



KANDIDATNUMMER:

**109****OsloMet – storbyuniversitetet****Institutt for Bygg- og energiteknikk**

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

Telefon: 67 23 50 00

www.oslomet.no

# MASTEROPPGAVE

MASTEROPPGAVENS TITTEL	DATO: <b>30.06.2021</b>
<b>Miljøpåvirkning av et ventilasjonssystem på kontorbygning evaluert med LCA-program i tidlig prosjekteringsfase</b>	ANTALL SIDER: <b>53</b> ANTALL VEDLEGG: <b>5</b>
FORFATTER <b>Khiem André Nguyen</b>	VEILEDER: <b>Peter Schild</b>
UTFØRT I SAMMARBEID MED: <b>GK Inneklima AS</b>	EKSTERN VEILEDER: <b>Mads Mysen</b>

## SAMMENDRAG

Denne oppgaven er et forsøk på å finne løsninger på å effektivisere LCA-metoden for å forbedre miljøpåvirkning av et ventilasjonssystem hvor i dag er det altfor få norske EPDer for ventilasjon. Metoden for å oppnå dette er å gjøre LCA-beregninger ved å sammenligne to metoder av et kontorbygg. Disse to metodene er tradisjonell LCA-beregning ved bruk av Excel og BIM-beregningsverktøy One Click LCA. Når det sammenlignes metodene, gjøres det etter hva som er mulig å beregne i One Click LCA og EPDer for ventilasjon. På bakgrunn av denne sammenligningen vil det trekkes en konklusjon om BIM-verktøyet One Click LCA kan redusere miljøpåvirkning for ventilasjonssystem. Studiet diskuterer også bruken av andre BIM-verktøy som Autodesk Revit for mengdeuttak av materialer og komponenter for å muliggjøre integrering av BIM og LCA. Ved konklusjon er LCA-typene Screening LCA og Forenklete LCA kan utføres i forprosjekteringsfasen, hvor utviklingsnivåene LOD 300 er egnet for Screening LCA og LOD 350 er egnet for Forenklete LCA. I anbefalinger av PCR for ventilasjonskomponenter konkluderes at det er behov for å lage flere norske EPDer for ventilasjonssystemer. Generiske data i One Click LCA er ikke egnet for det omstendigheter for ventilasjons. Det er lite informasjon og dokumentasjon av antall mengde klimagassutslipp som gjør at utfallene gir stor usikkerhet i LCA-beregning for ventilasjon.

3 STIKKORD
<b>LCA</b>
<b>Ventilasjonssystem</b>
<b>EPD</b>



## Forord

Denne masteroppgaven er det endelige arbeid av ingeniørfaglige masterutdanningen *Energi og miljø i bygg* ved OsloMet-Storbyuniversitet (tidligere; Høgskole i Oslo og Akershus) og ble utført av **Khiem André Nguyen**. Jeg vil takke OsloMet for at de har fått muligheten til å bruke deres fasiliteter, enheter og programvarer for gjennomføring oppgaven. Jeg vil med ydmykende gi stor takk til min veileder **Peter Schild** og eksterne veileder **Mads Mysen** for viktige veiledninger og gode tilbakemeldinger og deres hjelp av eventuelle problemer av oppgaven. Å skrive masteroppgaven i COVID-19 pandemien har vært svært krevende utfordring for både det fysiske og psykiske helsen hvor dette har vært en av mine største utfordringer som student. Jeg vil med helhjertelig gi stor takk til min familie, venner og veiledere som gitt meg nok motivasjon og krefter til å fullføre studien i denne tøffe perioden.

Jeg vil også uttrykke stor takk til **GK Inneklima AS** for et kunnskapsrikt samarbeid hvor jeg har vært heldig å få lov til å skrive denne spennende og interessante oppgaven. Til slutt vil jeg også takke Eivind Selvig fra Civitas, Elizabeth Smith Kayleigh fra Erichsen og Horgen, Hanne Gro Korsvoll fra Statsbygg og Selamawit Mamo Fufa fra SINTEF som har svart på en par spørsmål angående om LCA og viktige avklaringer rundt klimagassberegninger, samt kommet med gode innspill til oppgaven.

Oslo, 30.06.2021



---

Khiem André Nguyen

## Sammendrag

For å sjekke om det er mulig å forbedre miljøpåvirkning av et ventilasjonssystem ble to forskjellige metoder sammenlignet ved å gjøre LCA-beregninger. Disse to metodene er tradisjonell LCA-beregning med Excel og BIM-beregningsverktøy One Click LCA. Disse to metodene er av seg selv ganske lignende når det gjelder beregninger. Miljøpåvirkning av ventilasjonssystem på bygninger er det lite dokumentert hvor i dag er det alt for få norske EPDer for ventilasjon, og behovet for å gjøre denne prosessen vil da bli mer ettertraktet som gjør bakgrunnen for denne oppgaven. I prosessen med å utføre LCA-beregning ble forskjellig programvare brukt. Hovedmålet er å diskutere metodene og trekke en konklusjon om hvor godt One Click LCA kan brukes til å redusere miljøpåvirkningen av et ventilasjonssystem. Måten å oppnå dette på er å utføre de forskjellige metodene på en kontorbygning i Trondheim fra prosjektet ZEN-case Ocean Space Center. Før det ble utført en LCA-beregning, ble Autodesk Revit og Solibri brukt for å ta ut materialmengder, komponenter og parametere av kontorbygningen. Mengdene og komponentene ble satt inn i Excel og One Click LCA for å kunne da beregne LCA. Generiske data og utarbeidede EPDer ble brukt i beregningene hvor disse var nødvendige data for å beregne klimagassutslipp.

Resultatene avdekket en forskjell i klimagassutslipp av karbon GWP for hver metode førte til en betydning på miljøpåvirkningen. Ved tradisjonell beregning ble utslippet av GWP en verdi på 18,74 kgCO<sub>2</sub>-eqv/m<sup>2</sup>. Bruk av One Click LCA estimerte henholdsvis en verdi på 23,3 kgCO<sub>2</sub>-eqv/m<sup>2</sup>. Grunnen til stor forskjellen skyldes ved usikre antagelser av forskjellige verdier og nøyaktigheten fra beregningene.

Konklusjonen er at type LCA som kan utføres er Screening LCA og Forenklede LCA i forprosjekteringsfasen, hvor utviklingsnivåene LOD 300 er egnet for Screening LCA og LOD 350 er egnet for Forenklede LCA. Fra informasjonene for anbefalinger i PCR av ventilasjonskomponenter, konkluderes med at det er behov for å lage flere norske EPDer for ventilasjonssystemer. Generiske data i One Click LCA er praktisk ikke egnet for de norske omstendigheter til et ventilasjonssystem. Det er lite informasjon av antall mengder klimagassutslipp for ventilasjon som gjør at verdiene gi stor usikkerhet. Beregningsverktøyet er fortsatt under i utvikling for ventilasjonssystem, men har store potensialer ved aktuell primærbruk for norske byggransjer.

## Abstract

To check whether it is possible to improve the environmental impact of a ventilation system, two different methods were compared by making LCA calculations. These two methods are traditional LCA calculation with Excel and BIM calculation tool One Click LCA. These two methods are in themselves quite similar when it comes to calculations. The environmental impact of the ventilation system on buildings is poorly documented, where today there are far too few Norwegian EPDs for ventilation, and the need to do this process will then be more sought after which makes the background for this task. In the process of performing LCA calculation, various software was used. The main goal is to discuss the methods and draw a conclusion about how well One Click LCA can reduce the environmental impact. The way to achieve this is to perform the different methods of an office building in Trondheim from the facility Ocean Space Center. By performing an LCA calculation, Autodesk Revit and Solibri were used to extract material volumes, components, and parameters of the office building. The quantities and components were entered into Excel and One Click LCA in order to then be able to calculate LCA. Generic data and prepared EPDs were used in the calculations where these were necessary data to calculate greenhouse gas emissions.

The results revealed a difference in greenhouse gas emissions of carbon GWP for each method that led to a significant impact on the environment. By traditional calculation, the emissions of GWP were a value of 18.74 kgCO<sub>2</sub>-eqv / m<sup>2</sup>. Use of One Click LCA estimated values of 23.3 kgCO<sub>2</sub>-eqv / m<sup>2</sup>, respectively. It is assumed that the difference is due to the use of different values and the accuracy of the calculations.

The conclusion is that the type of LCA that can be performed is Screening LCA and Simplified LCA in the pre-engineering phase, where the development levels LOD 300 are suitable for Screening LCA and LOD 350 is suitable for Simplified LCA. From the information for recommendations in PCR of ventilation components, it is concluded that there is a need to create more Norwegian EPDs for ventilation systems. Generic data in One Click LCA is practically not suitable for the Norwegian circumstances of a ventilation system. There is little information on the number of amounts of greenhouse gas emissions for ventilation, which means that the values give great uncertainty. The calculation tool is still under development for ventilation systems but has great potential for current primary use for Norwegian construction industries.

## Innholdsfortegnelse

Forord .....	i
Sammendrag .....	ii
Abstract .....	iii
Forkortelser .....	ix
1 Introduksjon .....	1
1.1 Formål.....	2
1.2 Problemstilling.....	2
2 Teori og Bakgrunn .....	3
2.1 LCA - Livssyklusanalyse.....	3
2.1.1 Standarder for LCA .....	3
2.1.2 Rammeverk .....	4
2.1.3 LCA i bygning.....	9
2.1.4 Typer av LCA.....	12
2.1.5 Database for LCA.....	14
2.2 EPD - Miljødeklarasjon (Environmental Product Declaration) .....	15
2.2.1 Utarbeide av EPD .....	17
2.2.2 Innhold i en EPD .....	21
2.3 BIM.....	22
2.3.1 IFC.....	22
2.3.2 LOD - Utviklingsnivå.....	22
2.4 Integrasjon av BIM sammen med LCA.....	24
2.5 BIM-verktøy for LCA .....	25
2.5.1 Bionova ltd - One Click LCA .....	25
3 Litteraturstudiet.....	26
3.1 Miljøpåvirkning av bygning .....	26
3.2 LCA i ventilasjonssystem.....	26
3.3 BIM og LCA integrasjon.....	28
3.4 Overblikk av litteraturanalysen .....	29

4	Metode .....	30
4.1	Litteraturstudiet .....	30
4.1.1	Spørreundersøkelse .....	30
4.2	Case bygning - ZEN Ocean Space Centre Fløy A.....	31
4.3	LCA-beregning: Hensikt og omfang .....	32
4.3.1	Begrensing og hindringer .....	33
4.4	Fremgangsmåte for beregning av LCA .....	34
4.5	Metode 1 – Tradisjonell beregning.....	34
4.5.1	Mengdeberegning for ventilasjonskomponenter .....	34
4.5.2	LCI - Livsløpsregnskap .....	40
4.5.3	LCIA – Vurdering av påvirkning .....	40
4.5.4	Tolkning .....	40
4.6	Metode 2 – Beregning i One Click LCA .....	41
4.6.1	Mengdeberegning .....	41
4.6.2	LCI – Livsløpsregnskap .....	44
4.6.3	LCIA – Vurdering av påvirkning .....	44
4.6.4	Tolkning .....	45
5	Resultat og diskusjon .....	46
5.1	Metode 1 – Tradisjonell beregning.....	46
5.1.1	Fordel .....	46
5.1.2	Ulempe .....	46
5.1.3	Usikkerhet .....	47
5.2	Metode 2 – One Click LCA.....	47
5.2.1	Fordel .....	47
5.2.2	Ulempe .....	48
5.2.3	Usikkerhet .....	48
5.3	Sammenligne metode 1 og metode 2.....	49
5.4	LOD i forhold til BIM-modellen .....	50
5.5	Enighet med litteraturstudiet .....	50

6	Konklusjon.....	51
6.1	Hva slags LCA er det mulig å utføre i forprosjekteringsfasen? .....	51
6.2	Er generiske dataene fra One Click LCA godt egnet til å praktisere for norske omstendigheter?.....	51
6.3	Hvor godt er merverdiene for PCR av ventilasjon for å kunne å lage flere norske EPDer?.....	51
6.4	Hvordan kan BIM-verktøyet One Click LCA i forprosjekteringsfasen være en løsning på å redusere miljøpåvirkning for ventilasjonssystem?.....	52
7	Videre arbeid.....	53
8	Referanser .....	54
	Vedlegg .....	61



## Figurliste

Figur 2-1: Faser i en LCA – kilde: (Standard-Norge, 2006) .....	4
Figur 2-2: Tolkningsfase av en LCA – kilde: (Standard-Norge, 2006).....	8
Figur 2-3: Flytdiagram som beskriver prosessen for å vurdere miljøprestasjon Kilde:(Standard-Norge, 2011a).....	9
Figur 2-4: Faser og moduler av et byggverk i løpet av sin levetid Kilde:(Standard-Norge, 2011a) .....	10
Figur 2-5: Livsløpfasen og systemgrense Kilde: (SINTEF, 2015a) .....	11
Figur 2-6: Tre forskjellige typer LCA etter formål og forventet bruk kilde: (SINTEF, 2015b) .....	14
Figur 2-7: Miljøpåvirkning fra en EPD (EPD-Norge, 2020a).....	16
Figur 2-8: Veileder ved utarbeidelse av miljødeklarasjonen. Kilde: (Grini & Fossdal, 2007).....	17
Figur 2-9: Level of development (LOD) Kilde:(Bedrick & Reinhardt, 2019) .....	24
Figur 4-1: 3D-ARK-modell fra Autodesk Revit.....	31
Figur 4-2: 3D-RIV-modell vist i Solibri.....	32
Figur 4-3: EPD sirkulær kanal (EPD-Norge, 2020a) .....	33
Figur 4-4: Autodesk Revit med One Click LCA-pluginn .....	41
Figur 4-5: Autodesk Revit med One Click LCA-pluginn steg 2.....	42
Figur 4-6: Sirkulære kanaler og bend One Click LCA.....	42
Figur 4-7: Rektangulære kanaler og bend One Click LCA .....	43
Figur 4-8: Tilluft- og avtrekkventiler One Click LCA .....	43
Figur 4-9: Inntak og Avkast One Click LCA .....	43
Figur 4-10: Spjeld One Click LCA .....	43
Figur 4-11: Lyddemper One Click LCA .....	43
Figur 4-12: Isolasjon One Click LCA .....	43
Figur 4-13: Luftbehandlingsenhet AHU One Click LCA .....	43
Figur 5-1: Blå representere One Click LCA og Grønn representere Excel.....	49

## Tabeller

Tabell 2-1: Forenklet eksempel av resultat av LCI .....	5
Tabell 2-2: Vurdering av påvirkning (Heijungs & Guinée, 2012) .....	6
Tabell 2-3: Impact categories available in the ReCiPe method Kilde: (Rivm.nl, 2018). .....	7
Tabell 2-4: Basert på anbefalinger fra (EeBGuide, 2012a), (JRC, 2010) og (Meex et al., 2018). .....	13
Tabell 2-5: Definisjon av LOD-nivåer (Architects, 2013; Bedrick & Reinhardt, 2019; Bueno & Fabricio, 2018) .....	23
Tabell 4-1: Brutto- og bruksareal av kontorbygningen .....	31
Tabell 4-2: Fremgangsmåte for beregning av LCA.....	34
Tabell 4-3: Sirkulære kanaler og bend .....	35
Tabell 4-4: Rektangulære kanaler og bend.....	36
Tabell 4-5: Tilluft- og avtrekkventiler.....	36
Tabell 4-6: Inntak og Avkast.....	37
Tabell 4-7: Spjeld .....	37
Tabell 4-8: Lyddemper.....	38
Tabell 4-9: Isolasjon.....	38
Tabell 4-10: Luftbehandlingsenhet AHU .....	39
Tabell 4-11: Brannspjeld .....	39
Tabell 5-1: Resultat ved beregning av metode 1 .....	46
Tabell 5-2: Resultat ved beregning av metode 2 .....	47

## Forkortelser

VVS – Ventilasjon, varme og sanitasjon

AHU – Air Handling Unit

BIM – Bygningsinformasjonsmodellering

IFC - Industry Foundation Classes

EPD – Miljødeklarasjon (Environmental Product Declaration)

PCR – Produktkategoriregel (Product Category Rules)

LCA - Life Cycle Assessment

LCI – Life Cycle Inventory

LCIA - Life cycle impact assessment

GWP – Global Warming Potential

ARK – Arkitekt

RIV – Rådgivende Ingeniør VVS

BTA - Bruttoareal

BRA – Bruksareal

LOD – Utviklingsnivå

ZEN – Zero Energy Neighborhood

# 1 Introduksjon

I dagens urbane samfunn bygges det ut flere store bygninger hvor mange av dem vil være krevende og avanserte. Stor økning av utbygging blir det mer etterspurt at bygningene må være bærekraftige og energibesparende, og ikke minst miljøvennlige. Byggbransjen står ovenfor i dag 40% av totalenergibruk og CO<sub>2</sub>-utslipp (Program, 2018). Denne andelen representerer for det meste energibruk i bygningsbruksfasen siden produksjon av byggematerialer som stål og betong anses å komme fra industribransjen. Disse produksjonsaktivitetene slipper ut betydelig mengde av klimagassutslipp og andre forurensende stoffer i miljøet. I vesteuropeiske land står ovenfor i dag 8-12% av byggematerialeproduksjon av det totale CO<sub>2</sub>-utslippet (Tettey et al., 2014). I tillegg må det også tas hensyn til transport av bygningsmaterialene og virksomheter knyttet til byggingen av selve bygningen hvor det må tilrettelegges av bygningers miljøytelse.

I og med at bygningens klimagassutslipp kommer stort sett fra av byggets energibruk og byggematerialer må vi også vi rette øynene mot klimagassutslipp fra tekniske installasjoner. I Norge er dette lite dokumentert og det finnes altfor få av norske EPDer for ventilasjonssystemer. Økning på forbedringer av nye teknologier vil øke kompleksiteten til produksjon av ventilasjonssystemer. Dette vil da kreve nye vurderinger av det økonomiske og bærekraftig gjennomføring til disse løsningene. I en bygning viser det seg at oppvarming, ventilasjon og sanitasjon (VVS) står for mest av energiforbruket hvor forbruket er på 50% av bygningens totale energi (Pérez-Lombard et al., 2008). Ventilasjonssystem er blitt et av de viktigste bygningsselementene i moderne bygninger (Chen & Eng, 2011). I nyere tid har antall installerte ventilasjonssystemer økt drastisk (Zabalza Bribián et al., 2009). Dette skyldes hovedsakelig en økning i etterspørselen etter standarder for inneklimate og forbedring av termisk komfort. Ved økt bevissthet rundt miljøproblemer har mange land foretatt strengere bygningsprotokoller og energikriterier (Sartori & Hestnes, 2007). For at dette skal foretas har det blitt utviklet standardiserte miljøvurderingsmetoder for å gi bygningsdesignere bedre forståelse og estimering av produktets livssykluspåvirkning (Prek, 2004).

For å finne ut hvor stor andel av miljøpåvirkning er det laget verktøy som livssyklusanalyse også kalt for livssyklusanalyse LCA. Livssyklusanalyse er brukt for å identifisere bygningsdeler med størst miljøbelastning. Bruk av LCA er et nyttig verktøy for å beregne og sammenligne studie av miljøpåvirkning til ulike materialer, bygningsdeler, komponenter eller et helt bygg. Per dags dato er LCA en av de ledende metodene for å legge til rette for mer miljøvennlige beslutninger i bygg.

## 1.1 Formål

Hovedmålet i denne studien er å se oversikt over type LCA-beregninger i omfanget av klimagassutslipp på ventilasjonssystemet i en forprosjekteringsfase, samt evaluere om PCR av ventilasjonskomponenter er likegyldig. I tillegg nå det se om det er behov å innføre flere norske miljødeklarasjon EPD som et virkemiddel for å redusere klimagassutslippene og bedre miljøegenskapene. Metoden som blir utført i studien er å se på hvordan bruk av Bionavas ltd. LCA-beregningsverktøy One Click LCA er i hensyn til ventilasjonssystem. Programmet er en BIM-verktøy som kan brukes for å gi et mer representativt resultat av miljøpåvirkningen for klimagassutslippene.

Bygningsinformasjonsmodell forkortelse BIM brukes til å hente ut informasjon om bygningens fysiske egenskaper og gi en oversikt av trinn og fordeling til komponentnivået i systeminnholdet. I denne studien ble det brukt BIM-verktøy som Autodesk Revit og Solibri for å studere kontorbygningens IFC-filer for å hente ut riktige mengder og parametere for å kunne beregne LCA.

Studien tar for seg LCA beregning av klimagassutslipp på et pågående prosjekt av kontorbygningen fra prosjektet ZEN-case Ocean Space Center i Trondheim.

## 1.2 Problemstilling

Opgavens mål er definert for å svare på følgende problemstilling:

Hvordan kan bruk av BIM-verktøyet One Click LCA i forprosjekteringsfasen være en løsning på å redusere miljøpåvirkning for ventilasjonssystem?

Tre delspørsmål er formulert for hjelpe med å tydeliggjøre den valgte problemstillingen:

- Hva slags LCA er det mulig å utføre i forprosjekteringsfasen?
- Er generiske dataene fra One Click LCA godt egnet til å praktisere for norske omstendigheter?
- Hvor godt er merverdiene for PCR av ventilasjon for å kunne å lage flere norske EPDer?

## 2 Teori og Bakgrunn

I dette kapitlet representerer bakgrunnen som utgjør det teoretiske rammeverket for oppgaven. Dette er grunnlaget for oppgavens resultater og diskusjon hvor hensikten er å vise informasjon, kunnskap og modeller som er relevante.

### 2.1 LCA - Livssyklusanalyse

LCA er altså en strukturert, omfattende og internasjonalt standardisert metode for å kvantifisere miljøpåvirkninger og ressursbruk og samtidig relatere helseeffekter som er knyttet til en vare eller tjeneste (JRC, 2010).

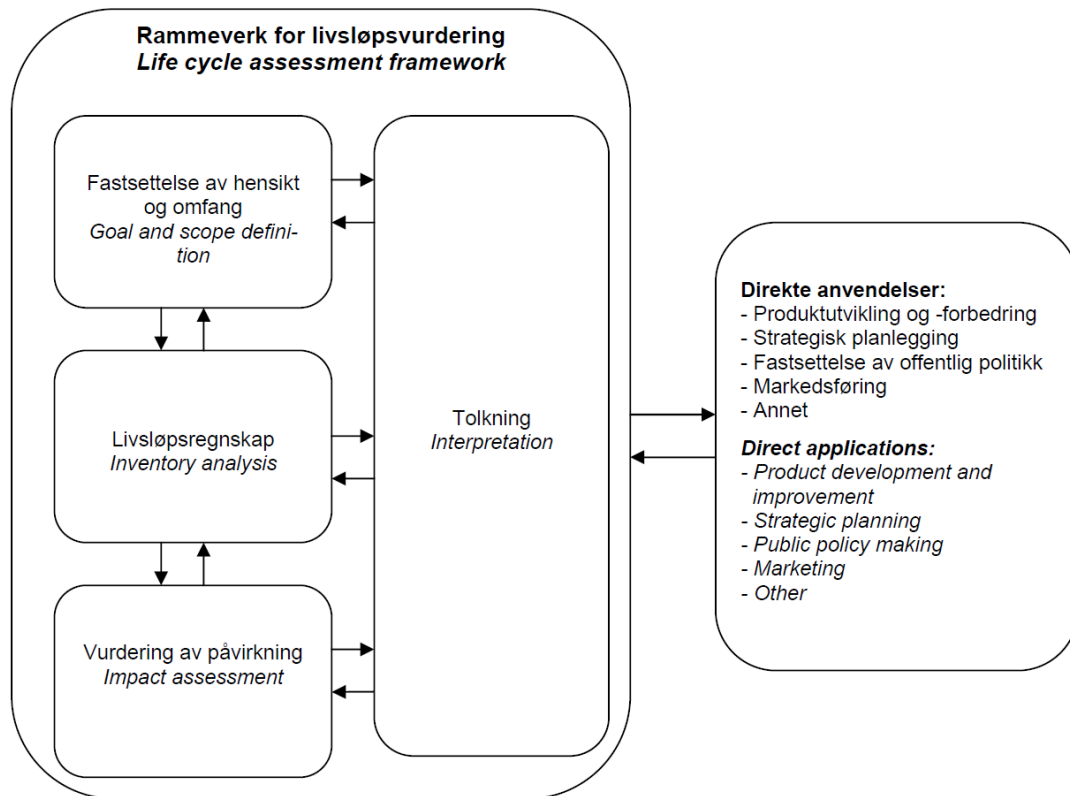
#### 2.1.1 Standarder for LCA

Livssyklusanalysens metode defineres i hensyn til standardene ISO 14040 og ISO 14044 (Standard-Norge, 2006a, 2006b). Standarden ISO 14044 beskriver kravene og retningslinjene for å utføre LCA. Begge ISO 14040 og ISO 14044 danner grunnlaget for andre standarder som blant annet ISO 14025 og ISO 21930. Disse to standardene representerer konseptene miljødeklarasjon (EPD) og produktkategoriregler (PCR). Standarden ISO 14025 - Miljødeklarasjon type III fastsetter prinsipp og spesifiserer prosedyrer hvor det utarbeider et program for miljødeklarasjon type III, hvor den gir kvantifisert miljødata ved hjelp av forhåndsbestemte parametere og andre miljøinformasjon (Standard-Norge, 2010b). ISO 21930 viser kravene, spesifikasjonene og prinsippene for å kunne utvikle en EPD for byggprodukter og tjenester (Standard-Norge, 2017b). I tillegg er NS-EN 15804 en standard som også oppgir grunnleggende PCR for byggevarer og gir en struktur for utforming av EPD for byggevarer.

NS 3720 er en norsk standard publisert i september 2018 hvor den omhandler metode for klimagassberegning for bygninger (Standard-Norge, 2018). Denne standarden er basert på NS-EN 15978 som gir en generell kalkuleringsregler for LCA av bygninger (Standard-Norge, 2011a), men NS 3720 har begrensinger til vurdering av klimagasser (Standard-Norge, 2018). I denne standarden drives det med to kvalitetsnivåer for LCA-data, hvor nivå 1 viser spesifikke data, mens nivå 2 viser generiske data. På nivå 1 skal datagrunnlaget vise reelle produktet/tjenester innenfor et gitt tidsrom. Det vil si at for at en EPD skal kunne tilfredsstill kvalitetsnivå 1, må datasettet verifiseres av en tredjepart ifølge NS-EN 15804 (Standard-Norge, 2019). Datasettet på nivå 2 er data som ikke tilfredsstiller kravet til datakvalitet på nivå 1 (Standard-Norge, 2018).

### 2.1.2 Rammeverk

I teorien innebærer det at metoden skal kunne spore og rapportere eller identifisere resurser i form av energi som utvinnes fra naturen og emisjoner som slippes ut i naturen for et valgt produkt eller prosess som skal vurderes (Standard-Norge, 2006a). Hvordan gjennomføringen av en LCA skal til er det fire punkter som danner rammeverket for metoden, vist under i [Figur 2-1](#).



