rør	• PP-R rør
EPD-FMI-20210019-IBG1-EN	Mineralull	• Brannisolasjon (Glava)
EPD-KAI-20190093-IBC1-EN	Cellegummi - Kaiflex ST	• Cellegummi - Kaiflex ST (Glava)
EPD-KAI-20190180-IBC1-EN	Cellegummi - Kaiflex kkPlus s3	• Cellegummi - Kaiflex kkPlus s3 (Glava)
EPD-KAI-20200016-IBC1-EN	Cellegummi - Kaiflex kkPlus s2	• Cellegummi - Kaiflex kkPlus s2 (Glava)
EPD-PPA-20180075-CBG2-EN	Sandwich mineralullkjerne fra PPA-Europe	• Sandwich mineralullkjerne fra PPA-Europe
EPD-PPA-20180076-CBG2-EN	Sandwich polyurethane kjerne fra PPA-Europe	• Sandwich polyurethane kjerne fra PPA-Europe
EPD-SCA-20200193-IBA1-DE	Brannspjeld EI 90 sirkulær fra SCHAKO	• Brannspjeld EI 90 sirkulær fra SCHAKO
EPD-SCA-20210175-IBA1-DE	Brannspjeld EI 120 rektangulær fra SCHAKO	• Brannspjeld EI 120 rektangulær fra SCHAKO
EPD-WIE-20150210-IBE1-DE	Kobberrør	• Kobberrør • Pex-al-pex rør
EPD-WIL-20210233-ICA1-DE	Sirkulære VAV spjeld	• sirkulære VAV spjeld
EPD-WIL-20210234-ICA1-DE	Rektagulære VAV spjeld fra WB	• Rektagulære VAV spjeld fra WB
EPD-WIL-20210235-ICA1-DE	CAV spjeld i plast fra WB	• CAV spjeld i plast fra WB
EPD-WWB-20180132-ICC1-DE	Brannspjeld EI 120 sirkulær fra WB	• Brannspjeld EI 120 sirkulær fra WB
EPD-WWB-20180133-ICC1-DE	Brannspjeld EI 90 rektangulær fra WB	• Brannspjeld EI 90 rektangulær fra WB
GEB_EP_D_6178683915	PE rør	• PE rør
GEB_EP_D_6178687499	Silent PE rør	• Silent PE rør
GEB_EP_D_6178737163	Silent PP rør	• Silent PP rør

utgangspunkt i rapporten “Levetider i praksis - prinsipper og bruksområder” utgitt av Multi-consult eller “Levetider for vann- og avløpsrør i bygninger. Resultater fra feltstudier” utgitt av SINTEF [61] [62]. Fra disse to rapportene ble teknisk levetid hentet ut.

D BEREGNING AV UTSLIPP, EPD OG LEVETID

INIES_CVRQ20211109_105403	PEX rør	<ul style="list-style-type: none"> • PEX rør
INIES_DSPR20201130_194806	Spinkelhode	<ul style="list-style-type: none"> • Spinkelhode
INIES_ITUB20200303_102250	PVC rør	<ul style="list-style-type: none"> • PVC rør
NEPD-1696-683-NO	Glassull	<ul style="list-style-type: none"> • Lamellmatte (Glava) • Lydisolasjon (Glava)
NEPD-1815-769-EN	Rørskål	<ul style="list-style-type: none"> • Rørskål (Glava)
NEPD-1729-708-EN	Stålrør	<ul style="list-style-type: none"> • Stålrør
NEPD-1839-768-EN	Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> • Aluminiumsmatling • Avkast • Inntak
NEPD-2055-925-EN	Steinull benyttet som isolasjon for tekniske installasjoner (Rockwool)	<ul style="list-style-type: none"> • Rørskål • Brannisolasjon • Lamellmatte
NEPD-2144-971-NO	Spiro galvanisert kanal	<ul style="list-style-type: none"> • Spiro galvanisert kanal
NEPD-2145-971-NO	Rektangulær galvanisert kanal	<ul style="list-style-type: none"> • Rektangulær kanal • Avkast • Inntak • Bent, T-stikk og Reduksjoner for kanaler • CAV spjeld (IRIS)
NEPD-2147-970-EN	Ventil for ulike system	<ul style="list-style-type: none"> • Ventil for ulike system
NEPD-2523-1266-NO	Rustfrie og syrefaste varmvalsedeplater og coils	<ul style="list-style-type: none"> • Rustfriestålrør
NEPD-2989-1669-EN	Kanal galvanisert spirokanal	<ul style="list-style-type: none"> • Kanal galvanisert spirokanal
NEPD-3214-1852-EN	Sandwich mineralullkjerne fra Paroc	<ul style="list-style-type: none"> • Sandwich mineralullkjerne fra Paroc
NEPD-3290-1935-NO	Luftbehandlingsaggregat	<ul style="list-style-type: none"> • Luftbehandlingsaggregat
S-P-02014	Strøpejernrør	<ul style="list-style-type: none"> • Strøpejernsrør og tilhørende deler
S-P-02116	Posefilter	<ul style="list-style-type: none"> • Posefilter
S-P-03263	Lyddemper	<ul style="list-style-type: none"> • Lyddemper
S-P-03574	Komfortmodul	<ul style="list-style-type: none"> • Komfortmodul
S-P-03680	Takventil	<ul style="list-style-type: none"> • Tilluftsventil • Avtrekksventil
Datasett fra Okeobaudata	Luft-vann varmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Luft-vann varmepumpe
Datasett fra Okeobaudata	Vann-Vann varmepumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Vann-Vann varmepumpe