Figur 2-1: Faser i en LCA – kilde: (Standard-Norge, 2006a)

#### **Punkt 1: Fastsettelse av hensikt og omfang**

I dette punktet defineres hensikten til LCA i tillegg til at systemgrensene og detaljnivå bestemmes. Systemgrensene identifiserer hvilken fase det er av livssyklusen og hvilke prosesser i disse fasene inkluderes i analysen. Vanligvis er det kun utvinning og produksjon som er viktig og ved enkelte forhold er det nødvendig å inkludere klimagassutslipp fra bruksfasen eller transport fra fabrikk. Funksjonelle enhet velges også i dette punktet. Målet med valg av funksjonelle enheter er for å undersøke systemet hvor det vil gi en referanse som inputs og outputs man kan knyttes til. Dette er for å muliggjøre sammenligninger av forskjellige systemer. Det er derfor viktig at definisjonen skal være presise og sammenlignbar slik at enheten kan brukes til referanse gjennom hele studien (Rønning & Brekke, 2014)

## **Punkt 2: Livsløpregnskap – LCI**

I punkt 2 samles data som er knyttet til input og output som for eksempel energi, materialer eller utslipp. Regnskapet omhandler å kvantifisere alle relevante material- og energistrømmer og emisjoner som går inn og ut av systemet eller prosessens livssyklus. I første steg er å samle data som kan gjøres ved måling, beregning eller estimering av følgende kategorier som defineres i henhold til ISO 14040. Hvis data hentes fra offentlige kilder, må det oppgis en referanse for kilden (Standard-Norge, 2006a). Miljødeklarasjon EPD er et godt eksempel som kan benyttes i et livsløpregnskap hvor dette utdypes videre i [kapittel 2.2](#)

Videre i andre steg skal det beregnes data hvor det bygges videre på det første der innsamlede data skal gjennom en beregningsprosedyre. Databeregningen som må inkluderes i hensyn til ISO 14040 som er:

- Validering av samlede data
- Relatering av data til enhetsprosesser
- Relatering av data til den funksjonelle enhetens referansestrøm

Resultatene av regnskapet bør ende opp med en liste over total inputs fra natur og total output til omgivelser. Livsløpregnskapet kan vises som en masse og energibalanse for systemet eller produktet i løpet av dens livssyklus. Et eksempel kan det visualiseres i en forenklet tabell på resultater ifra livsløpregnskap:

*Tabell 2-1: Forenklet eksempel av resultat av LCI*

		<b>Enhet</b>	<b>Mengde</b>
<b>Input</b>	Elektrisitet	[MJ]	-
<b>Output</b>	CO2	[kg]	-
	CH4	[kg]	-
	N2O	[kg]	-

## **Punkt 3: Vurdering av påvirkning**

Det tredje punktet inneholder effektiviteten av selve livsløpvurderingen, som også kalt for konsekvensanalysen (LCIA). I dette punktet vurderes miljøpåvirkningen fra inputene og outputene som er knyttet til systemet eller produktet. Utslipp og ressursstrømmer blir fordelt i analysen sånn at det gjøres klar for tolkning som er punkt 4.



Disse deles inn etter miljøpåvirkning og hvilke kategorier de faller under. En måte det gjøres på er å skjematiskere utslippene. I [Tabell 2-2](#) viser hvordan sorteringen kan gjøres.

Tabell 2-2: Vurdering av påvirkning (Heijungs & Guinée, 2012)

Impact Category	Midpoint Category Indicator	Endpoint Category Indicator
climate change	infra-red radiative forcing	loss of life years, fraction of disappeared species
ozone layer depletion	change in tropospheric ozone concentration	loss of life years
acidification	H <sup>+</sup> concentration	fraction of disappeared species
eutrophication	biomass potential	fraction of disappeared species
human toxicity (sometimes split into carcinogenics, non-carcinogenics, respiratory effects, etc.)	time-integrated exposure, corrected for hazard	loss of life years
eco-toxicity (sometimes split into aquatic toxicity, terrestrial toxicity, marine toxicity, etc.)	time-integrated exposure, corrected for hazard	fraction of disappeared species
depletion of energy carriers	primary energy requirement	decreased availability
depletion of material resources	amount of material used, corrected for availability and/or importance	decreased availability
land use impacts	amount of land occupied or transformed	fraction of disappeared species
water use impacts	amount of water used or displaced	decreased availability

Ulike effekterkategoriene kan presenteres med midtpunkt eller endepunkt. Midtpunktene er delt inn for å definere endepunktene. Både midtpunkt og endepunkt skal dekke tre områder, som vist over i [Tabell 2-2](#). Det finnes ulike varianter av metoder for de inkluderte antall effektkategorier som for eksempel ReCiPe. Kategorien som omtales mest er klimaendringer som identifiseres av det globale oppvarmingspotensial GWP. Den dominerende klimagassen som påvirker utslipp av drivhusgasser er karbondioksid CO<sub>2</sub>, hvor det benyttes CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (CO<sub>2</sub>eq) som indikator (Simonen, 2014). ReCiPe er en LCIA-metode som er utviklet av Radboud University RIVM, Norwegian University of Science and Technology NTNU og PRé Consultants. Denne metoden bruker både midtpunkt og endepunkt (Pré-sustainability.com, 2019). ReCiPe inkluderer et bredt utvalg av kategorier for midtpunkt og bruker slagmekanismer som har et mange utvalg over hele verden. Midtpunkt og endepunkt som brukes i ReCiPe er tilgjengelige innen tre forskjellige kulturelle perspektiver (Andersson & Listén, 2014).

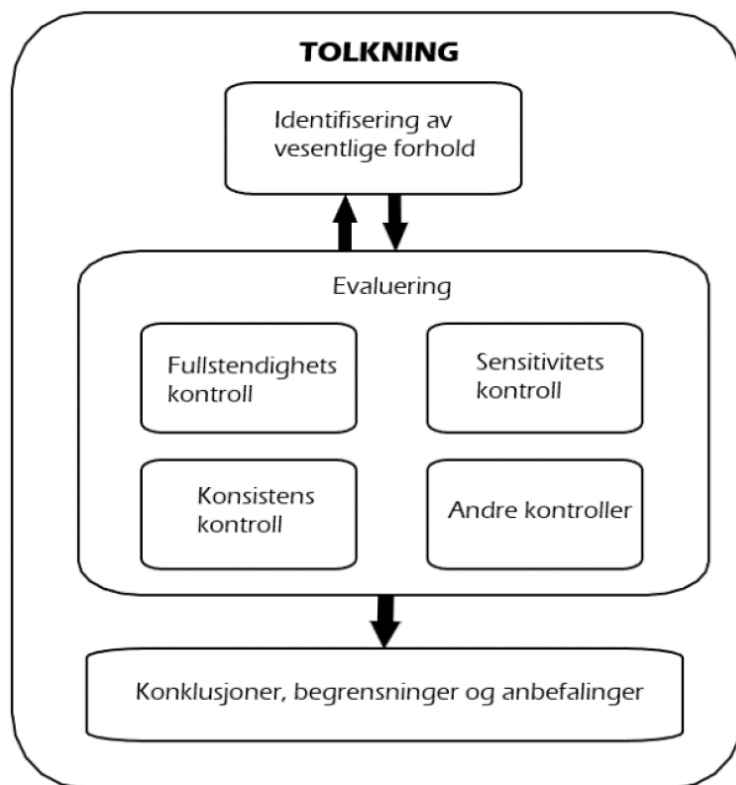
Hvert perspektiv representerer lignende antagelser og valg kategorisert sammen (Goedkoop et al., 2009). Det kan velges perspektiver som er i samsvar med den type studien som gjennomføres. I [Tabell 2-3](#) presenterer påvirkningskategorier:

Tabell 2-3: Impact categories available in the ReCiPe method Kilde: (Rivm.nl, 2018).

Type	Impact category	Unit
Midpoint	Global warming	kg CO <sub>2</sub> -eq
	Stratospheric ozone depletion	kg CFC11-eq
	Ionizing radiation	kBq C-60 eq
	Ozone formation, Human health	kg NO <sub>x</sub> -eq
	Fine particulate matter formation	kg PM <sub>2.5</sub> -eq
	Ozone formation, Terrestrial ecosystems	kg NO <sub>x</sub> -eq
	Terrestrial acidification	kg SO <sub>2</sub> -eq
	Freshwater eutrophication	kg P -eq
	Marine eutrophication	kg N-eq
	Terrestrial ecotoxicity	kg 1.4-DCB
	Freshwater ecotoxicity	kg 1.4-DCB
	Marine ecotoxicity	kg 1.4-DCB
	Human carcinogenic toxicity	kg 1.4-DCB
	Human non-carcinogenic toxicity	kg 1.4-DCB
	Land use	m <sup>2</sup> a crop-eq
	Mineral resource scarcity	kg Cu-eq
	Fossil resource scarcity	kg oil-eq
Water consumption	m <sup>3</sup>	
Endpoint	Damage to Human health	DALY
	Damage to ecosystem	species•yr
	Damage to resource availability	USD2013

#### **Punkt 4: Tolkning**

Det siste punktet i livssyklusanalyserammeverket skal det til slutt fremskape mål og presentere konklusjoner, samt sette av begrensinger og komme med anbefalinger til de rette målgruppene. Funnene fra punkt 2 og punkt 3 blir vurdert opp mot hverandre for å oppfylle hensikten av LCA. Tolkningen kan deles inn i tre faser, som er vist neste side i [Figur 2-2](#).



Figur 2-2: Tolkningsfase av en LCA – kilde: (Standard-Norge, 2006a)

I den første fasen er å identifisere avgjørende forhold hvor det innebærer å avgjøre om det er samsvar mellom bestemt hensikt og omfang av resultatene fra LCI (punkt 2) og LCIA (punkt 3). Neste fase er evaluering hvor hensikten er å danne grunnlag til resultatene av LCA studiet. I henhold til ISO 14044 skal evalueringen bestå av tre fremgangsmåter:

- Fullstendighetskontroll – Hvor det innebærer å kontrollere all relevant informasjon og data er fullstendig og tilgjengelig
- Sensitivitetskontroll – Hvor det innebærer å vurdere påliteligheten til resultatene ved å endre på forutsetningen eller valg for å kunne videre evaluere innvirkningen på sluttresultatene og konklusjonene
- Konsistenskontroll – Innebærer å kontrollere om det er samsvar mellom forutsetninger, valg av metode og innsamlet data imot studiets hensikt og omfang.

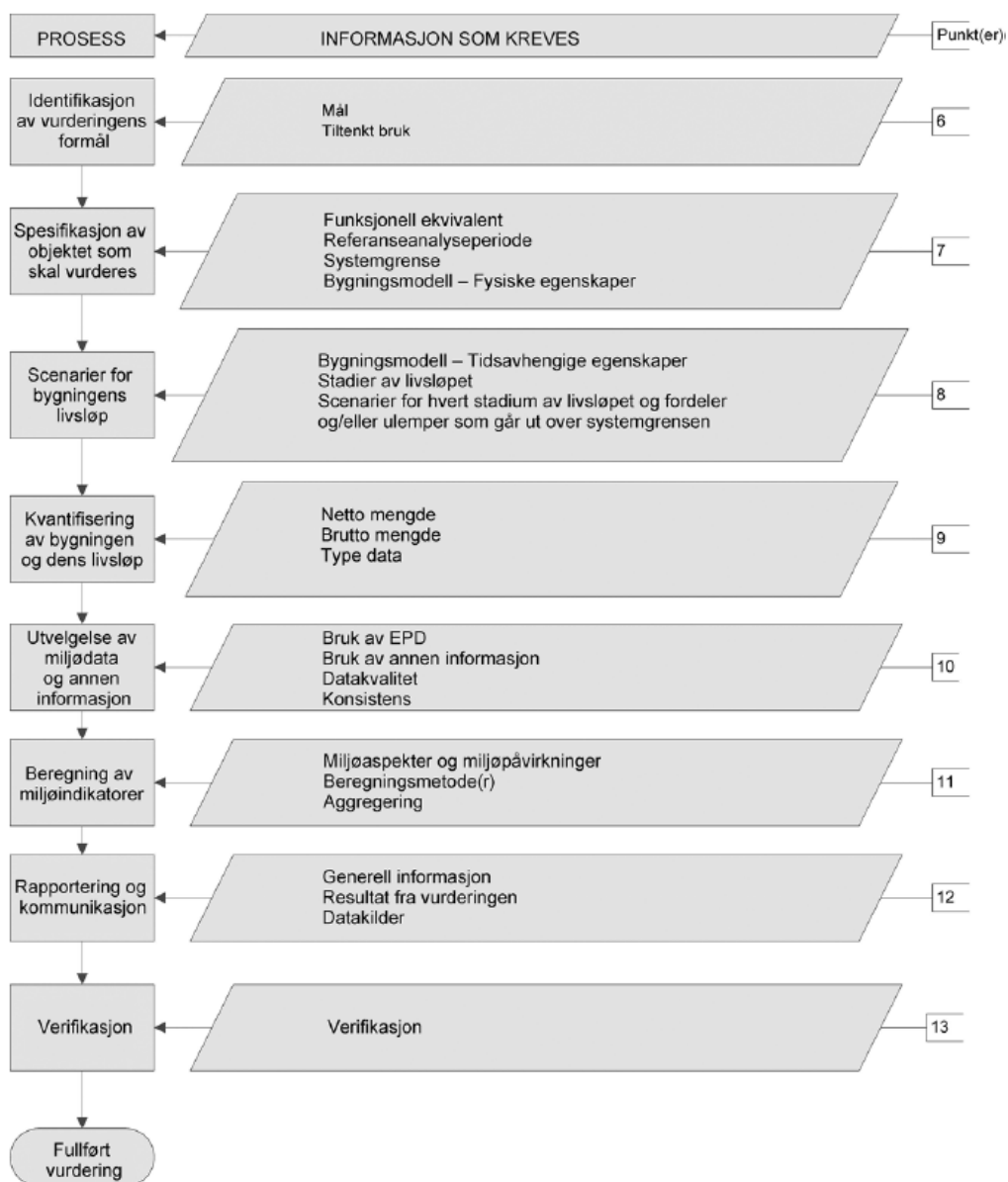
Til slutt i den siste fasen presenteres konklusjoner, begrensninger og anbefalinger. Det er viktig at resultatene fra LCA-vurdering skal bevises ved hjelp av en rapport der det skal være kompakt, oversiktlig og konsistent måte i samsvar med studiets hensikt og omfang (Standard-Norge, 2006b).

### 2.1.3 LCA i bygning

Standardene NS-EN 15643-1 og NS-EN 15643-2 fremstiller et rammeverk for miljøvurderinger av bygninger (Standard-Norge, 2010a, 2011b). De generelle målsettingene for vurdering av byggverk er beskrevet ved hjelp av to punkter:

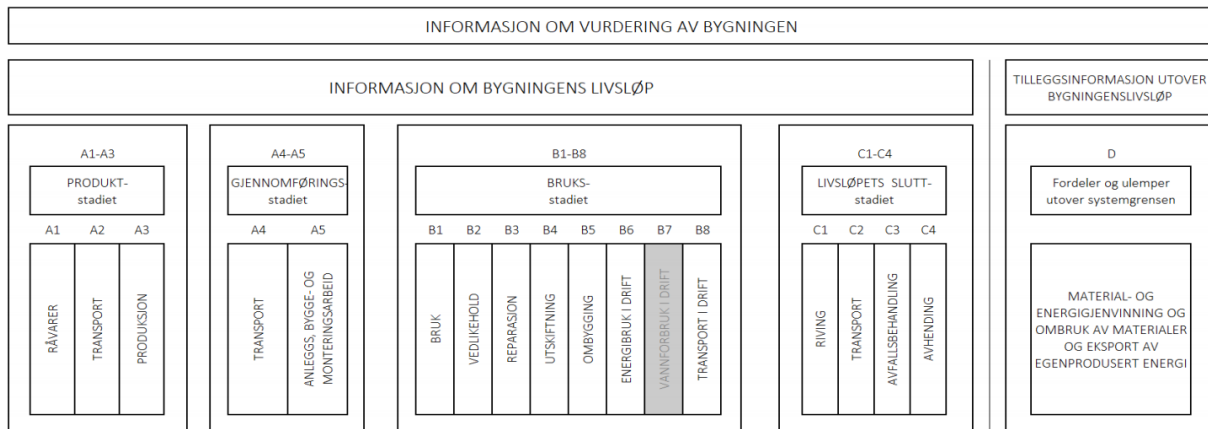
- Bestemme virkninger av aspekter ved bygninger og byggeplassen
- Gjøre det mulig for byggherren, prosjektereren og brukeren å ta valg og beslutninger som bidrar til å sette bygninger i et bærekraftperspektiv

For å kunne gjennomføre beregningene for å vurdere nødvendige miljøprestasjoner på bygning har det blitt laget et flytdiagram som beskriver prosessen, vist i [Figur 2-3](#):



Figur 2-3: Flytdiagram som beskriver prosessen for å vurdere miljøprestasjon Kilde:(Standard-Norge, 2011a)

Systemgrensen bestemmer prosessen som skal ta i hensyn til et objekt som skal vurderes. For et nybygg skal systemgrensen omfatte bygningens livsløp, mens for en eksisterende skal det omfatte alle stadier som representerer det som er igjen av levetiden og slutten på livsløpet av bygningen. I byggets levetid er det delt inn i fire faser som vist under i [Figur 2-3](#).



Figur 2-4: Faser og moduler av et byggverk i løpet av sin levetid Kilde:(Standard-Norge, 2011a)

### **Produksjonsfase og gjennomføringsfase (A1-A5):**

A1 utvinnes og bearbeides av råvarer. A2 transportere materialer og produkter frem til fabrikk. A3 blir produktet produsert i fabrikk. I A4 transporteres produktet til byggeplass. A5 blir produktet installert eller bygget.

### **Bruksfase (B1-B7):**

I bruksfasen dekker perioden fra det praktiske ferdigstilling av byggverk til tidspunktet bygningen skal rives. Bruksfasen omfatter bruk av byggevarer og tjenester for å kunne styre eller kontrollere, beskytte og bevare objektet som vurderes. B1 omfatter bruksforhold for bygningens komponenter. B2 omfatter vedlikehold hvor produksjon, transport av komponenter, prosesser og tekniske ytelser. B3 omfatter reparasjon for bygningskomponenter og komponenter. B4 omfatter utskiftning av bygningsmaterialer og bygningskomponenter. B5 omfatter av renovering av bygning. B6 omfatter energi som det tekniske systemet bygningen bruker når den er i drift. B7 omfatter alle bygningsintegreerte vannforbrukende prosesser i bygningen under drift.

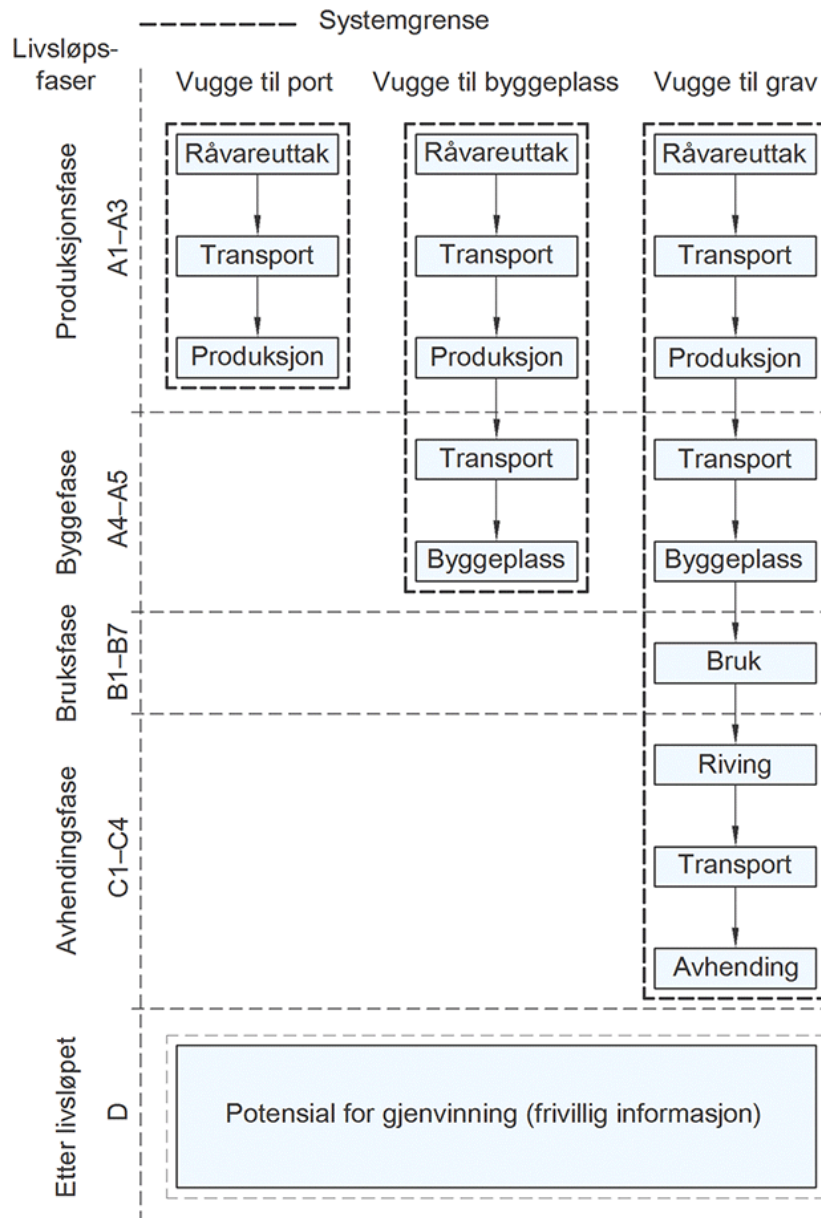
### **Slutfase (C1-C4):**

C1 omfatter avhendingsfasen hvor bygningen rives. C2 omfatter transport og avfallsbehandling som forbrenning eller deponering. C3 omfatter håndtering av avfall. C4 omfatter avhending av avfall hvor det inkluderer alle miljøbelastninger fra forberedelse til fase D.

### Etter endt levetid (D):

Denne fasen omfatter gjenbruk av komponenter hvor miljøbelastninger og utbytter i tilknytning med resirkulering av materialer eller energibesparende gjenvinning fra forbrenning av avfall er inkludert i fase D.

[Figur 2-5](#) viser en annen måte av systemgrensen hvor A1-A3 beskrives som «vugge til port», A1-A5 beskrives som «vugge til byggeplass og A1-C4 beskrives som «vugge til grav».



Figur 2-5: Livsløpfase og systemgrense Kilde: (SINTEF, 2015a)

#### 2.1.4 Typer av LCA

Overslagsberegning (Screening LCA) skal kunne gi en rask beregning av utslipp og påvirkning. EeBGuiden anbefaler å bruke overslagsberegningen på fasene A1-A3, B6 og B7. Det er også mulig å sammenligne overslagsberegningen med forenklete LCA (Simplified LCA) hvor det anbefales å inkludere samme fasene som i en forenklendeberegning, slik at grensene er like (EeBGuide, 2012a). Denne type LCA bruker hovedsakelig generiske data og i tillegg å fokusere på de som yter best i systemet. I en tidlig prosjekteringsfase kan det være nyttig for arkitekten eller de prosjekterende å gjennomføre en overslagsberegning.

Forenklet LCA (Simplified LCA) er mer detaljert fra overslagsberegning, men den kan også brukes til en rask vurdering av et produkt eller en bygning. Hovedfokus er å se på materialene med mest påvirkning og i tillegg fokuseres på vann- og energibruk (EeBGuide, 2012b). Ifølge EeBGuiden menes at forenklet LCA bør sammenlignes på et generelt nivå ved å teste ut ulike materialer. I konsekvensanalysen skal det inkluderes flere parametere enn ved overslagsberegning. Resultatene kan representeres både internt og eksternt, men behøves vurdering av en nøytral tredjepart før eksternt publikasjon (EeBGuide, 2012b).

Komplett LCA (Completed LCA) er anbefalt for byggeprosjekter som har avklart sine faser. Det må gjøres nøyaktige beregninger og omfattende systemgrenser til å utvikle en komplett LCA beregning. Denne type LCA baserer seg på fremgangsmåtene vist i ISO 14040 og 14044 hvor det tas for seg hele livsløpet og samtidig forsøker å få utslippene tilnærmet som mulig til 100%. Komplett LCA har strengere krav til dokumentasjon og som har også samme krav for kommunikasjon som ved forenklet LCA (EeBGuide, 2012c). Studier viser at det maksimale avviket er mellom 30% for overslagsberegning og 20% for Forenklet LCA (Meex et al., 2018).

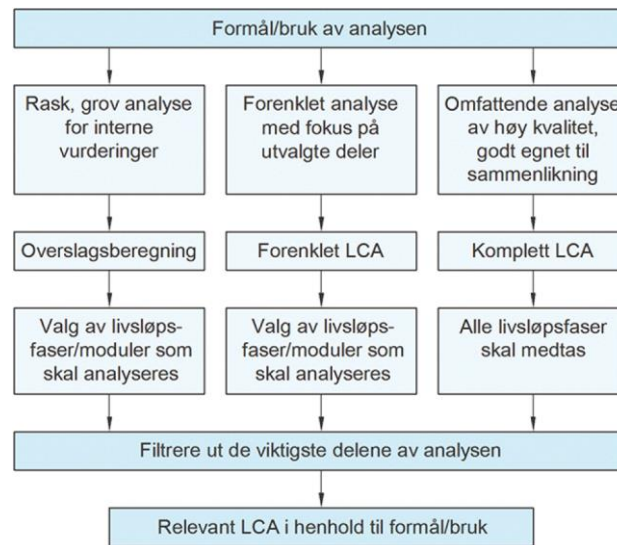
En mer utfyllende tabell fra med både Screening, Forenklet og Komplett LCA basert på anbefalinger fra EeBGuide kan ses på neste side i [Tabell 2-4](#):

Tabell 2-4: Basert på anbefalinger fra (EeBGuide, 2012a), (JRC, 2010) og (Meex et al., 2018).

	Screening	Forenklet	Komplett
<b>Systemgrenser</b>	A1-A3, B6 og B7. A1-A3 + B6. Hovedfokus på de komponentene som bidrar mest	A1-A3, B4, B6, B7, C3, C4 og valgfritt om D burde inkluderes. Fokus på komponentene som bidrar mest, samt energi- og vannbruk.	Alle faser, fra A1 til C4, i tillegg til D4 hvis relevant. Følge EN 15804 og EN 15978 for cut-off kriterier.
<b>Input</b>	Bruke generiske data for miljøpåvirkninger.	Bruke spesifikke data hvis tilgjengelig, eller generiske verdier eller EPD for materialer	Produktspesifikke data, som EPD
<b>Kalkulasjon</b>	Operativ energiberegning basert på ytelsesmål (statistiske data) og statistiske data for vannbruk	Operativ energiberegning basert på beregning av kvasi-stabil energi, bygningssimuleringer brukes for å beregne	Operativ energiberegning basert på beregning av kvasi-stabil energi, bygningssimuleringer brukes for å beregne
<b>Effektvurdering</b>	PENTR, (GWP og PERT hvis det er passende) and a single score indicator, endpoint if possible	GWP, EP, AP, ODP, POPC, ADP, PET, PENRT and a single score indicator, endpoint if possible	Alle relevante effektvurderingskategori er
<b>Resultat</b>	Dokumentasjon: <ul style="list-style-type: none"> <li>• definisjonen av mål og hensikt,</li> <li>• de inkluderte livssyklusfasene,</li> <li>• hovedinputs og materialer, i tillegg til prosesser for energi- og vannbruk.</li> <li>• Effektvurderingskategori</li> <li>• Effektvurderingsresultater og tolkning (konklusjoner)</li> <li>• Uttalelse om hvor konsekvente resultatene er</li> <li>• Resultater</li> </ul>	Dokumentasjon: <ul style="list-style-type: none"> <li>• definisjonen av mål og hensikt,</li> <li>• De inkluderte livssyklusfasene og en klar definisjon av systemgrensene</li> <li>• Inkluderte og ekskluderte inputs og materialer, i tillegg til prosesser for energi- og vannbruk.</li> <li>• Effektvurderingskategori (med berettigelse)</li> <li>• Avgrensninger</li> <li>• Effektvurderingsresultater og tolkning (konklusjoner)</li> <li>• Uttalelse om hvor konsekvente resultatene er</li> <li>• Resultater</li> <li>• Gjennomgangsuttalelse</li> </ul>	Dokumentasjon: <ul style="list-style-type: none"> <li>• definisjonen av mål og hensikt,</li> <li>• De inkluderte livssyklusfasene og en klar definisjon av systemgrensene</li> <li>• Inkluderte og ekskluderte inputs og materialer, i tillegg til prosesser for energi- og vannbruk. Med berettigelse (cut-off regler)</li> <li>• Effektvurderingskategori, (med berettigelse)</li> <li>• Hoved-antagelser og avgrensninger</li> <li>• Effektvurderingsresultat r, fordelt på livssyklusfase og modul</li> <li>• Uttalelse om hvor konsekvente resultatene er</li> <li>• Resultater</li> <li>• Gjennomgangsuttalelse</li> </ul>
	Kommunikasjon av resultater: bør bare være intern og en vurdering av resultatenes usikkerhet må inkluderes	Kommunikasjon av resultater: kan være intern eller eksternt. (uavhengig tredjeparts vurdering)	Kommunikasjon av resultater: kan være intern eller eksternt. (uavhengig tredjeparts vurdering)



Forholdet mellom forenklingene og fasene kan også oppsummeres og vises i [Figur 2-6](#).



Figur 2-6: Tre forskjellige typer LCA etter formål og forventet bruk kilde: (SINTEF, 2015b)

### 2.1.5 Database for LCA

LCA databaser gir livssyklusregnskap (LCI) basert på forskjellige kilder. Det er flere databaser som er tilgjengelig hvor det er alt fra distrikter til internasjonale databaser.

Ecoinvent er et eksempel på en database etablert av det sveitsiske *Swiss Center for Life Cycle Inventories* (Martínez-Rocamora et al., 2016). Databasen inneholder tusenvis av dokumenterte prosessdata for et bredt utvalg av produkter. Ecoinvent har konsistente databaser over livssyklusregnskap som er inkludert i LCA-beregningsverktøyer som One Click LCA, SimaPro og GaBi. Det gjennomgås grundig prosedyre som brukes på alle nye datasett for å sikre en høy datakvalitet i hele databasen (Ecoinvent, 2021). Alle data relatert til LCA er kompatible med standardene ISO 14040 og ISO 14044. Ecoinvent tilbyr også tre forskjellige systemmodeller: *Allocation at point of substitution (APOS)*, *Consequential* og *Cut-off* (Ecoinvent, 2021).

I følge Ecoinvent version 3.7.1 er APOS modellen basert på fordeling i forhold til en bestemt prosess etter tilvirkningsmetode. Cut-off metoden er basert på konseptet at produsenten er fullt ansvarlig for materialets avfallshåndtering og at de ikke får til goder for levering av resirkulerbare materialer (Ecoinvent, 2021). Dette betyr at resirkulerbare materialer ikke kommer med noen belastning. For sekundære resirkulerbare materialer tas imidlertid kun innvirkninger av resirkulering i betraktning. I den påfølgende systemmodellen blir konsekvensene av en endring i et system evaluert ved å bruke forskjellige forutsetninger (Ecoinvent, 2021). Dette kan brukes når du gjennomfører en oversiktsstudie og prognoser for fremtidige endringer. Teorien bak modelleringssystemene varierer i flere kjennetegn ved metoden som cut-off modellen er basert på.

## 2.2 EPD - Miljødeklarasjon (Environmental Product Declaration)

Miljødeklarasjon (EPD) er et dokument som oppsummerer miljøpåvirkning til en spesifikk komponent eller produkt. EPD har et hovedmål å bearbeide et miljømessig sammenligningsgrunnlag for produktet som utfører samme funksjon og samtidig fremme etterspørselen av produkter som vil redusere miljøbelastningen. Informasjonen i en EPD er en form for kommunikasjon mellom profesjonelle aktører som eksempel er at EPDer kan brukes som dokumentasjon for miljø av materialer eller produkter hvor det stilles spesifikke krav til et prosjekt. En miljødeklarasjon brukes også til å velge det mest miljøvennlige produktet ved som for eksempel innkjøp av material (EPD-Norge, 2021).

EPD følger standarden NS-EN ISO 14025:2010 – Miljødeklarasjon typer III. Mål og prinsipper for miljødeklarasjon type III er følgende beskrevet (Standard-Norge, 2010b):

### Mål:

- å framskaffe LCA-basert informasjon og ytterligere informasjon om miljøaspektene ved produkter
- å støtte innkjøpere og brukere i å sammenligne produkter
- å oppfordre til forbedring av miljøprestasjoner
- å framskaffe informasjon for å vurdere produktenes miljøpåvirkning gjennom deres livsløp

### Prinsipper:

- Forholdet til NS-EN ISO 14020: I tillegg til kravene i denne standarden gjelder prinsippene som er angitt i NS-EN ISO 14020. Der denne standarden gir mer spesifikke krav enn NS-EN ISO 14020, skal de spesifikke kravene gjelde.
- Frivillighet: Utarbeidelse og drift av program for miljødeklarasjoner type III og utarbeidelse og bruk av miljødeklarasjoner type III er frivillig. Denne standarden angir krav til en organisasjon som velger å utarbeide og drive et slikt program eller å utarbeide og bruke slike deklarasjoner.
- Livsløpgrunnlag: I utarbeidelsen av miljødeklarasjoner type III skal det tas hensyn til alle relevante miljøaspekter ved produktet gjennom dets livsløp, og de skal utgjøre deler av deklarasjonen. Dersom de aspekter som anses som relevante, ikke dekker alle stadier av livsløpet, skal dette nevnes og begrunnes. Data skal genereres ved bruk av prinsipper, rammeverk, metoder og praksis som er etablert i NS-EN ISO 14040-serien av standarder dvs. ISO 14040 og ISO 14044.

- Modularitet: LCA-baserte data for materialer, deler og andre elementer som blir brukt under framstilling eller sammenstilling av andre produkter kan brukes som bidrag til miljødeklarasjoner type III for disse andre produktene. I slike tilfeller skal de LCA-baserte data for materialer, deler og andre elementer henvises til informasjonsmoduler og de kan representere hele eller en del av livsløpet for disse materialene eller delene. Informasjonsmoduler kan brukes til å utarbeide en miljødeklarasjon type III, eller de kan kombineres i utarbeidelsen av en miljødeklarasjon type III for et produkt, under forutsetning av at informasjonsmodulene blir tilpasset i samsvar med PCR for produktkategorien. Dersom informasjonsmodulene som blir kombinert i utarbeidelsen av en miljødeklarasjon type III ikke dekker alle stadier av livsløpet for produktet, skal alle utelatelser nevnes og begrunnes i PCR-dokumentet.

Miljøpåvirkning									
Parameter	Unit	A1-A3	A4						
GWP	kg CO <sub>2</sub> -ekv	3,86E+00	1,30E-02						
ODP	kg CFC11-ekv	2,60E-07	2,34E-09						
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -ekv	2,17E-03	2,16E-06						
AP	kg SO <sub>2</sub> -ekv	3,95E-02	4,15E-05						
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ekv	8,47E-03	6,80E-06						
ADPM	kg Sb-ekv	4,34E-04	5,20E-08						
ADPE	MJ	4,18E+01	1,94E-01						

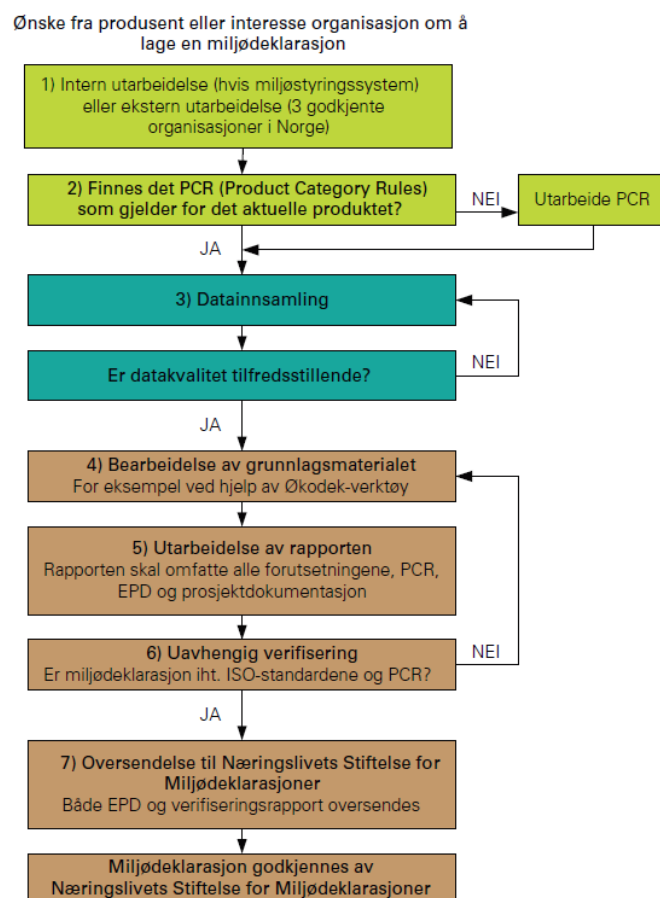
Figur 2-7: Miljøpåvirkning fra en EPD (EPD-Norge, 2020a)

- Medvirkning av berørte parter: Prosessen med å utarbeide miljømerker og miljødeklarasjoner bør inkludere en åpen konsultasjon med deltakelse fra berørte parter. En bør i rimelig grad bestrebe seg på å oppnå samtykke gjennom hele prosessen.
- Sammenlignbarhet: Miljødeklarasjoner type III har som hensikt å gjøre det mulig for en kjøper eller bruker å sammenligne miljøprestasjonen for et produkt gjennom livsløpet. Informasjonen som gis for denne sammenligningen, skal være åpne, slik at kjøperen eller brukeren kan forstå begrensningene for sammenlignbarhet i miljødeklarasjonene type III.
- Verifisering: Det skal utføres en uavhengig verifisering av:
  - PCR-gjennomgang, inklusive gjennomgang av LCA, LCI, informasjonsmoduler og ytterligere miljøinformasjon som PCR bygger på
  - uavhengig verifisering av LCA, LCI, informasjonsmoduler og ytterligere miljøinformasjon som deklarasjonen bygger på
  - uavhengig verifisering av miljødeklarasjonen type III

- Fleksibilitet: For at miljødeklarasjoner type III skal lykkes i å forbedre den miljømessige bevisstheten om produkter, er det viktig at disse deklarasjonene opprettholder sin tekniske troverdighet, samtidig som anvendelsen er fleksibel, praktisk og kostnadseffektiv.
- Åpenhet: For å sikre at en miljødeklarasjon type III kan forstås og tolkes korrekt av enhver som er interessert i informasjonen, skal programoperatøren sikre tilgang til:
  - generelle programinstruksjoner
  - en liste over alle offentliggjorte PCR-dokumenter innenfor programmet
  - PCR-dokumenter
  - forklarende materiell, som spesifisert i denne standarden

### 2.2.1 Utarbeide av EPD

I denne oppgaven vil det basere seg på miljøpåvirkninger på materialer av ventilasjonskomponenter. Det vil det være interessant å se på hvordan EPDer utarbeides i Norge. Et flytskjema nedenfor viser framgangsmåten ved å utarbeide en EPD for materialet, vist i [Figur 2-8](#).



Figur 2-8: Veileder ved utarbeidelse av miljødeklarasjonen. Kilde: (Grini & Fossdal, 2007)

## 1) Utarbeide EPD intern eller eksternt

Det finnes to alternativer på hvordan en EPD kan utarbeides. Før at det skal kunne utføres må det ha blitt avgjort at utarbeiding av en EPD for et produkt må tas stilling til hvordan utarbeidelsen skal gjennomføres. Ved å velge internt vil det si at organet ønsker å utarbeide en EPD som har et sertifisert miljøsystem (Standard-Norge, 2015a) og samtidig har intern kompetanse i LCA. Ved å velge eksternt vil det si at man velger EPD som allerede har blitt utarbeidet, som for eksempel EPD-Norge sin hjemmeside finnes det en oversikt over en rekke aktører som er godkjente EPDer.

## 2) PCR (Product Category Rules)

Produktkategoriregel (PCR) er en gjeldende rapport som vurderer et produkt før det kan være mulig å utarbeide en EPD. Om det ikke finnes en PCR, må dette utarbeides før videre arbeid kan fortsette. Trinnene som definerer hvilken PCR som skal kunne tilrettelegges for utarbeidelse av EPD har særlig en stor betydning siden dette ivaretar at EPDer blir utarbeidet på samme måte uavhengig hvem som utfører oppgaven. Produktkategoriregel er en rapport med retningslinjer og regler som gjelder for en spesifikk produktkategori. Rapporten viser hvordan en EPD skal utformes og angir mål og rammeverk for LCA metoden hvor det former resultater for EPDen. I NS-EN 15804 viser standarden grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer der den angir hvordan utarbeidelsen for PCR av byggevarer.

I en PCR skal det inneholde:

- Produktkategori definisjon: Setter rammer eller betingelser for hva et produkt må oppfylle for å kunne tilhøre en spesifikk produktkategori.
- Definisjon av hensikt og omfang for produktets LCA vurdering skal inkludere:
  - Funksjonell enhet
  - Deklarert enhet
  - Systemgrenser: I hensyn til til NS-EN 15804 er produktfasen (A1-A3) obligatorisk å inkludere i alle EPDer. Resten av modulene i livsløpet er valgfritt å deklare.
  - Kriterier for ekskludering av inn- og utstrømmer
  - Beskrivelse av valg og krav til data: Data skal være så oppdatert og nåværende som mulig.
  - Enheter: SI enheter skal anvendes.

- «Inventar» analyse:
  - Samling av data: Datasamling skal gjøres i samsvar med retningslinjene som definert i hensyn til ISO 14044
  - Beregnings prosedyre
  - Allokering av inngangsstrømmer og utgangsemisjoner
- Miljøpåvirkningskategori
- Ytterlige miljøinformasjon

### **3) Datainnsamling**

EPD er en rapport av en LCA. For å kunne danne en rapport må livsløpsegenskapet (LCI) inkluderes. Tidligere nevnes det at i en LCI må det samles nødvendige data av produktet som for eksempel behandling av råvarene, produksjon av produktet, energi og transport og emballasjer som er brukt. Når det samles av data er det viktig å skille det mellom to typer, generiske og spesifikke data. Generisk data blir hentet ut via databaser som for eksempel fra Ecoinvent eller forskningsartikler, mens spesifikke data blir hentet og opplyst ifra leverandør eller underleverandør (Grini & Fossdal, 2007).

### **4) Bearbeidelse av grunnlagsmaterialet**

I dette punktet skal resultatene fra LCA-beregningen vises hvor dette utgjør EPD som skal legges ut.

### **5) Rapport**

Det er viktig å rapportere utarbeidelsen av en EPD hvor alle dokumenter som har blitt brukt gjennom prosjektet skal det samles inn og framstille det i rapporten. I denne rapporten skal det inneholde:

- En beskrivelse av forutsetninger, kalkulasjonsverktøy og arbeidsmetode
- Referanse til hvilken PCR som er anvendt
- Selve miljødeklarasjonen
- Prosjektdokumentasjon, kopi av innsamlet data
- Verifiseringsrapport

## 6) Uavhengig verifisering

I dette punktet skal man se på hvordan det stilles krav om at EPD skal ha en uavhengig verifisering. Hensikten med å verifisere er å sikre seg at en EPD blir utarbeidet i hensyn til standarder og produktkategoriregler. Det finnes tre type verifiseringer:

- Intern uavhengig verifisering: EPDen lages av produsenten og verifiseres samtidig. Dette innebærer at bedriften har et sertifisert miljøstyringssystem for å ha mulighet til å verifisere. Denne typen EPD skal kun brukes som kommunikasjon mellom bedrifter og ikke for forbruker.
- Ekstern uavhengig verifisering: EPDen kan lages internt eller av en ekstern virksomhet. Verifiseringen må da gjøres eksternt av en godkjent verifiser.
- Tredje parts verifisering: I denne verifiseringen er EPDen for kommunikasjon mellom bedrift til forbruker. Hvis i tilfeller der kommunikasjonen er mellom bedrifter vil denne typen verifisering være frivillig.

## 7) Sende EPD over til Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner

Når EPDen er utarbeidet og verifisert så blir den sendt videre til Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner hvor den blir godkjent ved underskrift og blir offentligjort.

### 2.2.2 Innhold i en EPD

I et innhold av en EPD skal det være vist krav og retningslinjer i ISO 14020 (Standard-Norge, 2001). Miljøpåstander i en EPD blir anbefalt å overholde kravene i ISO 14021. Standarden ISO 14021 sier at kun oppdatert tilgjengelig miljøpåstander og dokumenterte fakta kan brukes (Standard-Norge, 2016). Punkter i ett EPD dokument skal inkludere:

#### **Generellinformasjon om EPD-en:**

Nummer, godkjennings- og gyldighetsdato, miljødeklarasjonstype, navn på hvem har utarbeidet dokumentet og på hvem som har verifisert det, henvisning til hvilken PCR som ligger til grunn og underskrift ifra Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner.

#### **Informasjon om produsent eller interesseorganisasjon:**

Det skal oppgis og fremvises navn, logo, adresse, kontaktperson, organisasjonsnummer og eventuelt opplysninger om produsentens miljøstyringssystemer.

#### **Informasjon om produktet:**

Produktbeskrivelse, produktspesifikasjon, antatt levetid, årstall for studien, markedsområde, funksjonell eller deklart enhet.

#### **Systemgrenser:**

Hvilke moduler og faser som er inkludert i vurderingen.

#### **Ressursforbruk:**

Vannforbruk, materialressurser som fornybar og ikke fornybar, primærenergi brukt som råmateriale, sekundære materialer, sekundære brennstoffer, avfall og gjenvinningspotensiale etter endt levetid.

#### **Miljøpåvirkninger:**

Utslipp til omgivelser for de ulike livsløpsmodulene.

#### **Kjemikalier i produktet:**

Dette er tilleggsinformasjon som er frivillig å opplyse om i norske EPD-er.

#### **Inneklimapåvirkning og utlekking til jord og vann:**

Dette skal fremstilles i rapport hvis det er etterspørsel av dette i tilhørende PCR.



## 2.3 BIM

En bygningsinformasjonsmodell forkortelse BIM er et kraftig verktøy for å gi tredimensjonale representasjoner av bygninger og bygningskomponenter. BIM brukes i arkitektur- og ingeniørfeltet for å fremstille bygningen før den ble bygget. Individuelle bygningsgjenstander som dører, vinduer, ventilasjonskomponenter, data fra dimensjoner, material og kostnad lagres i BIM-databaser. BIM-programvare som Autodesk Revit eller AutoCAD gjør at det er mulig å kommunisere med andre programmer og eksportere dataene for å utføre kostnads-, energi- eller miljøvurderinger.

### 2.3.1 IFC

Industry Foundation Classes forkortelse IFC er et filformat som er et fellesspråk mellom forskjellige BIM-verktøy. Norske myndigheter krever at byggbransjen skal standardisere implementering av IFC som et standard filformat og standardisering av komponenttyper og klasser. Dette har nylig blitt gjort gjennom implementeringen av Standard Norge NS 8360: 2015 - BIM objekter (Standard-Norge, 2015b) hvor det anbefaler IFC som en standard for byggbransjen. Selv om det ikke er noe obligatorisk standardformat for øyeblikket, kan standardisering av BIM vise seg å gjøre miljøvurdering av bygninger i det tidlige designfasen enklere og mer presis løsning.

### 2.3.2 LOD - Utviklingsnivå

Level of development (LOD), på norsk utviklingsnivå er et teoretisk konsept som basere seg på modellutvikling. Utviklingsnivå inkluderer krav til detaljnivå og informasjonsnivå i modellelementer (Mordue et al., 2015). Detaljeringsnivå refererer til hvor mye grafiske detaljer modellelementet eller objektet har og informasjonsnivå refererer til alle typer informasjon unntatt grafiske detaljer (Mordue et al., 2015). Informasjonen kan for eksempel være tetthet av material, pris, farge, funksjon, effektbehov eller belegg for et modellelement.

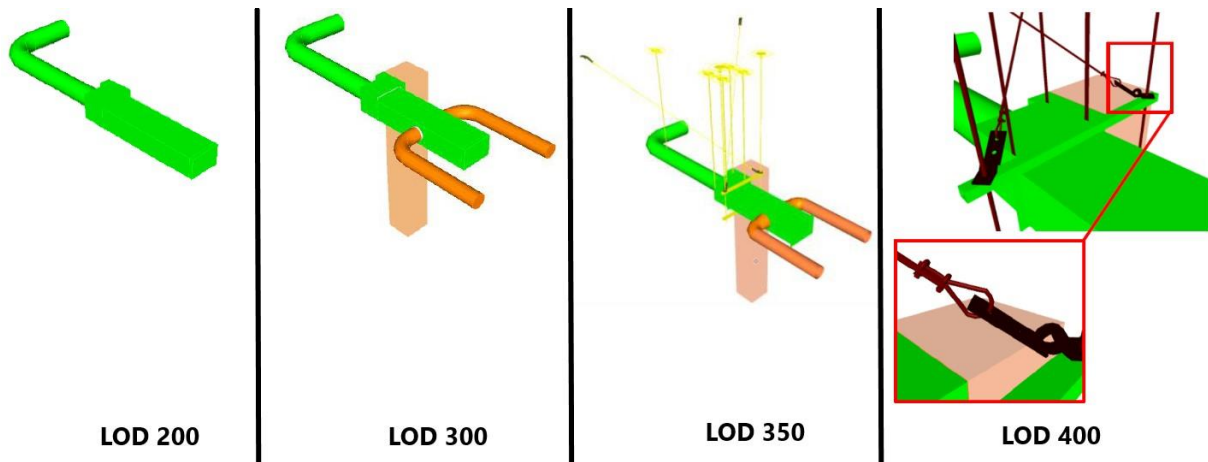
For å sikre at det unngås misforståelser og forvirring mellom byggherre, arkitekter og ingeniører er det laget definisjoner for forskjellige utviklingsnivåer for modellelementer i BIM. Ved å referere til disse definisjonene vet alle involverte parter omtrent hvor avansert den virtuelle modellen de samarbeider. I USA har AIA (American Institute of Architects) definert de forskjellige utviklingsnivåene i dokumentet E203 hvor det inneholder de minste dimensjonale, romlige, kvantitative, kvalitative og andre dataene som inngår i et modellelement for å støtte bruk samlede data for LOD (Architects, 2013).

AIA refererer til seks LOD-nivåer som går fra konseptbeskrivelse til spesifikke detaljer og informasjon. I følge artikkelen (Bueno & Fabricio, 2018) kan Screening LCA brukes ved de laveste LOD-nivåene for å identifisere de objektene som har størst påvirkning. Forenklete LCA brukes når dataene er mer fastsatte detaljer. Det antydes at beregning av miljøpåvirkning i tidligfase kan brukes som et utgangspunkt for å bedre miljøvennlige materialvalg. I utviklingsnivået LOD 300 er nivået vurdert i stor grad som egnet til Screening LCA og Forenklete LCA. Artikkelen mener videre at Forenklet LCA kan benyttes ved utviklingsnivå LOD 400, hvis det er for eksempel blitt kjent at det vil bli gjort endringer fra LOD 400 til LOD 500 eller om den som utfører LCA-beregningen ikke er erfaren nok til å utføre en Komplet LCA (Bueno & Fabricio, 2018). Disse er vist i [Tabell 2-5](#).

Tabell 2-5: Definisjon av LOD-nivåer (Architects, 2013; Bedrick & Reinhardt, 2019; Bueno & Fabricio, 2018)

<b>LOD</b>	<b>Definisjon</b>	<b>Type LCA</b>
<b>100</b>	Modellelementet kan være grafisk representert i modellen med et symbol eller annen generisk representasjon. Informasjon relatert til modellelementet (dvs. kostnad per kvadratmeter, tonn av ventilasjon osv.) Kan være avledet fra andre modellelementer.	Screening LCA Forenklet LCA
<b>200</b>	Modellelementet er grafisk representert i modellen som et generisk system, objekt eller samling med omtrentlige mengder, størrelse, form, plassering og orientering. Ikke-grafisk informasjon kan også legges til modellelementet.	Screening LCA Forenklet LCA
<b>300</b>	Modellelementet er grafisk representert i modellen som et spesifikt system, objekt eller samling når det gjelder mengde, størrelse, form, plassering og orientering.	Screening LCA Forenklet LCA
<b>350</b>	Modellelementet er grafisk representert i modellen som et spesifikt system, objekt eller samling når det gjelder mengde, størrelse, form, plassering, orientering og grensesnitt med andre bygningssystemer.	Screening LCA Forenklet LCA
<b>400</b>	Modellelementet er grafisk representert i modellen som et spesifikt system, objekt eller montering når det gjelder størrelse, form, plassering, mengde og orientering med detaljering, fabrikkasjon, montering og installasjonsinformasjon.	Screening LCA Forenklet LCA Komplett LCA
<b>500</b>	Modellelementet er en feltbekreftet representasjon når det gjelder størrelse, form, plassering, antall og retning.	Komplett LCA

I [Figur 2-9](#) under vises en grafisk presentasjon av en tilluftskanal ved de ulike utviklingsnivåer. Dette er generelt forklart over i [Tabell 2-5](#). LOD 500 er ikke vist i figuren siden nivået vil være tilnærmet lik LOD 400.



Figur 2-9: Level of development (LOD) Kilde:(Bedrick & Reinhardt, 2019)

## 2.4 Integrasjon av BIM sammen med LCA

Å integrere BIM sammen med LCA er en ny metode som brukes til å forenkle prosessen med å lage livssyklusregnskap. Metoden har blitt et standardverktøy for å bygge LCI i flere byggefirmaer som bruker BIM (Kiamili et al., 2020). LCA som er laget av BIM-data brukes vanligvis til dokumentasjon av bærekraft. Det vil si at BIM-basert LCA kan beskrives som bruk av mengdeoverføring fra en BIM-modell som brukes til å bygge en livssyklusregnskap.

Antall programmer som kan brukes til å lage LCI-baserte av BIM-modeller er veldig omfattende. I artikkelen (Bueno & Fabricio, 2018) har det laget en oppdatert liste over LCA-verktøy som har noen grad av integrasjon med BIM. De utvalgte LCA-programmene ble valgt i henhold til tilgjengelighet, dekning og innsats for å adoptere LCA-baserte beslutninger i de tidlige designfaser (Bueno & Fabricio, 2018). Sammenlignet av resultatene fra en komplett LCA-beregning hvor der har blitt brukt en BIM-LCA plug-in kalt Tally hvor funnene av resultatene ikke ble konsistente (Bueno & Fabricio, 2018). De fant også ut forskjeller i påvirkningskategorier. De hevdet at den mest sannsynlige grunnen er forenklinger i Tally for å gjøre det nyttig for brukere som er uerfaren med LCA.

## 2.5 BIM-verktøy for LCA

Det finnes mange BIM-programmer som beregner klimagassutslipp for bygninger. Eksempler for beregningsverktøy er One Click LCA, ISY Calcus CO2, ByggLCA. Det kan også brukes generelle LCA verktøy eller databaser som for eksempel Ecoinvent, Simapro og Gabi. De fleste er bygget opp etter LCA-standarder NS EN 15978 og i Norge NS 3720.

### 2.5.1 Bionova ltd - One Click LCA

Bionova ltd. er en finsk bedrift som utvikler programvaren One Click LCA. Dette er et beregningsverktøy som brukes til LCA-analyser. One Click LCA er veldig brukbar i forhold til andre ulike typer LCI-databaser. I beregningsverktøyet analyserer og kommuniserer konsekvenser av klimagassutslipp ved planlegging og prosjektering av bygg. Resultatene som beregnes gir indikasjoner på hvilket valg som øker eller reduserer klimagassutslippet av prosjektet innenfor ulike moduler og totalt. Ved å utfylle modulene kan dette bli uttrykkes som prosjektets klimagassfotavtrykk og klimaeffektivitet. Det er også mulig å beregne kostnaden og sette det opp i en kalkyle for å kunne estimere kostnadseffektiviteten og for ulike klimatiltak. One Click LCA følger den norske standard NS 3720 for klimagassberegning (OneClickLCA, 2021).

#### **Formål:**

I følge Bionova ltd. skal beregningsverktøyet bidra til å redusere klimagassutslipp som er bundet med byggeprosessen gjennom bygningens levetid. Hvis man skal ha best mulig kontroll på klimagassutslipp i et prosjekt anbefaler Bionova å foreta klimagassberegning flere ganger gjennom et byggeprosjekt. Det er fordi de aktuelle tiltak og løsninger vil kunne variere fra lokaliseringvalg gjennom detaljprosjektering ferdigstilles (OneClickLCA, 2021).

### 3 Litteraturstudiet

Å gjøre en litteraturstudiet viser grunnlag for diskusjon og betraktes som mer enn bare en oppsummering av tidligere utførte forskninger (Blumberg et al., 2011). Det er hensiktsmessig å gjøre en metodisk litteraturstudie. Det gjør at man får mulighet til å drøfte tidligere litteratur og forskninger overalt i verden. Litteraturstudiene er basert på resultater og metoder fra tidligere forskning for hvordan ventilasjonssystem har stor miljøpåvirkning i bygninger. I tillegg er det sett på hvordan dette kan kombineres med BIM hvor det er vurdert å undersøke om kombinerer av for eksempel BIM-verktøy One Click LCA kan redusere miljøpåvirkning av ventilasjonssystem.