D BEREGNING AV UTSLIPP, EPD OG LEVETID

Komponent/ produkt	Levetid [år]	Kilde	Kommentar
Spirokanal - Lindab	50	EPD	
Spirokanal - Ventistål	50		Antar samme som "Spirokanal - Lindab"
Rektangulær kanal - Ventistål	50		Antar samme som "Spirokanal - Lindab"
Sandwich mineralullkjerne - Ventistål	45	EPD	
Sandwich polyurethanekjerne - Ventistål	45	EPD	
Sandwich Paroc	60	EPD	
Plenumsammer - Swegon	30	EPD	
Tilluftsentil og Avtrekksventil - Swegon	30	EPD	
Inntak og avkast	30		Antar samme som ventiler
Komfortmodul - Swegon	25	EPD	
Kjølebaffel - Generisk	25		Antar samme som "Kombibaffel - Swegon"
Lyddemper - Swegon	25	EPD	
Reguleringspjeld	20	EPD	
Brannspjeld	25	EPD	
Aggregat - Ventistål	30	Levetider i praksis - Multiconsult	
Aggregat - Generisk	30	Levetider i praksis - Multiconsult	
Filter	1	EPD	
: Cellegummi - Glava	50		Antar samme som de andre termsike isolasjonene (Lamellmatte)
: Lamellmatte - Glava	50	EPD	EPD sier "kan anta samme som bygget", da isolasjonen er for kanalnett antas samme levetid som kanaler
: Lamellmatte - Rockwool	50	EPD	EPD sier "kan anta samme som bygget", da isolasjonen er for kanalnett antas samme levetid som kanaler
: Brannisolasjon - Glava	50	EPD	EPD sier "kan anta samme som bygget", da isolasjonen er for kanalnett antas samme levetid som kanaler
: Brannisolasjon - Rockwool	50	EPD	EPD sier "kan anta samme som bygget", da isolasjonen er for kanalnett antas samme levetid som kanaler
Matling	50		Antar samme som kanal
PEX	50	EPD	
Kobber	50	SINTEF	
Pex-al-pex	50		Antar samme som PEX
PE silent	50		Antar samme som PEX
PP silent	50		Antar samme som PEX
Støpejern	70	EPD	
PE	50		Antar samme som PEX
Stål	50		Antar samme som alle andre rør
Rustfritt stål	40	SINTEF	
PVC rør	100	EPD	
PVC belagte kobberør	50		Antar samme som kobberør
PE belagt kobberør	50		Antar samme som kobberør
Aquatherm red pipe	50	EPD	
Rørskål - glave	60	EPD	
Rørskål - rockwool	60	EPD	
Cellegummi - Glava ventil	60		Antar samme som de andre termsike isolasjonene
Sprinkelhode	12	EPD	
Elektrisk varmepumpe vann/vann	30	EPD	
Elektrisk varmepumpe luft/vann	20	datasett	
Varmepumpe luft/luft	20	datasett	
Grunnvarmepumpe	15	Levetider i praksis - Multiconsult	
	20	varmepumpeinfo	

Figur D.2: Levetid benyttet som standardverdier i verktøyet

E OneClick LCA

Tabellen nedenfor viser hvilke parametere/informasjon som er gitt til OneClick LCA ved uthenting av miljødata. For “End of life calculation method” er det huket av for “Material-locked”. Dette er anbefalt for nybegynnere/ ikke eksperter i henhold til OneClick.

Tabell E.1: Inputs i OneClick

Bygningstype	Kontorbygg (endringer i bygningstype har ingen innvirkning på resultat)
Land der byggingen skal oppføres	Norge
BTA	1000 (endring i BTA har ingen innvirkning på resultatet)
Rammetype	Ikke bestemt/ ikke sikker
RIBA-fase/ AIA-fase	Kun komponent (ikke hel bygning)
Beregningsperiode	60 år (etter NS 3720:2018)
Prosjekttype	Kun evaluering av komponenter
Inkluderte deler	Tjenester
Brukstid for materialer	Teknisk levetid
Region for transportavstand	Norden
Lokaliseringsmetode	Deaktivert
End of Life calculation method	Material-locked