#### 3.1 Miljøpåvirkning av bygning

I utviklede land er byggesektoren skyldig for stor prosentandel av den totale miljøpåvirkningen (Cabeza et al., 2014). Prosentandelen for byggkonstruksjon og drift globalt er 40% forbruk av råmaterial, 40% av det totale energiforbruket og 13% av det totale vannforbruket (Burgan & Sansom, 2006). Bygningens miljøpåvirkning gjennom hele livssyklusen vil da være lik eller mer enn det som er knyttet til driftsfasen (Khasreen et al., 2009). Dette kan i tilfelle være spesielt i nybygde bygninger hvor det har lavere driftsenergi og bruker mer materialer slik at bygningens energibruk kan få større betydning (Ramírez-Villegas et al., 2019). Dette er grunne til økning i bruk av materialer til isolasjon og bygningstjenester (Sartori & Hestnes, 2007). En studie som ble utført på en nullutslippskontorbygning viste det seg at materialets totale energiforbruk utgjorde 66% av den totale energien og ble tatt i betraktning av bygningens levetid på 60 år (Dokka et al., 2013). Dette er på grunn av bruk av fornybarenergi som resulterte et lavere utslipp i driftsfasen. Studie (Monahan & Powell, 2011) analyserte CO<sub>2</sub>-utslipp og energibruk av moderne konstruksjonsmetoder og fant ut at ved valg av mer miljøvennlige materialer og konstruksjonsmetoder kan det redusere miljøpåvirkningen i boligbygninger betydelig.

#### 3.2 LCA i ventilasjonssystem

Livssyklusen til et ventilasjonssystem kan utgjøre en stor prosentandel av den totale miljøpåvirkningen av det primære energibehovet til en bygning. I en studie utført av (Scheuer et al., 2003) ble det evaluert LCA for en seksetasjes bygning i USA med en levetid på 75 år. Det ble tatt i betraktning bygningens struktur, interiør og utførelser sammen med et VVS-anlegg. I tillegg var det betraktning av systemgrensen inkludert produksjon og transport av byggematerialene samt bygging og riving av bygningen.

Det primære av energiintensiteten i bygningens livssyklus ble anslått til 316 GJ / m<sup>2</sup>. Av dette var det rundt 94% av den estimerte primæreenergibruk forbundet med ventilasjon og strømbruk. En studie utført av (de Klijn-Chevalerias & Javed, 2017) ble det vurdert miljøpåvirkning av forskjellige byggematerialer ved hjelp av «Dutch method». Det ble vist i resultatene at miljøpåvirkninger og energibruk fra ventilasjonssystemet utgjorde omtrent 20-25% av den totale uregistrerte kostnaden. Dette er da en indikasjon på at ventilasjonssystemer gir stort utfall til bygningens uregistrerte total kostnad.

Miljøpåvirkningen til en bygning eller et system kan variere med hver livssyklusfase. Det lokale klimaet og diverse av primæreenergikilder i en studie kan som regel ha direkte påvirkning på de miljømessige konsekvenser forbundet med spesifikk livssyklusfase av en bygning eller et system. I en annen studiet gjort av (Wallhagen et al., 2011) ble det evaluert bruk av LCA for et kontorbygg i Sverige. Det viste seg at resultatene i driftsfasen ikke bidro like mye med tanke på klimagassutslipp. Dette skyldtes bruk av fjernvarme i Sverige som hovedsakelig er basert på fornybarenergi. Dette legger betydelig vekt på miljøpåvirkninger som oppstår fra andre livssyklusfaser i bygningen. En annen studie ble det analysert miljøpåvirkningen av en ny-moderne kontorbygning i Finland med en levetid på 50 år (Junnila & Horvath, 2003) Resultatene viser det at påvirkning av hovedsakelig relasjon til produksjon av byggevarer og strømforbruk. Elektrisitet som brukes til drift av bygning, produksjon og vedlikehold av stål, betong og maling viser seg å ha størst påvirkning.

Det er et betydelig stor potensial for å senke det primære energibehovet til et ventilasjonssystem gjennom bruk av resirkulerte materialer. Siden stål er et av hovedmaterialene i ventilasjonssystemer er det viktig å bemerke seg at bruk av resirkulert stål kan være en mulig løsning til bedre effekten og redusere klimagassutslipp. En studie gjort av (Kofoworola & Gheewala, 2009) som vurderte LCA for kontorbygg i Thailand viste at produksjon av stål og betong sammen med strømforbruket av ventilasjon og belysning har en betydelig påvirkning på bygningens livssyklus. Konklusjonen ble at bruk av resirkulerte materialer kan redusere bygningens totale miljøpåvirkning. I studie (Bribian et al., 2009) ble det funnet at bruk av resirkulerte materialer som stål og aluminium kan redusere den energiforbruk opp til 50%. I en annen studie (Thormark, 2002) vurderte potensial av resirkulering på det energiforbruk og energibehovet i lavenergibygging hvor rundt 40% av den energiforbruk kan gjenvinnes gjennom resirkulering.

### 3.3 BIM og LCA integrasjon

I en forskningslitteratur inneholder det flere studier der BIM-basert LCA ble utført i bygningsdesignfasen (Soust-Verdaguer et al., 2017). Ingen av disse har oppnådd full automatisering for beregninger eller informasjonsoverføring mellom programmer, men noen studier har automatisert deler av informasjonsutvekslingen. Studiene er begrenset til forenklede LCA-beregninger. Ingen studier med komplett vugge-til-vugge-omfang er identifisert i litteraturen forskninger og i tillegg er blitt ekskludert studier ikke anses å inneholde tilstrekkelige vitenskapelige standarder til å tilfredsstillere i denne oppgaven. I artikkelen (Basbagill et al., 2013) utviklet en proof-of-concept parameterisert optimaliseringsmetode basert på BIM-aktiverte LCA-resultater. Muligheten for å implementere denne spesifikke metoden i praksis har ikke blitt bekreftet av nyere forskning selv om optimalisering fremmes av mange som den hellige gralen for optimalisering av bærekraft (Ghaffarianhoseini et al., 2017; Kreiner et al., 2015; Wallhagen et al., 2011; Welle et al., 2011; Zabalza Bribián et al., 2009).

LCA kan brukes som beslutningsstøtte under prosjekteringsfasen av bygninger. En prosess som er mindre arbeidskrevende hvis livssyklusdata kan fås fra en BIM-modell (Meex et al., 2018; Soust-Verdaguer et al., 2017). En av de største forskjellene mellom en LCA i en tidlig prosjektfase og en ferdigbygd bygning er hvor tungt modellert BIM-modellen er. Forskjellen i LOD fører til en forskjell i usikkerhet hvor lavere LOD gir høyere usikkerhet. Dette fører til et dilemma, fordi tilgjengeligheten og sikkerheten til data er lav i prosjekteringsfasen når beslutningsstøtte fra LCA har størst innvirkning.

I følge artikkelen (Bueno & Fabricio, 2018) kan Screening LCA brukes ved de laveste LOD-nivåene for å identifisere de objektene som har størst påvirkning. Forenklede LCA brukes når dataene er mer fastsatte detaljer. Det antydes at miljøpåvirkninger i tidligfase kan brukes som et utgangspunkt for mer miljøvennlige materialvalg. LOD 300 er utviklingsnivået hvor det i størst grad er vurdert at Screening og Forenklede LCA kan brukes. Artikkelen mener videre at Forenklet LCA kan benyttes ved LOD 400, dersom det eksempelvis er kjent at det vil bli gjort endringer fra LOD 400 til LOD 500 eller hvis den som utfører LCA ikke er erfaren nok til å utføre en Komplet LCA.

### 3.4 Overblikk av litteraturanalysen

Mange studier har fokusert på driftsfasen av ventilasjonssystemet. Tidligere studier har det vist at ventilasjonssystemer kan føre til at en bygning har høy miljøbelastning, hvor spesielt i produksjonsfasen. Ut ifra flertallet av litteraturanalytikere er de også enige om at miljøpåvirkningen av et ventilasjonssystem er sterkt avhengig av primære energikilder og det lokale klimaet. Artikkelen (Wallhagen et al., 2011) viste at når energien som brukes i driftsfasen er basert på fornybarenergi kan andre livssyklusfaser ha en mer betydelig miljøpåvirkning. Videre fokuserte de fleste studiene på LCA av ventilasjonssystemer som hovedsakelig på karbonfotavtrykk (CO<sub>2</sub>) og energiforbruk. Selv om dette er viktige indikatorer er det også behov for å utforske andre indikatorer som forsurening og fotokjemisk oksidasjon osv. spesielt når man ser på materialer som stål og kobber. Det er også viktig å understreke fra tidligere studier at å bruke sekundære materialer der det er miljøpåvirkning av et system. Potensielt kan bruk av resirkulerte materialer istedenfor vil redusere klimagassutslipp som en løsning.

Når man velger et modelleringsystem for en LCA-studie vil man se påvirkning av den metodiske tilnærmingen og datavalg av livssyklusbeholdningen og konsekvensanalysen av måldefinisjonen (Finnveden et al., 2009). Som nevnt i artikkelen av (Curran, 2013) er følgende LCA teoretisk komplisert da det omfatter økonomiske begreper som er basert på tidligere trender i priser og forbruk. Dette vil medføre en ekstra risiko for usikre forutsetninger som kan ha en drastisk effekt på resultatene. Det er derfor avgjørende å sikre at det sannsynlige analysen bak resultatene er oppnådd. Imidlertid er det utfordrende å spesifisere hvilke tilnærming som er mest forskriftsmessig hvor det er avhengig av studiens omfang og forskerens synspunkt.

En av de største forskjellene mellom en LCA i en tidlig prosjektfase og en ferdigbygd bygning er hvor tungt modellert BIM-modellen er. Artiklene viser at forskjellen i LOD fører til en forskjell i usikkerhet hvor lavere LOD gir høyere usikkerhet.



## 4 Metode

De underkapitlene som blir avdekket vil beskrive metoden som har blitt brukt for gjennomføring av studies ulike arbeidsprosesser.

### 4.1 Litteraturstudiet

I denne studien har det blitt utført litteraturstudiet til å forebygge nødvendige kompetanser og oversikt over tidligere studier, vist fra [kapittel 3](#). Forskingsartikler og fagfelleverderte tidsskrifter fra søkemotorene Google Scholar og Oria blir studert, i tillegg blir EPD-Norge og One Click LCA sine anvisninger på internett for det meste benyttet. Nettsidene til Standard Norge og direktoratet for byggkvalitet (dibk) blir studert for å få viktige informasjon om gjelde krav bland annet til klimagassutslipp.

#### 4.1.1 Spørreundersøkelse

For å sette studie mer rettet mot problemstillingene om miljøpåvirkning på ventilasjonssystem, har det blitt gjort undersøkelse hvor det ble utført spørreundersøkelse for å få innsikt fra ekspertene om dette temaet. Dette ble gjort for å forstå hvordan LCA utføres i byggebransjen og hva de anser som viktige i beregning og modelleringsfasen. Spørreundersøkelsen ble sendt til bedrifter via e-post. Totalt ble fem selskaper kontaktet og opprettet med person med erfaring og ekspertise.

De fleste av spørsmålene som ble stilt, gjaldt hvordan de har tatt hensyn til miljødeklarasjon av ventilasjonssystem og mangel for norsk EPD for tekniske installasjoner i Norge. Alle var enige om at det har vær lite dokumentasjon i dette fagfeltet. Etter hvert som bygninger blir mer komplekse, vil det være behov for et bedre fundament for å validere løsninger. Bedriftene ble også spurt om hva som gjør LCA beregningen vanskelig. Det ble svart at vanlig praksis fram til i dag har vært at tekniske installasjoner ikke tas med i omfanget siden det ikke finnes godt nok datagrunnlag.

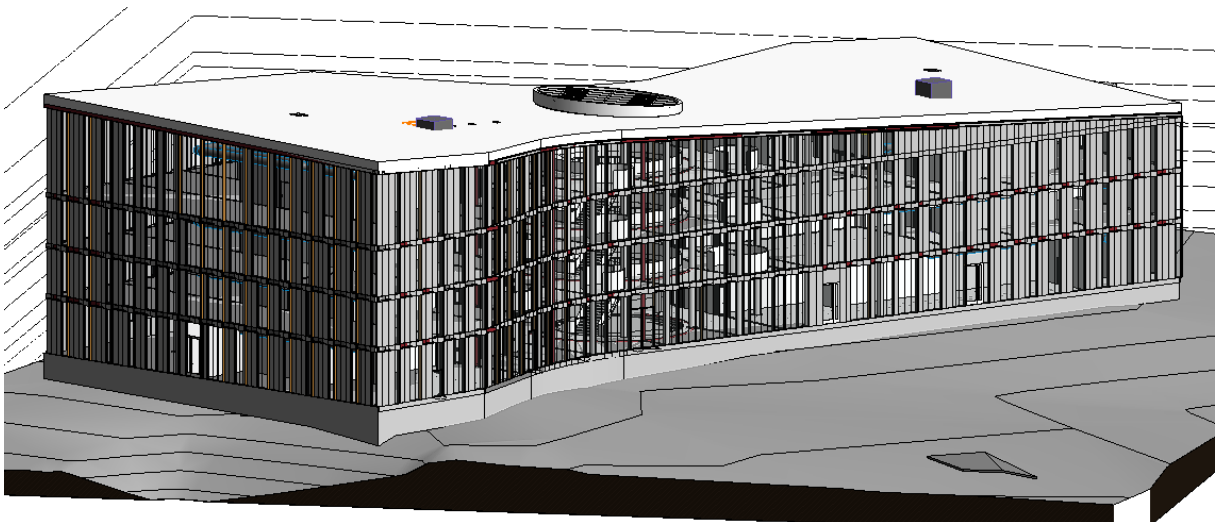
Det ble svart på at kostnaden for å utvikle/utarbeide en EPD må vurderes. Inntrykket er at utvikling av en EPD er tregt og kostbart og noe bare de største etablerte leverandørene kan eventuelt ta seg råd til. En annen ting er etterspørselen. Dersom flere prosjekter krever EPD på det tekniske utstyret vil leverandørene ha et større insentiv for å utvikle det. En løsning bedriftene har svart på er bruk av generisk EPD. Det vil da som regel være konservative, det vil si å ha ganske høye utslippsnivåer sammenlignet med de «beste i klassen». Fordelen er at de ikke representerer en spesifikk produsent og dermed kan brukes i tidligfase av et prosjekt.

## 4.2 Case bygning - ZEN Ocean Space Centre Fløy A

I denne studien blir det brukt et pågående prosjekt av en kontorbygning lokalisert i Trondheim. Bygningen er et nybygg med BTA 9272 m<sup>2</sup> og BRA 8610 m<sup>2</sup> som vil bestå av to deler med henholdsvis fem etasjer mot vest, og fire etasjer mot øst. Vestfløyen i 3. etasje, i tillegg til 4.- og 5. etasje er arbeidsplasser dedikert for SINTEF og NTNU. [Tabell 4-1](#) viser brutto- og bruksareal av bygningen

Tabell 4-1: Brutto- og bruksareal av kontorbygningen

Etasje	BTA [m <sup>2</sup> ]	BRA [m <sup>2</sup> ]
Plan 1	2537	2420
Plan 2	2602	2409
Plan 3	2602	2409
Plan 4	1531	1372
<b>Tot</b>	<b>9272</b>	<b>8610</b>

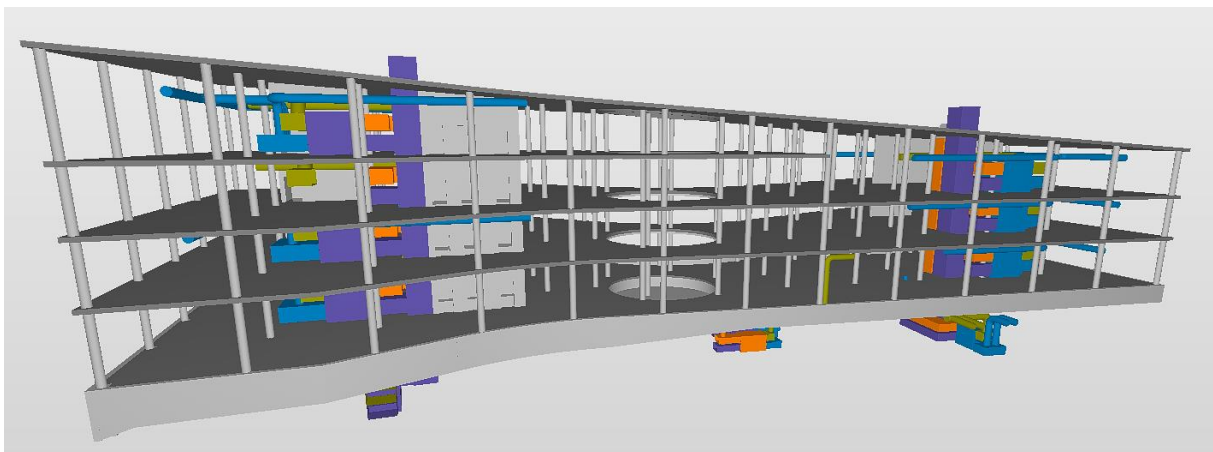


Figur 4-1: 3D-ARK-modell fra Autodesk Revit

I 1. etasje skal det være tre ventilasjonstekniske rom, hvor ventilasjonsrommene i vest og øst dekker behovet for fellesarealene, studentgarderober og studentarealer i etasjen. De øvrige etasjene i kontorbygningen har tekniske rom som skal det være integrert ved siden av sjaktene for tilluft og avkast som dekker behovene i fløyene. De tekniske rommene og toalettene er modellert over hverandre i alle planene fra 2. etasje til og med 5. etasje. Luftinntak er plassert høyt opp på fasade som i dette tilfelle er på taket. Avkast er plassert over tak via nedsenkede jettetter. Luftinntak og avkast er plassert med minst 10 meter avstand for å ivareta kravene i BREEM.

I kontorbygningen er det prosjektert at det skal plasseres luftbehandlingsanlegg i to fløyene i alle etasjer, utenom 5. etasje. I 1. etasje skal det i tillegg være et teknisk rom som skal betjene ventilasjon for auditoriene i 1.- og 2. etasje. Det skal prosjekteres, leveres og monteres komplette luftbehandlingsanlegg med filtrert til luft.

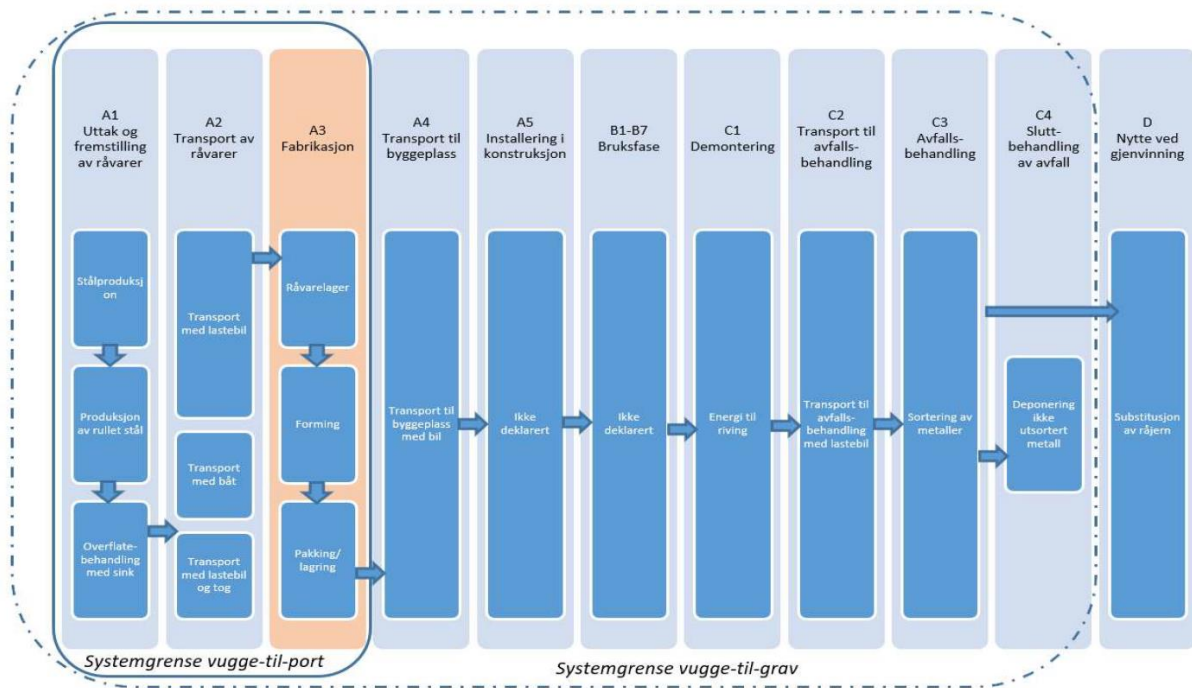
Ventilasjonsystemet skal være balansert ventilasjon hvor det tas hensyn til luft og avtrekk og skal utstyres med varmegjenvinning tilpasset ulike bruksområder hvor luftmengden er forhåndsregnet av ingeniører i dette prosjekter vist i [Vedlegg C.2](#). Ventilasjonsaggregat AHU deles opp i separate anlegg tilpasset det enkelte bruksområdets krav og brukstid. Ventilasjonssystemet dimensjoneres for maksimal luftmengde hvor dette kan muligens gi god reservekapasitet i systemene for senere utvidelser. Luften distribueres frem til det enkelte rom og område, fortrinnsvis gjennom sirkulære og rektangulære ventilasjonskanaler. Det skal legges opp til behovsstyrt ventilasjon i alle områder. [Figur 4-2](#) nedenfor vises en 3D-modell fra Solibri av ventilasjonssystemet.



Figur 4-2: 3D-RIV-modell vist i Solibri

### 4.3 LCA-beregning: Hensikt og omfang

Hensikten med LCA er å estimere livssyklusens miljøpåvirkning til ventilasjonssystemet av kontorbygningen Ocean Space Center. For å oppnå dette skal det ta for seg forenklete LCA-beregning hvor det skal sammenligne av to metoder, tradisjonell LCA-beregning ved bruk av Excel og bruk av BIM-verktøy One Click LCA. Omfanget av denne studien er å undersøke kontorbygningen i en forprosjekteringsfase på en «vugge-til-port» analyse fra A1 til A3. Systemgrensen fra A4 til C4 er ikke inkludert i studien på grunn av manglende data og fordi at det skal avgrense arbeidsomfanget til oppgaven. Nedenfor viser [Figur 4-3](#) systemgrense for en «vugge til port» av sirkulær ventilasjonskanal.



Figur 4-3: EPD sirkulær kanal (EPD-Norge, 2020a)

Programvarene som Autodesk Revit og Solibri har blitt valgt å benytte ved modellering av de ulike tilfellene for å kvantifisere ventilasjonssystemet. Dette har blitt gjort for å forsøke å integrere BIM i en LCA-beregning hvor det ansees å sjekke om dette er hensiktsmessig med tanke på om de generiske dataene er i praksis for norske omstendigheter.

#### 4.3.1 Begrensing og hindringer

De tre ulike LCA-typene: Screening, Forenklet og Komplet LCA er det teoretiske rammeverkene som kan si når det er hensiktsmessig å bruke i hvilken av tidsfasene i en prosjektering. I litteraturstudien kom det frem at Screening LCA og Forenklet LCA er best egnet i forprosjekteringsfasen, hvor en som ikke har så god kompetanse kan også ha mulighet til å kunne utføre beregningene (Meex et al., 2018). Ved å ta en Komplet LCA vil dette antas å være veldig krevende for tid og mye mer omfattende for en som ikke er erfaren og vil ikke inkluderes i denne studien.

#### 4.4 Fremgangsmåte for beregning av LCA

Å beregne av LCA kan det forenklet vises strukturert i [Tabell 4-2](#) nedenfor. De definerte trinnene og parameterne er basert på rammeverket gitt i NS EN 14040.

Tabell 4-2: Fremgangsmåte for beregning av LCA

	<b>LCA-beregning</b>
<b>Fastsette hensikt og omfang</b>	<u>Hensikt:</u> Sjekke hvilken LCA som kan utføres <u>Omfang:</u> A1-A3
<b>Livsløpregnskap LCI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Generiske data, basert på erfaringstall fra andre prosjekter</li><li>• Produktspesifikke data fra EPD</li></ul>
<b>Vurdering av påvirkning LCIA</b>	GWP
<b>Tolkning</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vurdere kvalitet av data, sensitivitet og innflytelse</li></ul>

#### 4.5 Metode 1 – Tradisjonell beregning

LCA-beregningen ble gjort for hånd i Excel ved å kombinere mengden av komponent og produktspesifikke utslippsfaktor. [Tabell 4-2](#) gir da en oversikt over de retningslinjene for LCA typen som gjennomføres. I denne metoden er det blitt fokusert å bruke LCA-typen Forenklete LCA.

##### 4.5.1 Mengdeberegning for ventilasjonskomponenter

Det første trinnet er å kartlegge en oversikt over ventilasjonskomponentene som angitt av systemets omfang og komponentens levetid for å finne den totale mengde av materialer som brukes i løpet av bygningens levetid. Etter å ha funnet mengdene av materialer og produkter, vil da det være mulig å utføre klimagassberegning.

Stål er materialet som dominerer i ventilasjonssystemet hvor det blir brukt i de fleste komponentene. Forbruket av stål er basert på en blanding mellom primær og sekundært stål. Den europeiske gjenvinningsgraden er 40/60 noe som betyr at 40% av stålet kommer fra sekundærproduksjon (Bribian et al., 2009). Galvanisering er formet på de fleste stålkomponentene for å forhindre rust og mengden er hentet fra inventaret som er gitt for ventilasjonskanaler. Isolasjon brukes i noen av ventilasjonskanalene og komponentene for lydisolering og for å unngå kondens. Både glassfiber, glassull og cellulær gummi brukes. Mengdeberegningen for materialer og komponenter er vedlagt under i [Vedlegg C.4](#).

#### 4.5.1.1 Ventilasjonskomponentene

Ventilasjonskomponentene følges i hensyn til PCR – «Part B for ventilation components». Det blir vist ulike tabeller på oversikt over komponentene tatt ut ifra BIM-modellen. Den komplette mengdeberegning er vist i [Vedlegg C.4](#) og valgte produkter av komponentene er lagt under i [Vedlegg E](#).

#### **Sirkulære kanaler og bend:**

Data om sirkulære kanaler med dimensjon mellom 630 mm og 1000 mm som er hentet ut ifra Revit-modellen. I Revit-modellen kan det lages bend for alle vinkler for å passe til den nødvendige plassen. Data som 90 og 60 grader bend er hentet ut fra Revit-modellen. Det er tatt i bruk datablad fra både Lindab og Ventistål for vekt og tykkelse [Vedlegg E.2](#), samtidig som det blir brukt EPD utarbeidet av Ventistål (EPD-Norge, 2020a). I følge EPDen er andel materialet av galvanisert stål 95%, hvor det antok istedenfor 100% for forenkling. [Tabell 4-3](#) viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-3: Sirkulære kanaler og bend

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]
<b>Sirkulær kanal ø630</b>	Ventistål	Galvanisert stål	626	m	60
<b>Sirkulær kanal ø800</b>	Ventistål	Galvanisert stål	78	m	60
<b>Sirkulær kanal ø1000</b>	Ventistål	Galvanisert stål	21	m	60
<b>ø630 - 90 grader Sirkulær bend</b>	Ventistål	Galvanisert stål	67	stk	60
<b>ø1000 - 90 grader Sirkulær bend</b>	Ventistål	Galvanisert stål	14	stk	60

#### **Rektangulære kanaler og bend:**

Data om rektangulære kanaler er hentet ut ifra Revit-modellen. Når det gjelder rektangulære bend er disse modellert på samme måte som rektangulære kanaler. Det er tatt i bruk datablad fra både Lindab og Ventistål for vekt og tykkelse [Vedlegg E.2](#), samtidig som det blir brukt EPD utarbeidet av Ventistål (EPD-Norge, 2020b). I følge EPDen er andel materialet av galvanisert stål 95%, hvor det antok istedenfor 100% for forenkling. [Tabell 4-4](#) i neste side viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-4: Rektangulære kanaler og bend

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]
Rektangulær kanal 2000x1200	Lindab	Galvanisert stål	22	m	60
Rektangulær kanal 2000x2000	Lindab	Galvanisert stål	69	m	60
Rektangulær kanal 2700x1200	Lindab	Galvanisert stål	51	m	60
Bend rektangulær - LBR 2000x1200	Lindab	Galvanisert stål	7	stk	60
Bend rektangulær - LBR 2000x2000	Lindab	Galvanisert stål	3	stk	60

### **Tilluft- og avtrekkventiler:**

Disse ventilene brukes til å tilføre eller trekke ut luft ut av rommet eller til det ytre miljøet. Ventilene er ofte utskiftbare, men finnes i mange forskjellige størrelser og modeller. Siden RIV-modellen ikke viste tilluft- og avtrekksventiler ble det gjort beregninger og antagelser. Det har blitt tatt hensyn til kontorbygningens luftmengde hvor da beregningene endte med totalt 322 tilluft- og 322 avtrekksventiler. Det er tatt i bruk datablad fra både Trox Auranor for vekt og deklarasjon [Vedlegg E.5](#), samtidig som det blir brukt EPD utarbeidet av Ventistål (EPD-Norge, 2020a) og Øglend System (EPD-Norge, 2018). [Tabell 4-5](#) viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-5: Tilluft- og avtrekkventiler

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]	Vekt/stk [kg]
Tilluftventil - LØV-R ø160mm	TROX Auranor	Galvanisert stål - 70%	161	stk	30	4,1
		Aluminium 30%				
Avtrekkventil LØV -R ø160mm	TROX Auranor	Galvanisert stål - 70%	161	stk	30	4,1
		Aluminium 30%				

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]	Vekt/stk [kg]
Tilluftventil - LØV-R ø315mm	TROX Auranor	Galvanisert stål - 70%	161	stk	30	11
		Aluminium 30%				
Avtrekkventil LØV -R ø315mm	TROX Auranor	Galvanisert stål - 70%	161	stk	30	11
		Aluminium 30%				

### Inntak og Avkast:

Luftinntak skal sikres mot snø inntrengning i aggregatene. For kontorbygningen tas friskluften inn via rister i fasade mot nord. Inntaket skal utstyres med rister med påmonterte lameller, slik at man minker faren for å dra inn fukt og snø. Overflaten skal være av rustfritt, syrefast stål. Det er tatt i bruk datablad fra både Trox Auranor for vekt og deklarasjon [Vedlegg E.4](#), samtidig som det blir brukt EPD utarbeidet av Ventistål (EPD-Norge, 2020a). Ifølge deklarasjonen av Trox Auranor er andel materialet av galvanisert stål 100%. [Tabell 4-6](#) viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-6: Inntak og Avkast

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]	Vekt/stk [kg]
Avkast: Jethette JTA-2	TROX Auranor	Galvanisert stål	2	stk	60	66
Inntak: RAT	TROX Auranor	Galvanisert stål	2	stk	60	134

### Spjeld:

Spjeld regulerer luftstrømmen til riktig luftstrøm basert på forhåndsinnstilte minimum og maksimum strømminger. Det er tatt i bruk datablad fra både Trox Auranor for vekt og deklarasjon [Vedlegg E.6](#), samtidig som det blir brukt EPD utarbeidet av Ventistål (EPD-Norge, 2020a). Ifølge deklarasjonen av Trox Auranor er andel materialet av galvanisert stål 97%, hvor det antok istedenfor 100% for forenkling. [Tabell 4-7](#) viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-7: Spjeld

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]	Vekt/stk [kg]
Spjeld - IRIS - ø630mm	TROX Auranor	Galvanisert stål	32	stk	30	16
Spjeld - IRIS - ø800mm	TROX Auranor	Galvanisert stål	12	stk	30	25



### Lyddemper:

Lyddempere er en firkantet lyddemper med sirkulære endetapper, brukt i et sirkulært ventilasjonssystem. Mineralull brukes som lydisolasjon. Nødvendige lydfeller for å innfri lydkrav til ventilasjonsanleggene og overføring mellom rom skal installeres i aggregater og kanaler. Lyddempere skal være forseglet på innsiden for å unngå medvirkning av fibre. Det blir brukt to lyddempere for inntak og to for avkast. Det er tatt i bruk datablad fra både Trox Auranor for vekt og deklarasjon [Vedlegg E.7](#), samtidig som det blir brukt EPD utarbeidet av Ventistål (EPD-Norge, 2020a) og GLAVA (EPD-Norge, 2019). [Tabell 4-8](#) i neste side viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-8: Lyddemper

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]	Vekt [kg]
Lyddempere – LKR Inntak og avkast	TROX Auranor	Galvanisert stål - 60%	4	Stk	30	100
		Glassull - 40%				

### Isolasjon:

Inntaks- og avkastkanaler for ventilasjonsaggregater skal isoleres utvendig med diffusjonstett isolasjon. Kanaler for inntak av luft skal isoleres med diffusjonstette lamellmatter. Ved kryssing av vegger med brannklasse, skal kanaler brannisoleres. Alle gjennomføringer i vegger og dekker branntettes. Det er tatt i bruk EPD – utarbeidet av GLAVA (EPD-Norge, 2019). Beregning av isolasjonsmengden er det bruk beregningsverktøyet til Ventistål vist i [Vedlegg E.3](#). [Tabell 4-9](#) viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-9: Isolasjon

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]
Isolasjon inntak og avkast 2000x2000 Tykkelse 100mm	GLAVA	Glassull	614,1	m2	60
Brannisolasjon ø630 Tykkelse 100mm	GLAVA	Glassull	1696,46	m2	60
Brannisolasjon ø800 Tykkelse 100mm	GLAVA	Glassull	252,72	m2	60

### **Luftbehandlingsenhet AHU:**

Luftbehandlingsenhetene til systemet er Gold RX-systemet som er et aggregat med en roterende varmeveksler levert av Swegon AS [Vedlegg E.1](#). Ventilasjonsaggregatene i nybygget er utstyrt fortrinnsvis med roterende varmegjenvinning med temperturvirkningsgrad 85 %. Totalt er det elleve aggregater, ni aggregater for 1. og 5. etasje og to for auditoriene. I [Vedlegg C.2](#) er det visst forhåndsberegnet luftmengde av kontorbygningen gjort av ingeniører i ZEN-case prosjektet. Det er tatt i bruk tysk EPD utarbeidet av tyske OKOBAUDAT (OKOBAUDAT, 2020). [Tabell 4-10](#) viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-10: Luftbehandlingsenhet AHU

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]
Aggregat 2982x2964	Systemair Genox		704	kg/stk	25

### **Brannspjeld:**

Et brannspjeld består av et kanalstykke utstyrt med en mekanisk fjærfrigjøringsmekanisme som aktiveres i tilfelle brann for å forhindre luft sirkulasjon og brann som sprer seg gjennom kanalene. Materielle mengder var basert på Trox Auranor for vekt og deklarasjon [Vedlegg E.8](#), samtidig som det blir brukt EPD utarbeidet av Ventistål (EPD-Norge, 2020a). Ifølge deklarasjonen av Trox Auranor er andel materialet av galvanisert stål 97%, hvor det antok istedenfor 100% for forenkling. [Tabell 4-11](#) viser data som har blitt brukt:

Tabell 4-11: Brannspjeld

Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]	Vekt/stk [kg]
Brannspjeld - FKR-EU ø630	TROX Auranor	Galvanisert stål	32	stk	30	26
Brannspjeld - FKR-EU ø800	TROX Auranor	Galvanisert stål	12	stk	30	34

#### 4.5.1.2 Levetid for komponentene

Levetiden til ventilasjonskomponenter fra et økonomisk perspektiv er brukt i hensyn til NS-EN 15459: 2007 og produsentens data (Standard-Norge, 2017a).

#### 4.5.2 LCI - Livsløpsregnskap

I denne LCA-beregningen ble det brukt spesifikke utslippsfaktorer hentet ut fra EPDer. Det relevante EPDene som ble brukt er hentet ut ifra EPD-Norge sin database. I tillegg ble det også brukt tysk EPD Ökobaudat. Den tyske databasen ble brukt fordi det ble ikke funnet noen utslippsfaktor for ventilasjonsaggregat på EPD-Norge. Det tyske EPDen kan ha muligens annerledes database og data, men det anslåes som å være god nok ettersom ingen bedre data ble funnet. I de EPDene er det blitt funnet verdier for de ulike effektkategoriene i denne LCA-beregningen for alle de ulike komponentene. Beregningen ble spesifikt ventilasjonsaggregat med en verdi på GWP på 4,0 kgCO<sub>2</sub>-eq/kg benyttet. hvor aggregatet har en levetid på 25 år. For rektangulære kanaler og bend er utslippsfaktoren GWP på 5,46 kgCO<sub>2</sub>-eq/kg og for sirkulære kanaler og bend er utslippsfaktoren GWP 3,86 kgCO<sub>2</sub>-eq/kg. Levetiden for ventilasjonskanalene er på 60 år. GWP av isolasjons for sirkulære og rektangulære kanaler er GWP-verdi 0,43 kgCO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>. Alle utslippsfaktorene for andre ventilasjonskomponenter er beregnet og lagt til i [Vedlegg C.4](#).

#### 4.5.3 LCIA – Vurdering av påvirkning

Ved utføring av LCA-beregningen er hovedfokuset å se på vurderingen av GWP for miljøpåvirkning i effektkategorien. For Screening LCA er det åpenbart valgt kun én effektkategori fordi den er mest forenklet typen for LCA-beregning, i tillegg skal det muliggjøres for en med lite erfaring kan mulig utføre LCA-beregningen. I en Forenklete LCA tar det for seg mer enn Screening LCA, hvor flere effektkategorier er inkludert. I en EPD tar det for seg syv ulike effektkategorier hvor disse har blitt beregne, men ikke blitt inkludert i denne studien. Om materialene er bestemt i forveien med en viss trygghet, kan de andre effektkategorier bistå og hjelpe å forbedre miljøpåvirkningen for flere områder enn bare GWP. Likevel er det resultater fra GWP som er dominerende og samtidig gir størst mulighet for videreføre dette til tolkning. De resterende effektkategoriene ble altså ikke tatt hensyn i studien.

#### 4.5.4 Tolkning

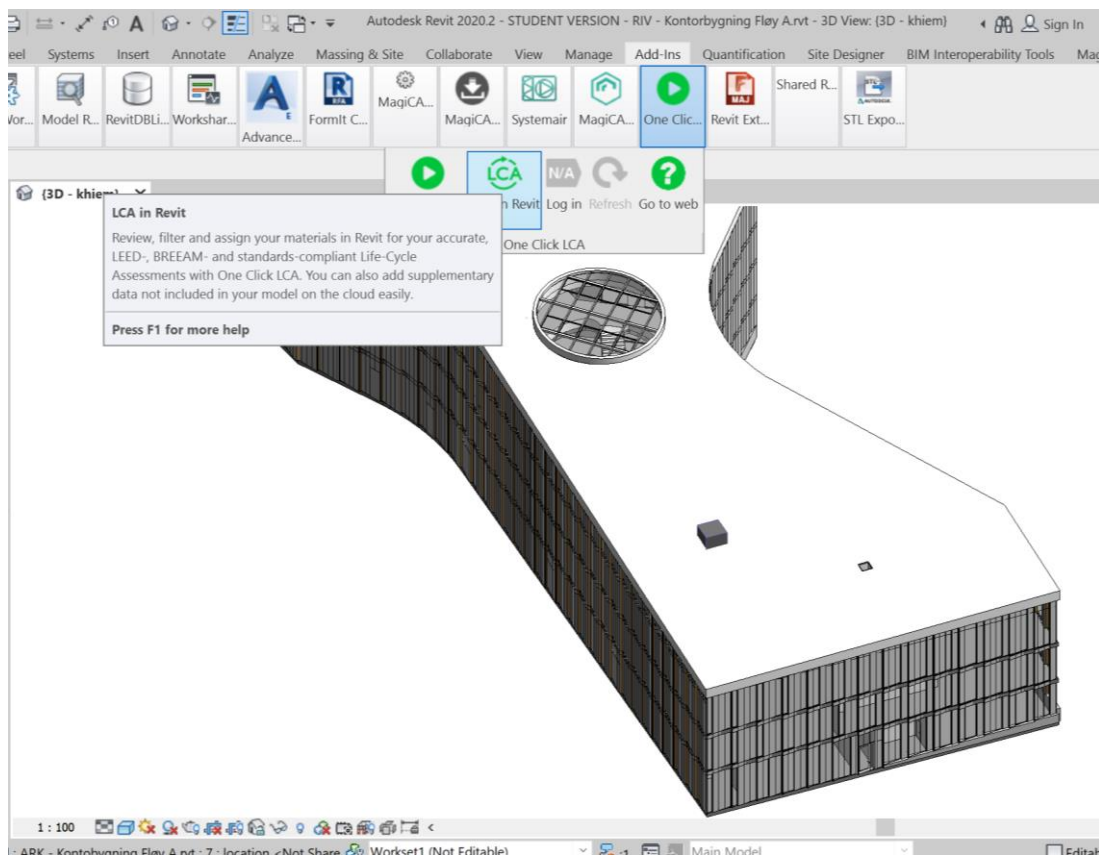
Resultatene av de beregnede utslippene er det som er mest interessante funnene i undersøkelsen. Samtidig er det sett om hvordan metodene fungerer underveis i utregningen. Grunnen til å gjøre disse undersøkelsene er å finne ut hvilken type LCA som kan bli gjort og samtidig indentifisere mangler og utfordringer som kan dukke opp ved å bruke LCA-typene. Vurdering av dataene, resultatene og kvalitet ble utført ved å se hvordan en tradisjonelle beregninger blir utført og sammenligne beregningsmetode og informasjoner som er tilgjengelig ved de ulike metodene.

## 4.6 Metode 2 – Beregning i One Click LCA

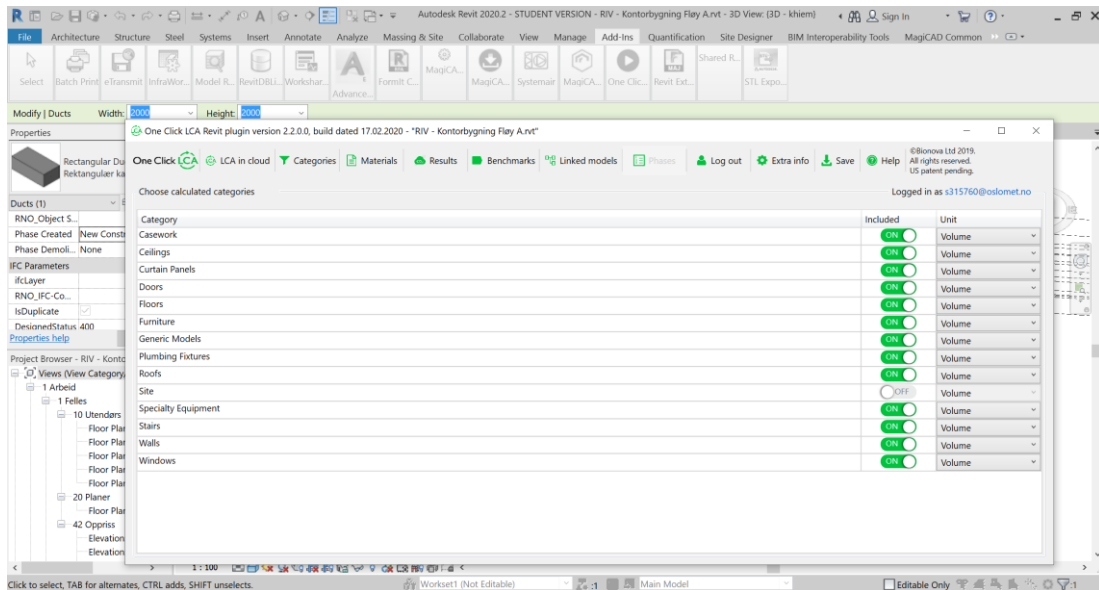
Det er blitt benyttet beregningsverktøyet One Click LCA for LCA-beregningen av RIV-modellen. De fleste av beregninger av utslippene ble beregnet i One Click LCA basert på materialmengde og materialvalg, i tillegg ble det også gjort en liten hånd beregninger av både materialmengde og utslipp på Excel for mengdeberegning.

### 4.6.1 Mengdeberegning

I denne metoden er å forsøke å få automatisk import av materialmengden enten fra Autodesk Revit eller Solibri til One Click LCA. Det ble valgt Revit på grunnlaget av at det er direkte kompatibelt med One Click LCA hvor begge programmene benytter samme dataformat som for eksempel IFC-fil, samtidig som studenten har mer kjennskap til programmet Revit. One Click LCA har laget et utvidelsesprogram, altså en plug-in program som gjør det mulig for Autodesk Revit å kunne importere materialmengden og komponenter over til One Click LCA. [Figur 4-4](#) og [Figur 4-5](#) er utklipp fra Autodesk Revit hvor det vises hvordan det kan beregnes av materialmengder og overføring av data over til One Click LCA.



Figur 4-4: Autodesk Revit med One Click LCA-plugin



Figur 4-5: Autodesk Revit med One Click LCA-plugin steg 2

Men da programmet ikke klarte å lese av de importerte filen, måtte mengden beregnes i Excel. De mengdeberegning i Excel ble utført på samme måte som det ble utført i metode 1, hvor mengdeberegningene er også tatt ut ifra [Vedlegg C.4](#). Grunnlaget for at importering ble ikke en suksess på grunn av at ventilasjonskanalene hadde mangel på materialbeskrivelse som spiller en viktig rolle for at One Click LCA kan leses av materiale for så da kunne lage en liste over materialmengde og komponenter, samtidig som at studenten har for lite kompetanse om One Click LCA for å kunne utføre denne handlingen. Det neste steget var å legge inn mengdeberegningene inn i beregningsverktøyet ved å finne materialenes og komponentens generiske data. Figurer nedenfor er generiske data som er tilgjengelig brukt i One Click LCA.

### Sirkulære kanaler og bend:

One Click LCA hadde mulighet for valgt generisk data for sirkulære kanaler.

Ressurs	Mengde	CO <sub>2</sub> e	Kommentar	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Levetid	
Ventilation ducting, per m linear, ?	626 m	191t - 36%	ØD: 630	70 Stor varebil, 9 tons	0 Stor varebil, 9 tons	25	Endring
Ventilation ducting, per m linear, ?	78 m	31t - 6%	ØD: 800	70 Stor varebil, 9 tons	0 Stor varebil, 9 tons	25	Endring
Ventilation ducting, per m linear, ?	21 m	11t - 2%	ØD: 1000	70 Stor varebil, 9 tons	0 Stor varebil, 9 tons	25	Endring
Ventilation ducting, per m linear, ?	613 kg	13t - 2%	Sirkulær bend ø630mm	70 Stor varebil, 9 tons	0 Stor varebil, 9 tons	25	Endring
Ventilation ducting, per m linear, ?	448 kg	9,8t - 2%	Sirkulær bend ø1000mm	70 Stor varebil, 9 tons	0 Stor varebil, 9 tons	25	Endring

Figur 4-6: Sirkulære kanaler og bend One Click LCA

### Rektangulære kanaler og bend:

One Click LCA hadde ikke mulighet for valgt generisk data for rektangulære kanaler og dermed ble det bruk kun generisk data får stålplater som antatt betraktning at det er nesten det samme.

Ressurs	Mengde	CO <sub>2</sub> e	Kommentar	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Levetid
Ståplater, generisk, 90% recycled	1144 kg	1,2t - 0,2%	Rektangulære kanal 2000x1200mm	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Ståplater, generisk, 90% recycled	4761 kg	5,2t - 0,96%	Rektangulære kanal 2000x2000mm	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Ståplater, generisk, 90% recycled	4182 kg	4,5t - 0,8%	Rektangulære kanal 2700x1200mm	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Ståplater, generisk, 90% recycled	364 kg	0,4t - 0,1%	Rektangulære bend 2000x1200mm	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Ståplater, generisk, 90% recycled	207 kg	0,22t - 0%	Rektangulære bend 2000x2000mm	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring

Figur 4-7: Rektangulære kanaler og bend One Click LCA

### Tilluft- og avtrekkventiler:

One Click LCA hadde ikke mulighet for valgt tilluft- og avtrekksventiler av generisk data og dermed ble det bruk kun generisk data får ståplater som antatt betraktning at det er nesten det samme.

Ståplater, generisk, 90% recycled	2479 kg	2,7t - 0,5%	Tilluftsventil - 70% mengde	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Ståplater, generisk, 90% recycled	2479 kg	2,7t - 0,5%	Avtrekksventil - 70%	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring

Figur 4-8: Tilluft- og avtrekkventiler One Click LCA

### Inntak og Avkast:

Rooftop exhaust fan, max flowrate	2 unit	1t - 0,2%	Inntak	70 Stor varebil, 9 tons	0 Not defined	25 Endring
Rooftop exhaust fan, max flowrate	2 unit	1t - 0,2%	Avkast	70 Stor varebil, 9 tons	0 Not defined	25 Endring

Figur 4-9: Inntak og Avkast One Click LCA

### Spjeld:

One Click LCA hadde ikke mulighet for valgt spjeld av generisk data og dermed ble det bruk kun generisk data får ståplater som antatt betraktning at det er nesten det samme.

Ståplater, generisk, 90% recycled	512 kg	0,56t - 0,1%	Spjeld ø630mm	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Ståplater, generisk, 90% recycled	300 kg	0,33t - 0,1%	Spjeld ø800mm	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring

Figur 4-10: Spjeld One Click LCA

### Lyddemper:

One Click LCA hadde ikke mulighet for valgt lyddemper av generisk data dermed ble det bruk kun generisk data får ståplater som antatt betraktning at det er nesten det samme.

Ståplater, generisk, 90% recycled	240 kg	0,26t - 0%	Lyddempere 60% mengde	110 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
-----------------------------------	--------	------------	-----------------------	----------------------	---------------	---------------------

Figur 4-11: Lyddemper One Click LCA

### Isolasjon:

Glassull isolasjonsplater, generisk	614,1 m <sup>2</sup> x 100 mm	8,7t - 2%	Lamelliso 2000x2000mm	70 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Glassull isolasjonsplater, generisk	1696,46 m <sup>2</sup> x 100 mm	24t - 4%	Branniso ø630mm	70 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Glassull isolasjonsplater, generisk	252,72 m <sup>2</sup> x 100 mm	3,6t - 0,7%	Branniso ø800mm	70 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring
Glassull isolasjonsplater, generisk	81,27 m <sup>2</sup> x 100 mm	1,1t - 0,2%	Branniso ø1000mm	70 Trailer, 40 tons	0 Not defined	Som bygning Endring

Figur 4-12: Isolasjon One Click LCA

### Luftbehandlingsenhet AHU:

Ressurs	Mengde	CO <sub>2</sub> e	Kommentar	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Levetid	Lokalisering
Air handling unit, with heat recove	11 unit	227t - 37%		70 Stor varebil, 9 tons	0 Stor varebil, 9 tons	25	Ikke anvendbar

Figur 4-13: Luftbehandlingsenhet AHU One Click LCA

#### 4.6.2 LCI – Livsløpøregnskap

Alle utslippsfaktorene til materialer og komponenter er blitt hentet ut ifra databasen til One Click LCA hvor dataen som blir brukt er en blanding av data med kvalitetsnivå etter standarden 3720 og Ecoinvent sine databaser. I dette programmet er det mulighet for å velge flere typer av samme produkt hvor valg av ulike typer kan og utslag på utslippene. For valg av utslippsfaktorene er det fokusert å bruke generiske data av materialer som er vanlig av ventilasjonsbransjer i Norge. Etter å ha studert og kontaktet One Click LCA ble det funnet ut at de mest vanlige materialene i bransjen som er markert med «typical» er anbefalinger for generiske data dersom det er ikke enda bestemt av produktspesifikke materialer (Koukoulououlos, 2021). I denne metoden er det benyttet av disse anbefalingene. Materialmengden som ble importert til One Click LCA ble ikke valgt automatisk og det måtte kartlegges manuelt fra databaser. Alle de generiske data for ventilasjonsaggregat og kanaler og andre komponenter er blitt hentet ut ifra Ecoinvent.

Generisk data for ventilasjonsaggregat har en verdi på GWP på 8,11 kgCO<sub>2</sub>-eq/enhet benyttet hvor aggregatet har en levetid på 25 år. For rektangulære kanaler og bend er utslippsfaktoren GWP en verdi på 1,12 kgCO<sub>2</sub>-eq/kg og for sirkulære kanaler og bend er utslippsfaktoren GWP en verdi på 101,82 kgCO<sub>2</sub>-eq/m. Levetiden for ventilasjonskanalene er på 60 år. Siden majoriteten av material er laget av stål har generisk data for stål benyttet for diverse komponentene. Grunnen til at generisk data for stål brukes er fordi One Click LCA har ikke mulighet til å velge andre typer ventilasjonskomponenter. [Figur 4-7](#) til [Figur 4-11](#) vist ovenfor ble det brukt generiske stålplater hvor GWP er oppgitt verdi på GWP 1,12 kgCO<sub>2</sub>-eq/kg. Alle utslippsfaktorene er beregnet og lagt til i [Vedlegg D](#).

#### 4.6.3 LCIA – Vurdering av påvirkning

Vurderingen av miljøpåvirkning er basert på resultater for effektkategorien GWP. Det var også andre resultater fra andre effektkategorier som One Click LCA har fått beregnet, men de blir ikke inkludert i vurderingen. Det ble kun valgt effektkategorien GWP på bakgrunn av at metoden skal kunne tilrettelegges for en uerfaren LCA-bruker i forprosjekteringsfase og samtidig god forståelse. I artikkelen (Meex et al., 2018) mener de at kompleksiteten i en LCA er utfordrende for en uerfaren LCA-bruker. Derfor er det tatt i beslutning at å følge anbefalingen, hvor kun én effektkategori blir vurdert. Det har blitt antatt at resultatene for GWP er tilstrekkelig for å kunne kartlegge utvikling av utslippene.

Hovedfokuset i One Click LCA er beregninger for generiske data. Det har også tatt og beregnet i hensyn til tilgjengelige EPD ventilasjonssystem for å sette opp sammenligning på hvor nøyaktig generisk data vil være. One Click LCA har også databaser av norske EPDer noe som er praktisk ved å muliggjøre sammenligning med de generiske data verktøyer har. Beregningene er vist under i [Vedlegg D.2](#).

#### 4.6.4 Tolkning

I denne LCA-beregningen skal i teorien være noe annerledes enn tradisjonell LCA, fordi den er mer rettet mot funksjonaliteten mellom BIM og LCA som metode, det vil si hvordan integrasjon av BIM vil påvirke LCA-beregningen. Dette medførte at tolkningen av resultatene ikke ble nødvendigvis fokusert på det som er ansett som vanlig aktivitet av LCA-utføring.

I denne tolkningen er fokuset rettet mest på vurdering av resultatenes sensitivitet og innflytelse på miljøpåvirkningen av generiske data på One Click LCA. Det har også blitt sett på vurdering av resultatene og data av fullstendighet og kvalitet. For å sette resultatene for GWP i en sammenligning, har det blitt vist i grafer for å forsøke å fremstille beslutning og poengtering på en forståelig måte.



## 5 Resultat og diskusjon

Resultatene i denne oppgaven er basert på hva det gjort i metodikken. Hovedformålet i denne delen er å kommentere resultatene som er visualisert i grafer. Resultatene blir sammenlignet hvor det blir diskutert forskjellene og likhetene, erfaringer, fordeler og ulemper for metodene.

### 5.1 Metode 1 – Tradisjonell beregning

Ved å bruke tradisjonell LCA-beregning kom resultatet ut til å være i verdi GWP på **1,74E+05 kgCO<sub>2</sub>-eqv**. Dette tilsvarer i standard format verdi av GWP på **173 779,71 kgCO<sub>2</sub>-eqv**. Ved hensyn til total arealet av kontorbygningens er verdi på GWP per kvadratmeter m<sup>2</sup> **18,74 kgCO<sub>2</sub>-eqv/m<sup>2</sup>**. Per år er verdien på **0,051 kgCO<sub>2</sub>-eqv/m<sup>2</sup> år**.

Tabell 5-1: Resultat ved beregning av metode 1

Tallformat	Total	Enhet
Ekspontentiell	1,74E+05	kgCO <sub>2</sub> -eqv
Standard	173 779,71	kgCO <sub>2</sub> -eqv
Standard iht. BTA 9272 m <sup>2</sup>	18,74	kgCO <sub>2</sub> -eqv/m <sup>2</sup>
	0,051	kgCO <sub>2</sub> -eqv/m <sup>2</sup> år

#### 5.1.1 Fordel

Fordelen med å velge denne LCA-typen er at den er mye enklere å gjennomføre i forhold til å for eksempel velge LCA-typen Komplet LCA. For at arkitekter og uerfarne LCA-brukere skal kunne bruke metoden i en tidlig forprosjekteringsfase, er det viktig at metoden må være enkel. Dette gjelder også både for gjennomføring og ved tolkning av resultatene. Ved å følge artikkelen (Meex et al., 2018) kan man avvike og sammenligne med Komplet LCA. Det hevdes at det forenklete LCA-metoden er godt nok tiltenkt til formålet man velger i prosjektet. Det vil si bruke det som en begynnelse for å vurdere LCA og miljøpåvirkning i byggeprosjektets tidlige fase.

#### 5.1.2 Ulempe

Når beregningen av LCA er forenklet kan det muligens også være en ulempe, fordi resultatene kan antageligvis være ikke representativ for virkelige forhold. En ulempe med denne metoden er tidsbruken ved å finne materialmengden og EPDer. I EPD-Norge er det kun to verifiserte EPDer for ventilasjonssystem, altså sirkulære og rektangulære kanaler som også gjør at det er mer utfordrende å beregne og ser dette som en ulempe.

### 5.1.3 Usikkerhet

Det ble noen usikkerheter i beregningene som er knyttet til innsamlingen av utslippsfaktorene for materialene. Det er prøvd å forsøke å finne verdier for de mest brukte materialene for at de skal mulige være representativ for produktene på markedet. De innsamlende data som er benyttet av produktspesifikke EPDer til LCA-beregningene er kanskje ikke representative for materialene som er på markedet. Dette kan ses som en usikkerhet knyttet til om det faktiske beregningene har blitt oppnådd. Som sagt er målet i denne oppgaven å beregne LCA i hensyn til bruk av tilgjengelige norske EPDer. Allerede finnes det utallige mange utenlandske EPD for ventilasjonssystem som for eksempel engelske, franske og tyske EPDer. Disse er ikke blitt tatt hensyn i oppgaven, noe som burde ha gjort hvor det kunne ha vært interessante å sammenligne med beregningene som ble utført. Det kan kanskje være interessant å se om det er potensielt mulig å minske usikkerheten for metoden.

## 5.2 Metode 2 – One Click LCA

LCA-beregning på One Click LCA med generiske data kom resultatet ut til å være i verdi GWP på **2,16E +05 kgCO<sub>2</sub>-eqv**. Dette tilsvarer i standard format verdi av GWP på **215 730,01 kgCO<sub>2</sub>-eqv**. Ved hensyn til total arealet av kontorbygningens er verdi på GWP per kvadratmeter m<sup>2</sup> **23,3 kgCO<sub>2</sub>-eqv/m<sup>2</sup>**. Per år er verdien på **0,064 kgCO<sub>2</sub>-eqv/m<sup>2</sup> år**.

Tabell 5-2: Resultat ved beregning av metode 2

Tallformat	Total	Enhet
<b>Eksponentiell</b>	2,16E+05	kgCO <sub>2</sub> -eqv
<b>Standard</b>	215 730,01	kgCO <sub>2</sub> -eqv
<b>Standard iht. BTA 9272 m<sup>2</sup></b>	23,3	kgCO <sub>2</sub> -eqv/m <sup>2</sup>
	0,064	kgCO <sub>2</sub> -eqv/m <sup>2</sup> år

### 5.2.1 Fordel

Fordelen med å bruke beregningsverktøyet One Click LCA er et det har en stor database for både generiske og produktspesifikke materialer. One Click LCA har mulighet til å kjenne igjen materialet som kan redusere tidsbruken, som for eksempel slipper man å lete etter riktige EPDer. Bionova er veldig flittig med å legge inn nye og forbedret EPDer, hvor de mener at de hvert annen uke legger til eller oppdatere nye EPDer, noe som kan ses som god fordel (Koukouloupoulos, 2021).

One Click LCA har også i tillegg en nyttig funksjon for lokal kompensasjon av utslipp. Beregningsverktøyet er i utgangspunktet brukervennlig og godt tilrettelagt for arkitekter, ingeniører og samtidig for uerfarne LCA-brukere skal kunne bruke verktøyet i en tidlig forprosjekteringsfase, som for eksempel vil LCA-typene som Screening og Forenklete LCA og samtidig som Komplet LCA også er det mulig å utføre beregning i One Click LCA.

I og med at Bionova Ltd. har god kontakt med Statsbygg vil dette være et ettertraktet program som kan være avgjørende faktor på at andre bedrifter i bransjen som vil henvende seg til og bruker dette beregningsverktøyet primært for LCA-beregning. Ifølge prosjekter hvor Statsbygg er byggherren, krever de at det er krav om å bruke beregningsverktøyet One Click LCA om det skal beregnes av LCA.

### 5.2.2 Ulempe

Ulempe med sånne typer beregningsverktøy er at man i bunn og grunn er usikker på hva slags tall og faktorer som er brukt, fordi man kan ikke forklare spesifikt om alle tallene i beregningene er nøyaktige selv om det er mulig å beregne i etterkant. En annen ulempe med denne metoden er importering av materialmengde. Det måtte dobbeltsjekke mengden at det var riktig materialer som ble valgt, siden det er fort gjort å stole blindt på den automatiske prosessen og dette øker større sjanse for å bruke feil tall i beregningen. I dette tilfellet har det vært viktig å kontrollere alle valgte materialer og uttak av mengder for å sjekke om de er riktige, samtidig som i noen tilfeller har det vært nødvendig og sammenligne RIV-modellen av mengdene manuelt.

### 5.2.3 Usikkerhet

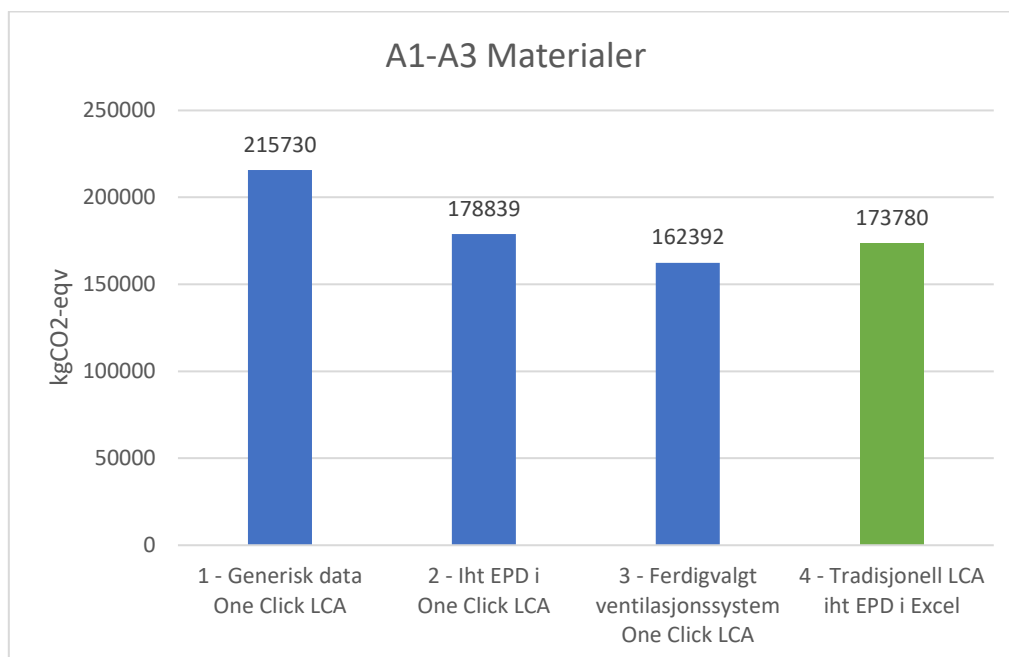
Det er prøvd å forsøke å finne verdier for de mest brukte materialene for at de skal mulige være representativ for produktene på markedet. Funnene og beregningene som har usikkerhet på One Click LCA er knyttet til hvordan mengdeuttaket egentlig var til å begynne med. Tanken var å importere materialene og komponentene fra Revit over til One Click LCA hvor dette ble ikke en stor suksess av. De innsamlende data som er benyttet av generisk data er heller ikke representative for materialene som er egnet for ventilasjonssystem. Det finnes alt for lite av generiske data som er aktuelt for norske omstendighet for ventilasjonssystemer. Dermed beregningene måtte det ta antagelser og valg av lignende materialer for at det kunne beregnes. Å beregning en Screening LCA vil da ses som veldig høy usikkerhet.

### 5.3 Sammenligne metode 1 og metode 2

Hensikten med å velge disse metodene er som sagt å sammenligne med hvordan en tradisjonell beregner i forhold til å bruke BIM-verktøy til å beregne LCA. I [Figur 5-1](#) under kan man se at beregning av generiske dataene sammenlignet med den tradisjonelle metoder har en betydelig forskjell av resultater. Materialmengden som brukes i de generiske data, som for eksempel stålplater, er ikke egnet for ventilasjonssystem hvor disse verdiene har fastsatt bruk for byggematerialer som er ment for stålbjelker osv. Det er derfor utslippsmengden for generisk data er betydelig mye høyere.

Sammenligning av det beregnende LCA i hensyn til EPD i One Click LCA og i Excel kan man se de er nokså like med litt marginale forskjell. Grunnen til forskjell kan være personlig beregningsfeil ved beregning i Excel. EPDer som ble brukt for å beregne i Excel er også blitt identisk brukt i One Click LCA

Det som er litt interessant er det beregnede av ferdigvalgte ventilasjonssystem i One Click LCA hvor utslippsmengden er ganske tilnærmet med den tradisjonelle beregningen i Excel. I den ferdigvalgte ventilasjonssystemet er parametere fokusert på hvor stort bruksareal av kontorbygningen hvor One Click LCA automatisk beregner antall luftbehandlingsenhet og kanallengde med dimensjon på  $\varnothing 500$  mm. Dette regnes da som stor usikkerhet hvor flere parametere har blitt utelukket i beregning av ventilasjonssystemet. Beregningen av ferdigvalgt ventilasjonssystem på One Click LCA kan ses i [Vedlegg D.3](#).



Figur 5-1: Blå representere One Click LCA og Grønn representerer Excel

## 5.4 LOD i forhold til BIM-modellen

I denne studien er det tatt følgende et pågående prosjekt hvor BIM-modellen til kontorbygninger er regnet som ikke enda er ferdigstilt. Utviklingsnivået av kontorbygningen regnes som LOD 300. I denne RIV-modellen er ventilasjonssystemet vist i minimalt detaljnivå hvor det eneste informasjonen i modellen er antall kanaler og luftbehandlingsenhet og størrelser, vist i [Figur 4-2](#). Det vil si at metode 1 og 2 er det blitt gjort en god del antagelser hvor det har blitt brukt spesifikke verdier som er tilfredsstillende for LOD 350.

Ved å ta antagelser for utviklingsnivå LOD 350 når det er fortsatt er i en forprosjekteringsfase, kan både være en oversiktlig representasjon på hva slags type komponenter og modeller som blir gjort, men dette kan også være en stor usikkerhet da som at valg av materialer og komponenter i dagens marked ikke vil være like nøyaktig. Mangel på diverse norske EPDer for ventilasjonssystem vil da være kritisk.

## 5.5 Enighet med litteraturstudiet

Når man velger et modelleringssystem for en LCA-studien vil man se påvirkning av den metodiske tilnærmingen og datavalg av livssyklusbeholdningen og konsekvensanalysen av måldefinisjonen (Finnveden et al., 2009). Studien er enig med at det som er nevnt i artikkelen av (Curran, 2013) er at følgende teori av LCA er komplisert hvor det omfatter økonomiske begreper som er basert på tidligere trender i forbruk. Dette vil medføre en ekstra risiko for usikre forutsetninger som kan ha en drastisk effekt på resultatene. Imidlertid er det utfordrende å spesifisere hvilke tilnærming som er mest forskriftsmessig hvor det er avhengig av studiens omfang og forskerens synspunkt.

I følge litteraturstudiet kan LCA brukes som beslutningsstøtte under prosjekteringsfasen av bygninger. Det vil si en prosess som er mindre arbeidskrevende hvis livssyklusdata kan fås fra en BIM-modell (Meex et al., 2018; Soust-Verdaguer et al., 2017). I denne oppgaven er studien enig i at de største forskjellene mellom en LCA i en tidlig prosjektfase og en ferdigbygd bygning er hvor tungt modellert BIM-modellen er. Forskjellen i LOD fører til en forskjell i usikkerhet hvor lavere LOD gir høyere usikkerhet. Dette fører til et dilemma, fordi tilgjengeligheten og sikkerheten til data er lav i prosjekteringsfasen og når beslutningsstøtte fra LCA har størst innvirkning.

## 6 Konklusjon

Denne studien presenterer viktige funn i metodene for å muliggjøre forbedringer av miljøpåvirkningen for ventilasjonssystem.

### 6.1 Hva slags LCA er det mulig å utføre i forprosjekteringsfasen?

I teorien ble det forklart at Screening LCA og Forenklete LCA kan brukes ved de laveste LOD-nivåene for å identifisere de objektene med størst påvirkning hvor det bør være fokusert i områder der modellen utvikler seg. Forenklete LCA brukes når dataene er mer detaljert. Fremgangsmåten tyder på at miljøpåvirkningen i tidlig prosjekteringsfase kan brukes som et utgangspunkt hvor dette blir støttes opp av artikkelen (Bueno & Fabricio, 2018). Det kan konkluderes at type LCA som kan utføres er Screening og Forenklete LCA i forprosjekteringsfasen, hvor utviklingsnivået LOD 300 er egnet for Screening LCA og LOD 350 er egnet for Forenklete LCA.

### 6.2 Er generiske dataene fra One Click LCA godt egnet til å praktisere for norske omstendigheter?

Ut ifra den utførte metoden ved beregning på BIM-verktøyet One Click LCA, kan det konkluderes at generiske data er ikke egnet for det omstendigheter for ventilasjonssystem. Det er lite informasjon av antall mengder klimagassutslipp for ventilasjon som gjør at verdiene gir stor usikkerhet. Ifølge artiklene (Meex et al., 2018; Soust-Verdaguer et al., 2017) er at forskjellen i LOD vil føre til at lavere LOD-nivå gir høyere usikkerhet. Dette fører til et dilemma, fordi tilgjengeligheten og sikkerheten til generiske data er lav i prosjekteringsfasen når det tas avgjørelse av LCA.

### 6.3 Hvor godt er merverdiene for PCR av ventilasjon for å kunne å lage flere norske EPDer?

Ved å følge anbefalinger av PCR for ventilasjonskomponenter, var det mulig å kunne fått beregnet LCA av ventilasjonssystemet. Mangel på norske EPD for resten av ventilasjonskomponentene er problematisk hvor dette anses som usikkerhet med tanke på at det er kun to tilgjengelige norske EPDer for sirkulære- og rektangulære ventilasjonskanaler. Det konkluderes med at det er et nødvendig behov for å lage flere norske EPDer for ventilasjonssystem. Eventuelt kan utenlandske EPD for ventilasjon være en alternativ løsning for å hjelpe med å utarbeide flere nye norske EPDer eller bruke dem til å sammenligne EPDene.

#### 6.4 Hvordan kan BIM-verktøyet One Click LCA i forprosjekteringsfasen være en løsning på å redusere miljøpåvirkning for ventilasjonssystem?

I teorien og metoden representert i studien er det vist at forenklete LCA kan brukes til å ta avgjørelser med tanke på miljøpåvirkning i forprosjekteringsfasen. Ved å bruke generiske data fra BIM-verktøy One Click LCA for udefinerte materialer kan utviklingen for miljøpåvirkningen være mangelfull og krevende utover i modelleringsprosessen. Når det brukes generiske verdier, er det nødvendig å inkludere usikkerhet. På denne måten kan One Click LCA brukes til å kvantifisere ventilasjonssystemets klimagassutslipp i forprosjekteringsfase, i tillegg kunne reflektere de nødvendige usikkerhetene ved ulike utviklingsnivåer og mulighet til å redusere bygningens påvirkning. Selv om det er store mangler på norske materialdata for ventilasjonssystem i One Click LCA, har beregningsprogrammet stor potensial til videreutvikling hvor byggmaterielle data har tidligere vært stor suksess for norske prosjekter og ser ingen grunn til at ventilasjonssystem og teknisk installasjoner skal kunne også ha mulighet til å gjøre det samme.

Utvikling av ulike elementgrupper som kartlegges hver for seg kan objekter/komponenter enkelt sorteres etter utviklingsnivåer LOD. Dette vil gi et bedre utgangspunkt for å forbedre miljøpåvirkningen i forprosjekteringsfasen. Selv om det ikke ble gjort en komplett LCA beregning, er hensikten er ikke å neglisjere ut den komplette LCA-beregning, men heller fokusere å benytte det forenklete metoder ved å kombinere med nye teknologiske utvikling for å forbedre LCA-beregning i forprosjekteringsfase.

## 7 Videre arbeid

Et forslag til videre arbeid er å se på hvordan gjøre LCA-beregningen enda mer fullstendig er å utvide systemgrensene hvor det kan inkludere flere effektkategorier og flere faser av ventilasjonssystemets livsløp. Når man utvider grensene hvor det inkluderes flere faser av ventilasjonssystemets livsløp, kan man sammenligne ulike klimagassutslipp fra materialer og energibruk for eksempel i bruksfasen. Det vil være interessant å undersøke videre å se på hvordan klimagassutslippene for ventilasjonssystem variere, som for eksempel ta en mer utfyllende beregning som komplett LCA basert på de ulike beregning av mengdeuttak fra BIM-modellen. Ved å ta grundigere beregninger og fremgangsmåter for valg av uttak av materialmengder og komponenter, kan utviklingen gi praktisk løsning. Løsningen kan gjøres for å finne fremgangsmåten som gir best mulig resultat for å redusere miljøpåvirkningen.

Et annet forslag til videre arbeid er å undersøke ulike BIM-verktøy som er egnet for LCA, som i denne studien tok for seg One Click LCA-plugin for Autodesk Revit. Andre beregningsverktøy som kunne vært interessant og undersøke er Simapro, ISY Caluclus, ByggLCA og Tally hvor disse er også hyppig brukt i den norske bransjen. Disse programmene holder også på å oppdatere verdier for klimagassutslipp for materialer og løsninger i sine databaser.

Et annen forslag til videre arbeid er å undersøke mer av utviklingsnivået LOD i praktiske omstendigheter. Ved å gjør dette vil resultatene og måten utviklingen påvirker LCA gi løsninger som kan settes opp mot prosjekteringsfasene som muligens kan gjøre det lettere å sammenligne resultatene med litteraturen. Det hadde også vært interessant å kunne sammenligne klimagassutslipp med LOD-utvikling for et prosjekt som har tatt strukturert beslutninger etter en beslutningsplan for utviklingsnivå. Dette kan da gjøres for å ta kritiske beslutninger med tanke på å ta hensyn på miljøets kartlegging som videre kan ta i forsøk på å redusere klimagassutslippene.



## 8 Referanser

- Andersson, S., & Listén, M. (2014). *Life Cycle Impact Assessment: A comparison of three contemporary methodologies*.
- Architects, T. A. I. o. (2013). *AIA Document E203 - 2013 - Building Information Modeling and Digital Data Exhibit*. Retrieved 20. feb. 2021 from aiacontracts.org
- Bedrick, J., & Reinhardt, J. (2019). *LEVEL OF DEVELOPMENT (LOD) SPECIFICATION PART I & COMMENTARY*. B. Forum.  
[https://bimforum.org/resources/Documents/BIMForum\\_LOD\\_2019\\_reprint.pdf](https://bimforum.org/resources/Documents/BIMForum_LOD_2019_reprint.pdf)
- Blumberg, B., Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2011). *Business research methods*. McGraw-Hill Higher Education.
- Bribian, I. Z., Uson, A. A., & Scarpellini, S. (2009). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, 44(12), 2510-2520.
- Bueno, C., & Fabricio, M. M. (2018). Comparative analysis between a complete LCA study and results from a BIM-LCA plug-in. *Automation in Construction*, 90, 188-200.
- Burgan, B. A., & Sansom, M. R. (2006). Sustainable steel construction. *Journal of constructional steel research*, 62(11), 1178-1183.
- Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 29, 394-416.
- Chen, S., & Eng, B. (2011). *System dynamics based models for selecting HVAC systems for office buildings: A life cycle assessment from carbon emissions perspective* [Master thesis, RMIT University].
- Curran, M. A. (2013). Life cycle assessment: a review of the methodology and its application to sustainability. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 2(3), 273-277.
- de Klijn-Chevalerias, M., & Javed, S. (2017). The Dutch approach for assessing and reducing environmental impacts of building materials. *Building and Environment*, 111, 147-159.
- Dokka, T. H., Kristjansdottir, T. F., Time, B., Mellegård, S. E., Haase, M., & Tønnesen, J. (2013). *A zero emission concept analysis of an office building*. SINTEF academic press.

- Ecoinvent. (2021). Retrieved 10.feb. 2021 from <https://v371.ecoquery.ecoinvent.org/Home/Index>
- EeBGuide. (2012a). *2.4.1 Screening LCA*. Retrieved 08. feb. 2021 from <https://www.eebguide.eu/?p=913>
- EeBGuide. (2012b). *2.4.2 Simplified LCA*. Retrieved 08. feb. 2021 from <https://www.eebguide.eu/?p=922>
- EeBGuide. (2012c). *2.4.3 Complete LCA*. Retrieved 08. feb. 2021 from <https://www.eebguide.eu/?p=925>
- EPD-Norge. (2018). *NEPD-1622-644-EN - Aluminium Products*. S. Øglænd, AS. <https://www.epd-norge.no/stal-aluminiumskonstruksjoner/aluminium-products-article1927-323.html>
- EPD-Norge. (2019). *NEPD-1696-683-NO- Glava glassull*. A. Glava. <https://www.epd-norge.no/isolasjon/glava-glassull-article2023-321.html>
- EPD-Norge. (2020a). *NEPD-2144-971-NO - Sirkulære ventilasjonskanaler*. A. Ventistål. <https://www.epd-norge.no/stal-aluminiumskonstruksjoner/circular-ventilation-ducts-article2568-323.html>
- EPD-Norge. (2020b). *NEPD-2145-971-NO - Rektangulære ventilasjonskanaler*. A. Ventistål. <https://www.epd-norge.no/stal-aluminiumskonstruksjoner/rectangular-ventilation-ducts-article2569-323.html>
- EPD-Norge. (2021). *Hva er en EPD?* Retrieved 06. februar. 2021 from <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>
- Finnveden, G., Hauschild, M. Z., Ekvall, T., Guinée, J., Heijungs, R., Hellweg, S., Koehler, A., Pennington, D., & Suh, S. (2009). Recent developments in life cycle assessment. *Journal of environmental management*, 91(1), 1-21.
- Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017, 2017/08/01/). Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges. *Renewable and sustainable energy reviews*, 75, 1046-1053. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.083>

- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., & Van Zelm, R. (2009). ReCiPe 2008. *A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level, 1*, 1-126.
- Grini, C., & Fossdal, S. (2007). *Veileder for utarbeidelse av miljødeklarasjoner*. <https://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/veileder-miljodeklarasjoner.pdf>
- Heijungs, R., & Guinée, B. (2012). An Overview of the Life Cycle Assessment. *Life cycle assessment handbook: a guide for environmentally sustainable products*, 15.
- JRC, E. (2010). *International Reference Life Cycle Data System Handbook*. European Commission Joint Research Centre and the Institute for Environment and Sustainability.
- Junnila, S., & Horvath, A. (2003). Life-cycle environmental effects of an office building. *Journal of Infrastructure systems*, 9(4), 157-166.
- Khasreen, M. M., Banfill, P. F., & Menzies, G. F. (2009). Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review. *Sustainability*, 1(3), 674-701.
- Kiamili, C., Hollberg, A., & Habert, G. (2020). Detailed Assessment of Embodied Carbon of HVAC Systems for a New Office Building Based on BIM. *Sustainability*, 12(8), 3372.
- Kofoworola, O. F., & Gheewala, S. H. (2009). Life cycle energy assessment of a typical office building in Thailand. *Energy and Buildings*, 41(10), 1076-1083.
- Koukouloupoulos, K. (2021). *Kontakt med product manager* Retrieved 10. mai. 2021 from
- Kreiner, H., Passer, A., & Wallbaum, H. (2015, 2015/12/15/). A new systemic approach to improve the sustainability performance of office buildings in the early design stage. *Energy and Buildings*, 109, 385-396. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.09.040>
- Martínez-Rocamora, A., Solís-Guzmán, J., & Marrero, M. (2016). LCA databases focused on construction materials: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 58, 565-573.
- Meex, E., Hollberg, A., Knapen, E., Hildebrand, L., & Verbeeck, G. (2018). Requirements for applying LCA-based environmental impact assessment tools in the early stages of building design. *Building and Environment*, 133, 228-236.

- Monahan, J., & Powell, J. C. (2011). An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework. *Energy and Buildings*, 43(1), 179-188.
- Mordue, S., Swaddle, P., & Philp, D. (2015). *Building information modeling for dummies*. John Wiley & Sons.
- OKOBAUDAT. (2020). *Oekobau.dat 2020-II - Ventilation centralized with heat recovery AHU*.  
[https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/roleerror.xhtml?msgKey=sC4Vh6iY0L&stock=OBD\\_2020\\_II](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/roleerror.xhtml?msgKey=sC4Vh6iY0L&stock=OBD_2020_II)
- OneClickLCA. (2021). *NS 3720 Klimagassverktøyet One Click LCA Norge*. Retrieved 03.mars. 2021 from <https://oneclicklca.zendesk.com/hc/en-us/articles/360014964920-NS-3720-Klimagassverkt%C3%B8yet-One-Click-LCA-Norge>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008, 2008/01/01/). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394-398.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.03.007>
- Pré-sustainability.com. (2019). *ReCiPe - PRé Sustainability*. <https://pre-sustainability.com/articles/recipe/>
- Prek, M. (2004). Environmental impact and life cycle assessment of heating and air conditioning systems, a simplified case study. *Energy and Buildings*, 36(10), 1021-1027.
- Program, I. E. A. a. t. U. N. E. (2018). *Towards a Zero-Emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*  
[https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27140/Global\\_Status\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/27140/Global_Status_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Ramírez-Villegas, R., Eriksson, O., & Olofsson, T. (2019). Life cycle assessment of building renovation measures—trade-off between building materials and energy. *Energies*, 12(3), 344.
- Rivm.nl. (2018). *LCIA: the ReCiPe model | RIVM*. <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe>

- Rønning, A., & Brekke, A. (2014). Life cycle assessment (LCA) of the building sector: strengths and weaknesses. In *Eco-efficient construction and building materials* (pp. 63-83). Elsevier.
- Sartori, I., & Hestnes, A. G. (2007). Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. *Energy and Buildings*, 39(3), 249-257.
- Scheuer, C., Keoleian, G. A., & Reppe, P. (2003). Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modeling challenges and design implications. *Energy and Buildings*, 35(10), 1049-1064.
- Simonen, K. (2014). *Life cycle assessment*. Routledge.
- SINTEF. (2015a). *Livsløpsfaser og systemgrenser*. Retrieved 30. jan. 2021 from <https://www.byggforsk.no/Image/Index/46236>
- SINTEF. (2015b). *Tre forskjellige typer LCA etter formål og forventet bruk*. Retrieved 30. jan. 2021 from <https://www.byggforsk.no/Image/Display/46237>
- Soust-Verdaguer, B., Llatas, C., & García-Martínez, A. (2017, 2017/02/01/). Critical review of bim-based LCA method to buildings. *Energy and Buildings*, 136, 110-120. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.009>
- Standard-Norge. (2001). *NS-EN ISO 14020:2001 - Miljømerker og deklarasjoner - Generelle prinsipper*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=143845>
- Standard-Norge. (2006a). *NS-EN ISO 14040:2006 - Miljøstyring, Livsløpsvurdering, Prinsipper og rammeverk*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=928422>
- Standard-Norge. (2006b). *NS-EN ISO 14044:2006 - Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer*. <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=195484>
- Standard-Norge. (2010a). *NS-EN 15643-1:2010 - Bærekraftige byggverk, Vurdering av bygninger i et bærekraftsperspektiv - Del 1: Generelt rammeverk*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=512600>

- Standard-Norge. (2010b). *NS-EN ISO 14025:2010 - Miljømerker og deklarasjoner, Miljødeklarasjoner type III og Prinsipper og prosedyrer*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=438649>
- Standard-Norge. (2011a). *NS-EN 15978:2011 - Bærekraftige byggverk, Vurdering av bygningers miljøprestasjon og Beregningsmetode*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=600241>
- Standard-Norge. (2011b). *NS-EN 15643-2:2011 - Bærekraftige byggverk, Vurdering av bygninger i et bærekraftsperspektiv - Del 2: Rammeverk for vurdering av miljøprestasjon*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=600238>
- Standard-Norge. (2015a). *NS-EN ISO 14001:2015 - Ledelsessystemer for miljø - Spesifikasjon med veiledning*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=771074>
- Standard-Norge. (2015b). *NS 8360:2015 - BIM-objekter - Navngivning, typekoding og egenskaper for BIM-objekter og objektbiblioteker for byggverk*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=755570>
- Standard-Norge. (2016). *NS-EN ISO 14021:2016 - Miljømerker og deklarasjoner - Egendeklarerte miljøpåstander (Miljømerking type II)*. <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=824258>
- Standard-Norge. (2017a). *NS-EN 15459-1:2017 - Bygningers energiytelse - Økonomisk evalueringsprosedyre for energisystemer i bygninger - Del 1: Beregningsprosedyrer, Modul M1-14*. <https://www-standard-no.ezproxy.oslomet.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=512600>
- Standard-Norge. (2017b). *NS-ISO 21930:2017 - Bærekraftige bygninger og anlegg - Grunnleggende produktkategoriregler for miljødeklarasjoner for byggevarer og tjenester*. <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=941608>

- Standard-Norge. (2018). *NS 3720:2018 - Metode for klimagassberegninger for bygninger*  
[https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/roleerror.xhtml?msgKey=tp6F6L6gtM&stock=OBD\\_2020\\_II](https://www.oekobaudat.de/OEKOBAU.DAT/roleerror.xhtml?msgKey=tp6F6L6gtM&stock=OBD_2020_II)
- Standard-Norge. (2019). *NS-EN 15804:2012+A2:2019 - Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer*  
<https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=1105165>
- Tettey, U. Y. A., Dodoo, A., & Gustavsson, L. (2014, 2014/10/01/). Effects of different insulation materials on primary energy and CO2 emission of a multi-storey residential building. *Energy and Buildings*, 82, 369-377.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.07.009>
- Thormark, C. (2002). A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. *Building and Environment*, 37(4), 429-435.
- Wallhagen, M., Glaumann, M., & Malmqvist, T. (2011). Basic building life cycle calculations to decrease contribution to climate change—Case study on an office building in Sweden. *Building and Environment*, 46(10), 1863-1871.
- Welle, B., Haymaker, J., & Rogers, Z. (2011, 2011/12/01). ThermalOpt: A methodology for automated BIM-based multidisciplinary thermal simulation for use in optimization environments. *Building Simulation*, 4(4), 293-313. <https://doi.org/10.1007/s12273-011-0052-5>
- Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A., & Scarpellini, S. (2009, 2009/12/01/). Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, 44(12), 2510-2520.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.05.001>

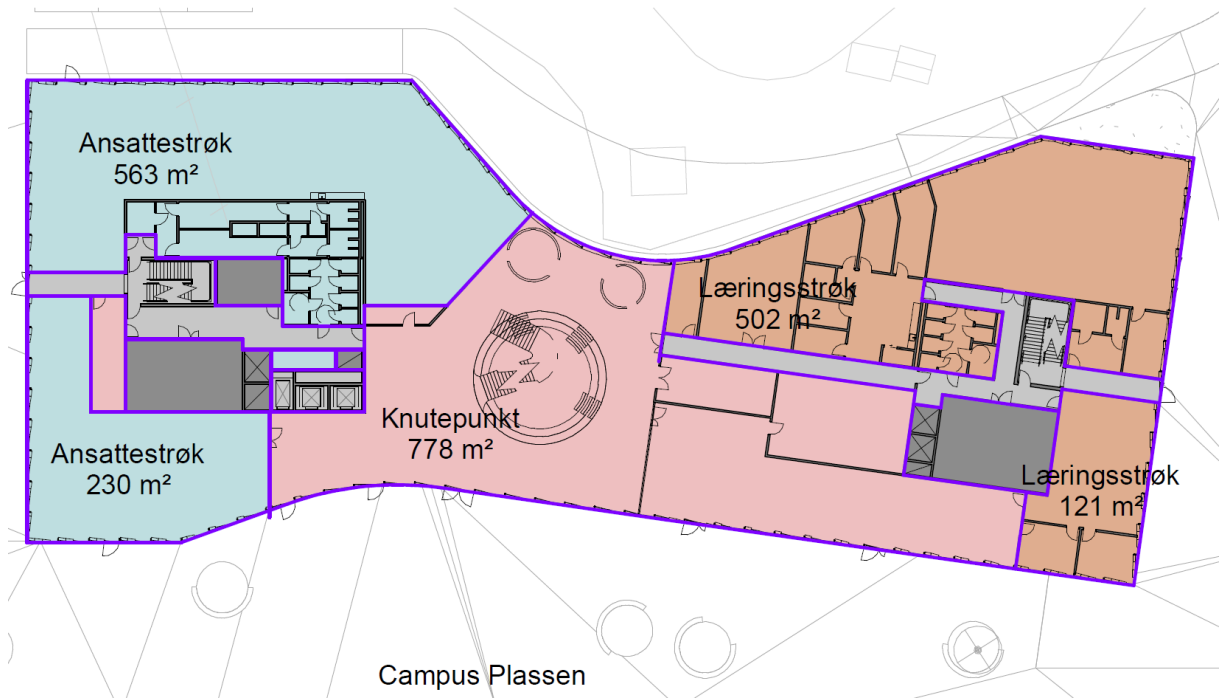
## Vedlegg

Vedlegg A	Plantegning av kontorbygningen.....	62
Vedlegg B	Fasade.....	64
Vedlegg C	Beregninger på Excel .....	65
Vedlegg D	Beregning i One Click LCA.....	68
Vedlegg E	Datablader og mengder .....	73

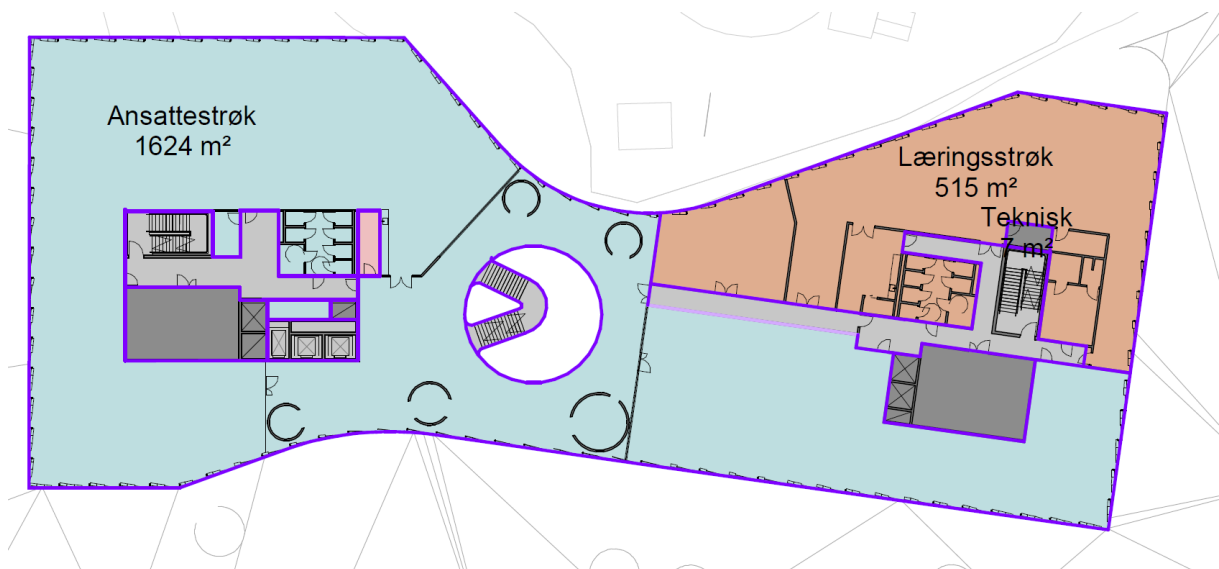


# Vedlegg A Plantegning av kontorbygningen

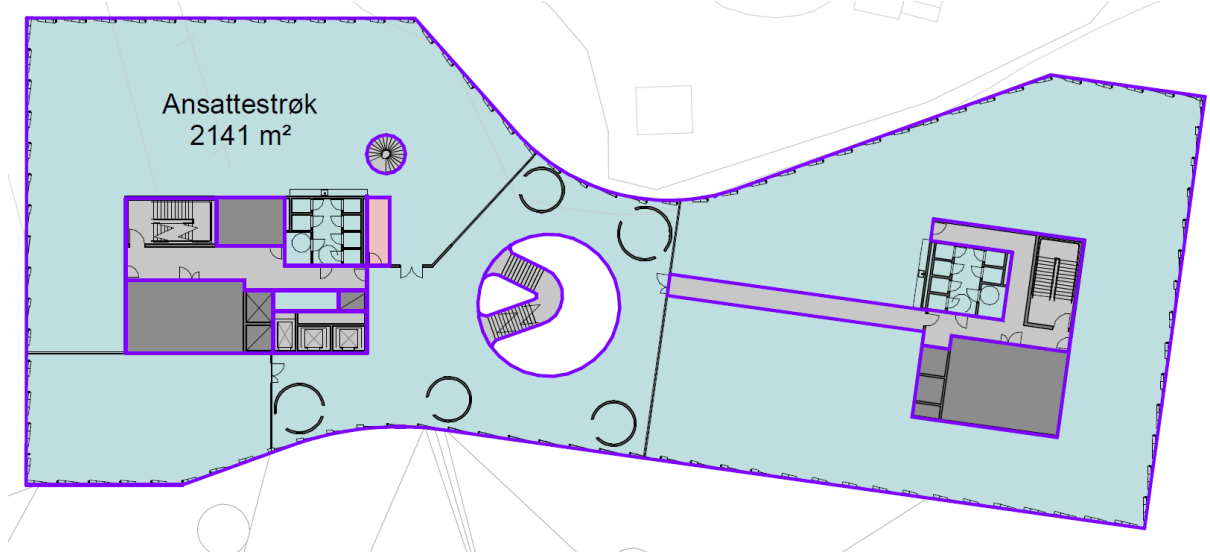
## Vedlegg A.1 Plan 1



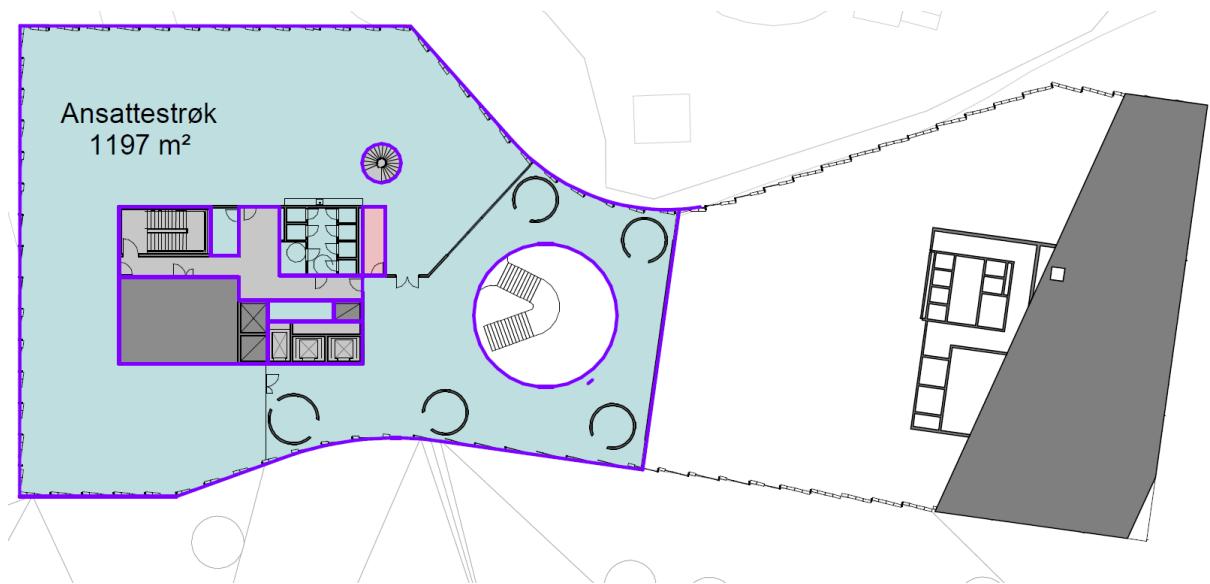
## Vedlegg A.2 Plan 2



Vedlegg A.3 Plan 3

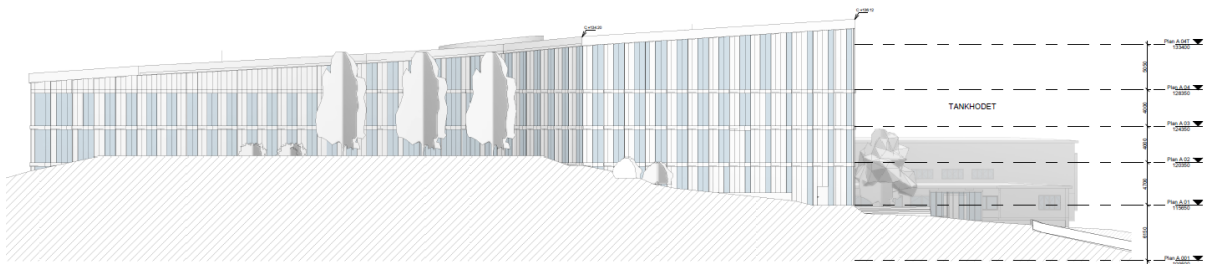


Vedlegg A.4 Plan 4

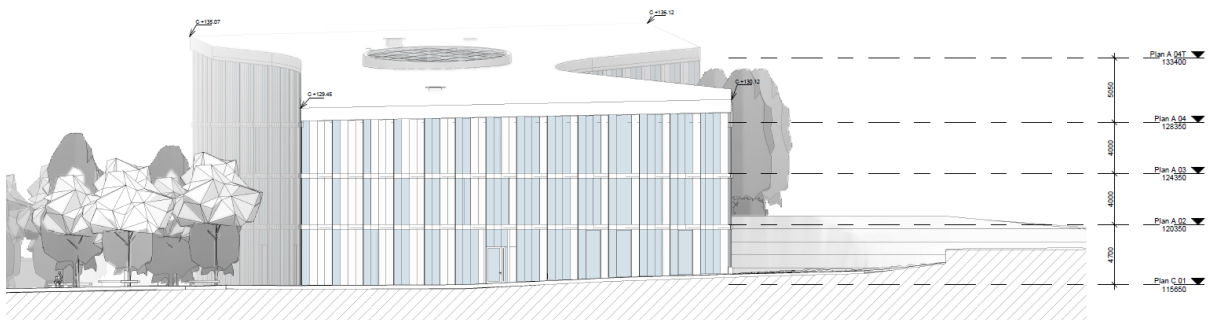


Vedlegg B Fasade

Vedlegg B.1 Øst



Vedlegg B.2 Vest



## Vedlegg C Beregninger på Excel

### Vedlegg C.1 Areal

<b>Bruttoareal</b>			
Plan	BTA [m <sup>2</sup> ]	høyde [m]	Volum [m <sup>3</sup> ]
Plan 1	2537	4,7	11924
Plan 2	2602	4	10408
Plan 3	2602	4	10408
Plan 4	1531	5,05	7734
<b>Tot</b>	<b>9272</b>	<b>17,75</b>	<b>164584</b>

<b>Bruksareal - BRA</b>			
Plan	BRA [m <sup>2</sup> ]	Høyde [m]	Volum [m <sup>3</sup> ]
Plan 1	2420	4,7	11375
Plan 2	2409	4	9636
Plan 3	2409	4	9636
Plan 4	1372	5,05	6929
<b>Tot</b>	<b>8610</b>	<b>17,75</b>	<b>152835</b>

### Vedlegg C.2 Luftmengde

Aggregat	Betjener	Luft- mengde (m <sup>3</sup> /h)	Luft- mengde (m <sup>3</sup> /h) Inkl 15% reservekap.	Plan	Tot Luft- mengde (m <sup>3</sup> /h)
360.---	Auditorium 1	5500	6325	1	<b>43413</b>
360.---	Plan 1 øst	11250	12938	1	
360.---	Auditorium 2	5500	6325	1	
360.---	Plan 1 vest	15500	17825	1	
360.---	Plan 2 øst	15750	18113	2	<b>44850</b>
360.---	Plan 2 vest	23250	26738	2	
360.---	Plan 3 øst	15750	18113	3	<b>44850</b>
360.---	Plan 3 vest	23250	26738	3	
360.---	Plan 4 øst	15750	18113	4	<b>71588</b>
360.---	Plan 4 vest	23250	26738	4	
360.---	Plan 5 vest	23250	26738	5	
<b>TOT</b>					<b>204700</b>

### Vedlegg C.3 Ventilasjonsskanal og bend

<b>36 Ventilasjonsskanaler - Fløy A Kontorbygning</b>				
<b>Type</b>	<b>Diameter</b>	<b>Width</b>	<b>Height</b>	<b>Lengde m</b>
Rektangulær kanal		2000	1200	22
Rektangulær kanal		2000	2000	69
Rektangulær kanal		2700	1200	51
Sirkulær kanal	630			626
Sirkulær kanal	800			78
Sirkulær kanal	1000			21
<b>36 Duct Fittings</b>				
<b>Family and Type</b>	<b>Size</b>	<b>Count</b>		
Lindab LBR: LBR	2000x1200-2000x1200	7		
Lindab LBR: LBR	2700x1200-2000x1200	3		
Sirkulær bend 90 grader ø630	ø630-ø630	67		
Sirkulær bend 60 grader ø1000	ø1000-ø1000	14		

## Vedlegg C.4 GWP

GWP - Ventiljonskomponenter											LCA utslippsinformasjon		Total emissions	
Komponent	Leverandør	Material	Mengde	Enhet	Levetid [år]	Vekt/meter [kg/m]	Vekt/enhet [kg/stk]	Antall stk	Sum	Referanse: EPD/artikkel/ Ecoinvent	A1-A3 Produktfase	Enhet	A1-A3 Produktfase	Enhet
Aggregat 2982x2964	Systemair Genox 29		704	kg/stk	25		707	11	7744	oekobau.dat: 8.2.01	4,00E+00	kg CO2-eqv/kg	3,10E+04	kg CO2-eqv
Rektangulær kanal 2000x1200	Lindab	Galvanisert stål	22	m	60	52			1144	NEPD-2145-971-NO	5,46E+00	kg CO2-eqv/kg	6,25E+03	kg CO2-eqv
Rektangulær kanal 2000x2000	Lindab	Galvanisert stål	69	m	60	69			4761	NEPD-2145-971-NO	5,46E+00	kg CO2-eqv/kg	2,60E+04	kg CO2-eqv
Rektangulær kanal 2700x1200	Lindab	Galvanisert stål	51	m	60	82			4182	NEPD-2145-971-NO	5,46E+00	kg CO2-eqv/kg	2,28E+04	kg CO2-eqv
Sirkulær kanal ø630	Ventistål	Galvanisert stål	626	m	60	12,2			7637	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	2,95E+04	kg CO2-eqv
Sirkulær kanal ø800	Ventistål	Galvanisert stål	78	m	60	15,4			1201	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	4,64E+03	kg CO2-eqv
Sirkulær kanal ø1000	Ventistål	Galvanisert stål	21	m	60	25,5			536	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	2,07E+03	kg CO2-eqv
Bend rektangulær 2000x1200	Lindab LBR	Galvanisert stål	7	stk	60		52	7	364	NEPD-2145-971-NO	5,46E+00	kg CO2-eqv/kg	1,99E+03	kg CO2-eqv
Bend rektangulær 2000x2000	Lindab LBR	Galvanisert stål	3	stk	60		69	3	207	NEPD-2145-971-NO	5,46E+00	kg CO2-eqv/kg	1,13E+03	kg CO2-eqv
ø630 - 90 grader Sirkulær bend	Ventistål	Galvanisert stål	67	stk	60		9,15	67	613	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	2,37E+03	kg CO2-eqv
ø1000 - 90 grader Sirkulær bend	Ventistål	Galvanisert stål	14	stk	60			32	448	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	1,73E+03	kg CO2-eqv
Isolasjon inntak og avkast 2000x2000 Tykkelse 100mm	GLAVA	Glassull	614,1	m <sup>2</sup>	60				614,1	NEPD-1696-683-NO	4,30E-01	kg CO2-eqv/m <sup>2</sup>	2,64E+02	kg CO2-eqv
Brannisolasjon ø630 Tykkelse 100mm	GLAVA	Glassull	1696,46	m <sup>2</sup>	60				1696,46	NEPD-1696-683-NO	4,30E-01	kg CO2-eqv/m <sup>2</sup>	7,29E+02	kg CO2-eqv
Brannisolasjon ø800 Tykkelse 100mm	GLAVA	Glassull	252,72	m <sup>2</sup>	60				252,72	NEPD-1696-683-NO	4,30E-01	kg CO2-eqv/m <sup>2</sup>	1,09E+02	kg CO2-eqv
Brannisolasjon ø1000 Tykkelse 100mm	GLAVA	Glassull	81,27	m <sup>2</sup>	60				81,27	NEPD-1696-683-NO	4,30E-01	kg CO2-eqv/m <sup>2</sup>	3,49E+01	kg CO2-eqv
Avkast: Jettette JTA-2	TROX Auranor	Galvanisert stål	2	stk	60		66	2	132	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	5,10E+02	kg CO2-eqv
Inntak: RAT	TROX Auranor	Galvanisert stål	2	stk	60		134	2	268	NEPD-2144-971-NO	4,86E+00	kg CO2-eqv/kg	1,30E+03	kg CO2-eqv
Tilluftventil - LØV-R - ø160mm	TROX Auranor	Galvanisert stål - 70% Aluminium 30%	161	stk	30		4,1	161	462	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	1,78E+03	kg CO2-eqv
									198	NEPD-1622-644-EN	1,30E+01	kg CO2-eqv/kg	2,57E+03	kg CO2-eqv
Avtrekkventil LØV - R - ø160mm	TROX Auranor	Galvanisert stål - 70% Aluminium 30%	161	stk	30		4,1	161	462	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	1,78E+03	kg CO2-eqv
									198	NEPD-1622-644-EN	1,30E+01	kg CO2-eqv/kg	2,57E+03	kg CO2-eqv
Tilluftventil - LØV-R - ø315mm	TROX Auranor	Galvanisert stål - 70% Aluminium 30%	161	stk	30			11	1240	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	4,79E+03	kg CO2-eqv
									531	NEPD-1622-644-EN	1,30E+01	kg CO2-eqv/kg	6,91E+03	kg CO2-eqv
Avtrekkventil LØV - R - ø315mm	TROX Auranor	Galvanisert stål - 70% Aluminium 30%	161	stk	30			11	1240	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	4,79E+03	kg CO2-eqv
									531	NEPD-1622-644-EN	1,30E+01	kg CO2-eqv/kg	6,91E+03	kg CO2-eqv
Spjeld - IRIS - ø630	TROX Auranor	Galvanisert stål	32	stk	30			16	512	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	1,98E+03	kg CO2-eqv
Spjeld - IRIS - ø800	TROX Auranor	Galvanisert stål	12	stk	30		25	12	300	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	1,16E+03	kg CO2-eqv
Lyddempere - LKR Inntak og avkast	TROX Auranor	Galvanisert stål - 60% Glassull - 40%	4	Stk	30			4	240	NEPD-2145-971-NO	5,46E+00	kg CO2-eqv/kg	1,31E+03	kg CO2-eqv
									120	NEPD-1696-683-NO	4,30E-01	kg CO2-eqv/kg	5,16E+01	kg CO2-eqv
Brannspjeld - FKR-EU ø630	TROX Auranor	Galvanisert stål	32	stk	30		26	32	832	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	3,21E+03	kg CO2-eqv
Brannspjeld - FKR-EU ø800	TROX Auranor	Galvanisert stål	12	stk	30		34	12	408	NEPD-2144-971-NO	3,86E+00	kg CO2-eqv/kg	1,57E+03	kg CO2-eqv
<b>Total</b>													<b>1,74E+05</b>	<b>kg CO2-eqv</b>
													<b>18,74175185</b>	<b>kg CO2-eqv/m2</b>

# Vedlegg D

# Beregning i One Click LCA

## Vedlegg D.1 Generiske data

Ressurs	Mengde	CO <sub>2</sub> e	Kommentar	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Levetid	Lokalisering	
Air handling unit, with heat recove	11 unit	2271 - 37%		70 Stor varebil, 9 tonns	0 Stor varebil, 9 tonns	25	Ikke anvendbar	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	1144 kg	1,21 - 0,2%	Rektangulære kanal	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	4761 kg	5,21 - 0,8%	Rektangulære kanal	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	4182 kg	4,51 - 0,7%	Rektangulære kanal	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ventilation ducting, per m linear	626 m	1911 - 31%	øD: 630	70 Stor varebil, 9 tonns	0 Stor varebil, 9 tonns	25	Ikke anvendbar	Endring
Ventilation ducting, per m linear	78 m	311 - 5%	øD: 800	70 Stor varebil, 9 tonns	0 Stor varebil, 9 tonns	25	Ikke anvendbar	Endring
Ventilation ducting, per m linear	21 m	111 - 2%	øD: 1000	70 Stor varebil, 9 tonns	0 Stor varebil, 9 tonns	25	Ikke anvendbar	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	364 kg	0,41 - 0,1%	Rektangulære bend	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	207 kg	0,221 - ~0%	Rektangulære bend	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ventilation ducting, per m linear	613 kg	131 - 2%	Sirkulær bend ø630mm	70 Stor varebil, 9 tonns	0 Stor varebil, 9 tonns	25	Ikke anvendbar	Endring
Ventilation ducting, per m linear	448 kg	9,81 - 2%	Sirkulær bend ø1000mm	70 Stor varebil, 9 tonns	0 Stor varebil, 9 tonns	25	Ikke anvendbar	Endring
Glassull isolasjonspalter, generisk	614.1 m2 x 100 mm	8,71 - 1%	Lamelliso 2000x2000mm	70 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Glassull isolasjonspalter, generisk	1696.46 m2 x 100 mm	241 - 4%	Branniso ø630mm	70 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Glassull isolasjonspalter, generisk	252.72 m2 x 100 mm	3,61 - 0,6%	Branniso ø800mm	70 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Glassull isolasjonspalter, generisk	81.27 m2 x 100 mm	1,11 - 0,2%	Branniso ø1000mm	70 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Rooftop exhaust fan, max flowrate	2 unit	11 - 0,2%	Inntak	70 Stor varebil, 9 tonns	0 Not defined	25	Ikke anvendbar	Endring
Rooftop exhaust fan, max flowrate	2 unit	11 - 0,2%	Avkast	70 Stor varebil, 9 tonns	0 Not defined	25	Ikke anvendbar	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	2479 kg	2,71 - 0,4%	Tilluftsentil - 70% mengde	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	2479 kg	2,71 - 0,4%	Avtrekkventil - 70%	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	512 kg	0,561 - 0,1%	Spjeld ø630mm	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	300 kg	0,331 - 0,1%	Spjeld ø800mm	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring
Ståiplater, generisk, 90% recycled	240 kg	0,261 - ~0%	Lyddempere 60% mengde	110 Trailer, 40 tonns	0 Not defined	Som bygning	X Norge IEA2018	Endring

## ZEN Ocean Space Center - Fløy A: Generisk data

Life-cycle assessment, EN-15978: Byggematerialer									
<span>Vis %</span> <span>Skjul overskrifter</span> <span>Skriv ut</span> <span>Lukk</span>									
Konstruksjon	Ressurs	Brukerinngang	Klimagassutslipp kg CO <sub>2</sub> e	Acidification kg SO <sub>2</sub> e	Eutrophication kg PO <sub>4</sub> e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ	Kommentarer
▼ Bygningsmaterialer > Bygningsteknologi > Bygningssystemer og -installasjoner (3, 4, 5, 6)									
	Ventilation ducting, per m linear, D: 1000 mm (39.37 in)	21 m	3,82E3	2,87E1	4,48E0	2,61E-4	1,5E0	6,01E4	øD: 1000
	Ventilation ducting, per m linear, D: 1000 mm (39.37 in)	448 kg	3,26E3	2,45E1	3,82E0	2,23E-4	1,28E0	5,13E4	Sirkulær bend ø1000mm
	Ventilation ducting, per m linear, D: 630 mm (24.80 in)	613 kg	4,46E3	3,35E1	5,23E0	3,05E-4	1,75E0	7,02E4	Sirkulær bend ø630mm
	Ventilation ducting, per m linear, D: 630 mm (24.80 in)	626 m	6,37E4	4,79E2	7,48E1	4,36E-3	2,5E1	1E6	øD: 630
	Ventilation ducting, per m linear, D: 800 mm (31.50 in)	78 m	1,02E4	7,68E1	1,2E1	6,98E-4	4E0	1,61E5	øD: 800
	Glassull isolasjonspalter, generisk, L = 0.034 W/mK, R = 2.9...	81,27 m2	1,1E3	4,15E0	6,08E-1	1,32E-4	2,16E-1	2,81E4	Branniso ø1000mm
	Glassull isolasjonspalter, generisk, L = 0.034 W/mK, R = 2.9...	252,72 m2	3,44E3	1,29E1	1,89E0	4,1E-4	6,72E-1	8,74E4	Branniso ø800mm
	Glassull isolasjonspalter, generisk, L = 0.034 W/mK, R = 2.9...	614,1 m2	8,35E3	3,14E1	4,59E0	9,96E-4	1,63E0	2,12E5	Lamelliso 2000x2000mm
	Glassull isolasjonspalter, generisk, L = 0.034 W/mK, R = 2.9...	1 696,46 m2	2,31E4	8,67E1	1,27E1	2,75E-3	4,51E0	5,87E5	Branniso ø630mm
	Rooftop exhaust fan, max flowrate: 1000 m3/h (588.6 ft3/min)...	2 unit	3,38E2	2,65E0	6,55E-1	2,06E-5	1,54E-1	5,45E3	Inntak

	Rooftop exhaust fan, max flowrate: 1000 m3/h (588.6 ft3/min)... ?	2 unit	3,38E2	2,65E0	6,55E-1	2,06E-5	1,54E-1	5,45E3	Avkast
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	207 kg	2,22E2	9,45E-1	1,3E-1	1,72E-5	1,06E-1	4,2E3	Rektangulære bend 2000x2000mm
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	240 kg	2,58E2	1,1E0	1,51E-1	2E-5	1,23E-1	4,87E3	Lyddempere 60% mengde
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	300 kg	3,22E2	1,37E0	1,88E-1	2,5E-5	1,54E-1	6,09E3	Spjeld ø800mm
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	364 kg	3,91E2	1,66E0	2,28E-1	3,03E-5	1,87E-1	7,39E3	Rektangulære bend 2000x1200mm
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	512 kg	5,5E2	2,34E0	3,21E-1	4,26E-5	2,63E-1	1,04E4	Spjeld ø630mm
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	1 144 kg	1,23E3	5,22E0	7,18E-1	9,53E-5	5,88E-1	2,32E4	Rektangulære kanal 2000x1200mm
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	2 479 kg	2,66E3	1,13E1	1,55E0	2,06E-4	1,27E0	5,03E4	Tilluftsentil - 70% mengde
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	2 479 kg	2,66E3	1,13E1	1,55E0	2,06E-4	1,27E0	5,03E4	Avtrekksventil - 70% mengde
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	4 182 kg	4,49E3	1,91E1	2,62E0	3,48E-4	2,15E0	8,49E4	Rektangulære kanal 2700x1200mm
	Stålblater, generisk, 90% recycled content (typical), S235, ... ?	4 761 kg	5,11E3	2,17E1	2,99E0	3,96E-4	2,45E0	9,66E4	Rektangulære kanal 2000x2000mm
	Air handling unit, with heat recovery through rotary heat ex... ?	11 unit	7,57E4	5,41E2	8,23E1	4,92E-3	3,04E1	1,2E6	
		<b>Delsum</b>	<b>2,16E5</b>	<b>1,4E3</b>	<b>2,14E2</b>	<b>1,65E-2</b>	<b>7,98E1</b>	<b>3,81E6</b>	



## Vedlegg D.2 Iht. EPD

Ressurs	Mengde	CO <sub>2</sub> e	Kommentar	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Levetid	Lokalisering	Endring
Ventilasjon centralized with heat r ?	11 unit	93t - 29%	Tysk EPD	70	0	25	Ikke anvendbar	Endring
Rektangulære ventilasjonskanaler, i ?	1144 kg	6,3t - 2%	2000x1200 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Rektangulære ventilasjonskanaler, i ?	4761 kg	26t - 8%	2000x2000 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Rektangulære ventilasjonskanaler, i ?	4182 kg	23t - 7%	2700x1200 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	7637 kg	30t - 9%	ø630 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	1201 kg	4,6t - 1%	ø800 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	536 kg	2,1t - 0,7%	ø1000 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Rektangulære ventilasjonskanaler, i ?	364 kg	2t - 0,6%	Bend 2000x1200 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Rektangulære ventilasjonskanaler, i ?	207 kg	1,1t - 0,4%	Bend 2000x2000 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	613 kg	2,4t - 0,7%	Bend ø630 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	448 kg	1,7t - 0,5%	Bend ø1000 mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 ?	614 m2 x 100 mm	1,6t - 0,5%	Lamell 2000x2000 mm	70	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 ?	1696 m2 x 100 mm	4,4t - 1%	Brann ø630 mm	70	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 ?	252 m2 x 100 mm	0,65t - 0,2%	Brann ø800 mm	70	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 ?	81 m2 x 100 mm	0,21t - 0,1%	Brann ø1000 mm	70	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	132 kg	0,51t - 0,2%	Avkast Jethette	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	268 kg	1t - 0,3%	Inntak RAT	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	462 kg	1,8t - 0,6%	Tilluftsventil ø160mm Stål	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Aluminiumsprodukter, 2700 kg/m3 (Øg ?	198 kg	2,6t - 0,8%	Tilluftsventil ø160mm Alumi	40	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	462 kg	1,8t - 0,6%	Avtrekksventil ø160mm Stål	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Aluminiumsprodukter, 2700 kg/m3 (Øg ?	198 kg	2,6t - 0,8%	Avtrekksventil ø160mm	40	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	1240 kg	4,8t - 2%	Tilluftsventil ø315mm Stål	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Aluminiumsprodukter, 2700 kg/m3 (Øg ?	531 kg	6,9t - 2%	Tilluftsventil ø315mm Alumi	40	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	1240 kg	4,8t - 2%	Avtrekksventil ø315mm Stål	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Aluminiumsprodukter, 2700 kg/m3 (Øg ?	531 kg	6,9t - 2%	Avtrekksventil ø315mm	40	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	512 kg	2t - 0,6%	Spjeld ø630mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	300 kg	1,2t - 0,4%	Spjeld ø800mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	240 kg	0,93t - 0,3%	Lyddemper Inntak og avk.	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 ?	120 kg	89kg - ~0%	Isolasjon lyddemper	70	0	Som bygning	Lokal, intet behov	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	832 kg	3,2t - 1%	Brannspjeld ø630mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring
Sirkulære ventilasjonskanaler, i ga ?	408 kg	1,6t - 0,5%	Brannspjeld ø800mm	110	0	60	Ikke anvendbar	Endring

## ZEN Ocean Space Center - Fløy A: Iht EPD

Life-cycle assessment, EN-15978: Byggematerialer									
<span>Vis %</span> <span>Skjul overskrifter</span> <span>Skriv ut</span> <span>Lukk</span>									
Konstruksjon	Ressurs	Brukerinngang	Klimagassutslipp kg CO <sub>2</sub> e	Acidification kg SO <sub>2</sub> e	Eutrophication kg PO <sub>4</sub> e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ	Kommentarer
▼ Bygningssystemer > Bygningsteknologi > Bygningssystemer og -installasjoner (3, 4, 5, 6)									
	Aluminiumsprodukter, 2700 kg/m3 (Øglænd System) ?	198 kg	2,57E3	1,32E1	7,37E-1	7,52E-5	7,82E-1	4,64E4	Tilluftsventil ø160mm Alumi
	Aluminiumsprodukter, 2700 kg/m3 (Øglænd System) ?	198 kg	2,57E3	1,32E1	7,37E-1	7,52E-5	7,82E-1	4,64E4	Avtrekksventil ø160mm Alumi
	Aluminiumsprodukter, 2700 kg/m3 (Øglænd System) ?	531 kg	6,9E3	3,55E1	1,98E0	2,02E-4	2,1E0	1,24E5	Tilluftsventil ø315mm Alumi
	Aluminiumsprodukter, 2700 kg/m3 (Øglænd System) ?	531 kg	6,9E3	3,55E1	1,98E0	2,02E-4	2,1E0	1,24E5	Avtrekksventil ø315mm Alumi
	Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 kg/m3, Lambda=0.033 W/(m.... ?	81 m2	2,09E2	6,71E-1	2,06E-1	1,15E-5	8,26E-2	4,74E3	Brann ø1000 mm
	Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 kg/m3, Lambda=0.033 W/(m.... ?	120 kg	8,85E1	2,84E-1	8,7E-2	4,88E-6	3,5E-2	2,01E3	Isolasjon lyddemper
	Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 kg/m3, Lambda=0.033 W/(m.... ?	252 m2	6,5E2	2,09E0	6,4E-1	3,58E-5	2,57E-1	1,48E4	Brann ø800 mm
	Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 kg/m3, Lambda=0.033 W/(m.... ?	614 m2	1,58E3	5,08E0	1,56E0	8,73E-5	6,26E-1	3,6E4	Lamell 2000x2000 mm
	Glava glassull, L = 0.033 W/mK, 35 kg/m3, Lambda=0.033 W/(m.... ?	1 696 m2	4,38E3	1,4E1	4,3E0	2,41E-4	1,73E0	9,93E4	Brann ø630 mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	132 kg	5,1E2	5,21E0	1,12E0	3,43E-5	2,86E-1	6,79E3	Avkast Jethette
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	240 kg	9,26E2	9,48E0	2,03E0	6,24E-5	5,21E-1	1,24E4	Lyddemper Inntak og avk. Stål
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	268 kg	1,03E3	1,06E1	2,27E0	6,97E-5	5,82E-1	1,38E4	Inntak RAT

	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	300 kg	1,16E3	1,18E1	2,54E0	7,8E-5	6,51E-1	1,54E4	Spjeld ø800mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	408 kg	1,57E3	1,61E1	3,46E0	1,06E-4	8,85E-1	2,1E4	Brannspjeld ø800mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	448 kg	1,73E3	1,77E1	3,79E0	1,16E-4	9,72E-1	2,31E4	Bend ø1000 mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	462 kg	1,78E3	1,82E1	3,91E0	1,2E-4	1E0	2,38E4	Tiluftsventil ø160mm Stål
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	462 kg	1,78E3	1,82E1	3,91E0	1,2E-4	1E0	2,38E4	Avtrekksventil ø160mm Stål
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	512 kg	1,98E3	2,02E1	4,34E0	1,33E-4	1,11E0	2,64E4	Spjeld ø630mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	536 kg	2,07E3	2,12E1	4,54E0	1,39E-4	1,16E0	2,76E4	ø1000 mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	613 kg	2,37E3	2,42E1	5,19E0	1,59E-4	1,33E0	3,16E4	Bend ø630 mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	832 kg	3,21E3	3,29E1	7,05E0	2,16E-4	1,81E0	4,28E4	Brannspjeld ø630mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	1 201 kg	4,64E3	4,74E1	1,02E1	3,12E-4	2,61E0	6,18E4	ø800 mm
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	1 240 kg	4,79E3	4,9E1	1,05E1	3,22E-4	2,69E0	6,38E4	Tiluftsventil ø315mm Stål
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	1 240 kg	4,79E3	4,9E1	1,05E1	3,22E-4	2,69E0	6,38E4	Avtrekksventil ø315mm Stål
	Sirkulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, 0.7... ?	7 637 kg	2,95E4	3,02E2	6,47E1	1,99E-3	1,66E1	3,93E5	ø630 mm
	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, ... ?	207 kg	1,13E3	1,14E1	2,42E0	7,53E-5	6,27E-1	1,6E4	Bend 2000x2000 mm
	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, ... ?	364 kg	1,99E3	2E1	4,26E0	1,32E-4	1,1E0	2,81E4	Bend 2000x1200 mm
	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, ... ?	1 144 kg	6,25E3	6,29E1	1,34E1	4,16E-4	3,47E0	8,84E4	2000x1200 mm
	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, ... ?	4 182 kg	2,28E4	2,3E2	4,89E1	1,52E-3	1,27E1	3,23E5	2700x1200 mm
	Rektangulære ventilasjonskanaler, i galvanisert stål, Z275, ... ?	4 761 kg	2,6E4	2,62E2	5,57E1	1,73E-3	1,44E1	3,68E5	2000x2000 mm
	Ventilation centralized with heat recovery (Air handling uni... ?	11 unit	3,1E4	8,4E1	7,03E0	2,17E-8	7,99E0	4,07E5	Tysk EPD
	<b>Delsum</b>		<b>1,79E5</b>	<b>1,44E3</b>	<b>2,84E2</b>	<b>9,11E-3</b>	<b>8,46E1</b>	<b>2,58E6</b>	

## Vedlegg D.3 Ferdigvalgt ventilasjonssystem for en kontorbygning

Ressurs	Mengde	CO <sub>2</sub> e	Kommentar	Transport, kilometer	Transport, leg2, kilometer	Levetid	Lokalisering
Ventilasjonssystem for kontor ?	8610 m <sup>2</sup>	323t - 81%		Data etter komponent	0	Data etter komponent	Data etter komponent
Air handling unit, with heat recove ?	7,9 unit	241t - 60%		70 Stor varebil, 9 tonns	0 Stor varebil, 9 tonns	25	Ikke anvendbar
Ventilation ducting, per m linear ?	1025 m	82t - 20%		70 Stor varebil, 9 tonns	0 Stor varebil, 9 tonns	60	Ikke anvendbar

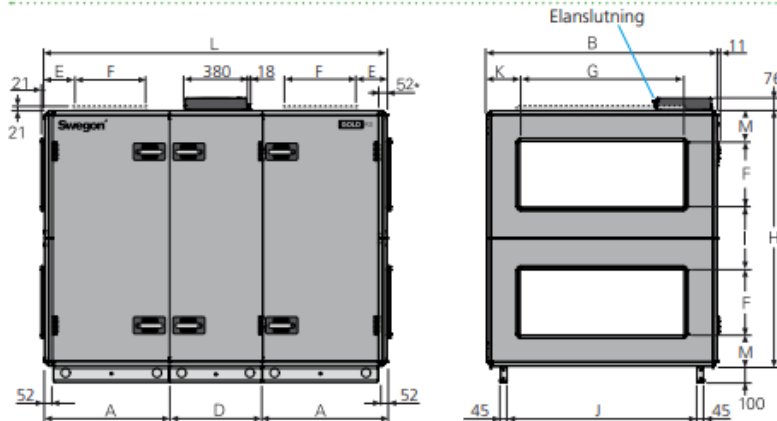
### ZEN Ocean Space Center - Fløy A: Ferdigvalgt ventsystem

#### Life-cycle assessment, EN-15978: Byggematerialer

Konstruksjon	Ressurs	Brukerinngang	Klimagassutslipp kg CO <sub>2</sub> e	Acidification kg SO <sub>2</sub> e	Eutrophication kg PO <sub>4</sub> e	Ozone depletion potential kg CFC11e	Formation of ozone of lower atmosphere kg Ethenee	Total use of primary energy ex. raw materials MJ	Kommentarer
▼ Bygningmaterier > Bygningsteknologi > Bygningssystemer og -installasjoner (3, 4, 5, 6)									
Ventilasjonssystem for kontor og omsorgsbygninger	Ventilation ducting, per m linear, D: 500 mm (19.69 in) ?	1 025 m	8,2E4	6,17E2	9,62E1	5,61E-3	3,21E1	1,29E6	
Ventilasjonssystem for kontor og omsorgsbygninger	Air handling unit, with heat recovery through plate heat exc... ?	7,9 unit	8,04E4	5,74E2	8,74E1	5,23E-3	3,23E1	1,27E6	
	<b>Delsum</b>		<b>1,62E5</b>	<b>1,19E3</b>	<b>1,84E2</b>	<b>1,08E-2</b>	<b>6,44E1</b>	<b>2,56E6</b>	

## Vedlegg E Datablader og mengder

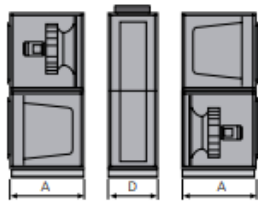
### Vedlegg E.1 Ventilasjonsaggregat Swegon Gold RX



\* Vid kanaltillbehør i isolert hølje levereres aggregatet utan anslutningsgavel. Aggregatet kan även levereras med full face anslutningsgavel (tillbehør).

Storlek	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Vikt, kg
014/020	757,5	1400	565	205	400	1000	1551	375	1154	200	2080	188	573-721

#### Delning för intransport



Delning kan ske till tre sektioner på byggsplats.

**Mått:** Se A och D i tabell ovan.

**Vikt:** A = 190-264 kg,  
D = 193 kg.

#### Inspektionsutrymme

900 mm fritt utrymme bör lämnas framför aggregatet och minst 200 mm ovanför kopplingshuvet.

#### Märkdata per fläkt

Storlek 014: Motoraxeffekt 1,6 alt. 2,4 kW,  
motorstyrning 3 x 400 V, 50 Hz

Storlek 020: Motoraxeffekt 2,4 kW alt. 3,4 kW,  
motorstyrning 3 x 400 V, 50 Hz

#### Elanslutning

Se tabell Elektriska data i slutet av detta avsnitt.

64

Reservasjon for ändringar

20210426

Swegon

## Vedlegg E.2 Kanaler og bend

### Rektangulære kanaler:

Specific weight,  $m_1$  [kg/m]

b \ a	200	250	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
100	4	5	6	7									
150	5	6	6	8	9	11							
200	6	6	7	8	10	11	15						
250		7	8	9	11	12	16	19					
300			8	10	11	13	16	19	22				
400				11	13	14	18	21	24	27	33		
500					14	15	19	22	25	28	35	38	41
600						17	21	24	27	30	36	40	42
800							25	28	31	34	41	44	45
1000								31	34	37	44	47	49
1200									37	40	47	50	52
1400										43	50	53	55
1600											58	61	62
1800												65	65
2000													69

Lindab reserves the right to make changes without prior notice

Lindab

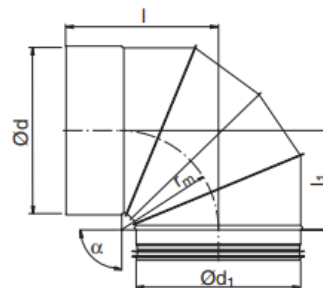
## Sirkulære kanaler:

Veloduct® – Cirkulært kanalsystem

BDEK-a-bbb	Vikt, kg/m
-006	0,8
-008	0,9
-010	1,1
-012	1,4
-016	1,8
-020	2,7
-025	3,3
-031	4,1
-040	5,4
-050	6,7
-063	12,2
-080	15,4
-100	25,5
-125	31,9

## Sirkulære 90 bend:

Dimensioner




$$r_m = 0,6 \cdot d_1$$

Ød <sub>1</sub> nom	Ød nom	l mm	l <sub>1</sub> mm	m kg
200	200	199	158	1,17
250	250	240	180	1,59
315	315	280	220	2,26
400	400	335	255	3,46
500	500	395	315	6,33
630	630	475	397	9,51
800	800	570	470	20,0
1000	1000	690	570	32,0
1250	1250	815	695	52,0

## Vedlegg E.3 Isolasjon

### Lamelleisolasjon Inntak og avkast:

 [Produkter](#) [Dokumentasjon](#) [Kalkulatorer](#) [Aktuelt](#) [Om oss](#) [Prisliste](#) [Kontakt oss](#) [Info Korona](#)

Søk produkter og dokumentasjon

Kalkulatorer > Rektangulær kanal > Lamellmatte

#### Kalkulator

[← Tilbake](#)

Velg kanal

Rektangulær kanal

Lamellmatte

Bredde [mm]: 2000

Høyde [mm]: 2000

Lengde [m]: 69

Isolasjonstykkelse [mm]: 100

Overlapp [mm]: 100

Beregn

#### Mengdeberegning isolasjon resultat

Bredde:	2000 mm
Høyde:	2000 mm
Lengde:	69 mm
Isolasjonstykkelse:	100 mm
Overlapp:	100 mm
Kapplengde isolasjon:	8.90 m <sup>2</sup>
Mengdeberegning:	614.1 m <sup>2</sup>

### Brannisolasjon ø630mm:

#### Kalkulator

[← Tilbake](#)

Velg kanal

Spiro kanal

Brannmatte

Dimensjon [mm]: Ø 630

Lengde [m]: 626

Isolasjonstykkelse [mm]: 100

Overlapp [mm]: 100

Beregn

#### Mengdeberegning isolasjon resultat

Dimensjon:	Ø 630 mm
Lengde:	626 m
Isolasjonstykkelse:	100 mm
Overlapp:	100 mm
Kapplengde isolasjon:	2.71 m
Mengdeberegning:	1696.46 m <sup>2</sup>

### Brannisolasjon $\varnothing$ 800mm:

Kalkulator	
<a href="#">← Tilbake</a>	
Velg kanal	
Spro kanal	
Brannmatte	
Dimensjon [mm]:	$\varnothing$ 800
Lengde [m]:	78
Isolasjonstykkelse [mm]:	100
Overlapp [mm]:	100
<b>Beregn</b>	

Mengdeberegning isolasjon resultat	
Dimensjon:	$\varnothing$ 800 mm
Lengde:	78 m
Isolasjonstykkelse:	100 mm
Overlapp:	100 mm
Kapplengde isolasjon:	3.24 m
Mengdeberegning:	252.72000000000003 m <sup>2</sup>

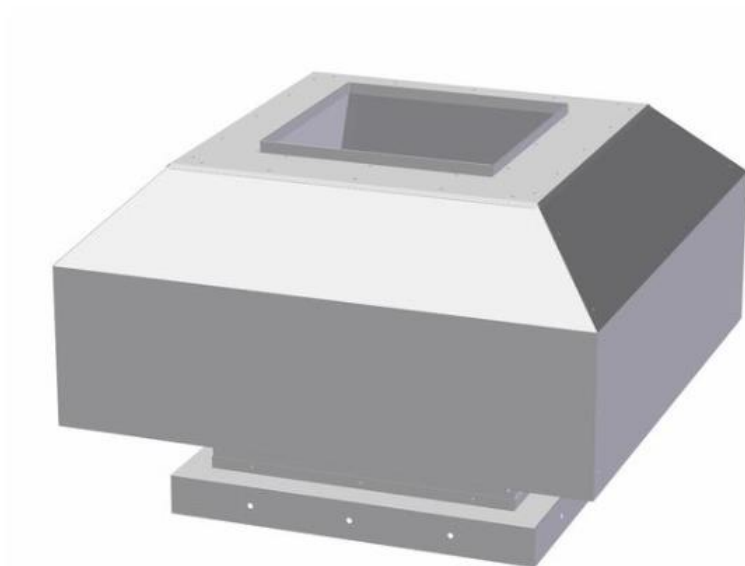
### Brannisolasjon $\varnothing$ 1000mm:

Kalkulator	
<a href="#">← Tilbake</a>	
Velg kanal	
Spro kanal	
Brannmatte	
Dimensjon [mm]:	$\varnothing$ 1000
Lengde [m]:	21
Isolasjonstykkelse [mm]:	100
Overlapp [mm]:	100
<b>Beregn</b>	

Mengdeberegning isolasjon resultat	
Dimensjon:	$\varnothing$ 1000 mm
Lengde:	21 m
Isolasjonstykkelse:	100 mm
Overlapp:	100 mm
Kapplengde isolasjon:	3.87 m
Mengdeberegning:	81.27 m <sup>2</sup>

## Vedlegg E.4 Inntak og avkast

### Inntak:



### KAI · ITH · AKH

- Lavtbyggende
- Inntak og avkast i samme produkt, KAI
- Takgjennomføring som tilbehør
- Nå med dimensjoneringsdiagram

### 1. Materialdetaljer

Data refererer til standard produkter, så forskjeller kan oppstå ved valg av ustandard produkt, tilbehør med mer

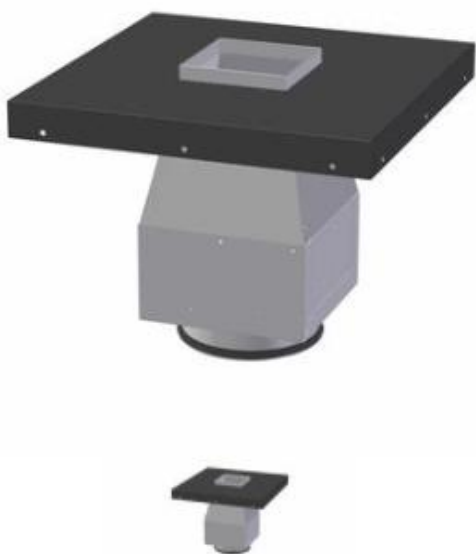
Material/stoffer:	Andel %	Gjenvunnet material	Gjenbrukbare materialer	Gjenvinningsbart material	Energigjenvinningsbart material	Til deponi
<b>Takhatt(ITH)</b>						
Galvanisert stål	100 %			X		
<b>Takgjennomføring(TGF)</b>						
Galvanisert stål	55 %			X		
Isolasjon	45 %					X

### MÅL OG VEKT, KAI, ITH, AKH OG TGF

KAI, ITH og AKH										Vekt [Kg]			
Type	Kanal dim.	A	B	C	D	E	F	G	H	KAI	TGF for KAI	ITH/AKH	TGF for ITH/AKH
B	160	697	475	320	555	83	118	138	324	10	-	-	-
1	200-315	1078	646	428	852	88	145	261	340	35	45	27	22
2	400-500	1552	934	612	1222	118	197	407	550	58	64	45	32
2B	500-630	1995	1144	814	1622	193	226	520	715	63	75	49	37
3	630-800	2322	1404	912	1822	248	287	664	880	115	95	89	47
4	1000	2834	1717	1120	2240	308	361	824	1100	172	120	134	60



## Avkast:



## JTA-2

- Lang kastelengde
- Lakkert topplate
- Drenering av spjeldkasse

### 1. Materialdetaljer

Data refererer til standard produkter, så forskjeller kan oppstå ved valg av ustandard produkt, tilbehør med mer

Material/stoffer:	Andel %	Gjenvunnet material	Gjenbrukbare materialer	Gjenvinningsbart material	Energigjenvinningsbart material	Til deponi
<b>Jethette(JTA-2)</b>						
Galvanisert stål	95 %			<b>X</b>		
Aluminium	>4%			<b>X</b>		
EPDM gummipakning	<1%			<b>X</b>		
<b>Takgjennomføring(TGF)</b>						
Galvanisert stål	55 %			<b>X</b>		
Isolasjon	45 %					<b>X</b>



### MÅL OG VEKT, JTA-2

Utsparingsmål dim. 800, 1000 og 1250: C+50.

JTA-2							Vekt	
Dim.	A	B	C	D	H1	H2	Komplett [kg]	Spjeldkasse [kg]
200	500	150	244	199	200	140	6	-
250	550	188	294	249	250	175	7	-
315	615	236	359	314	300	220	10	-
400	700	300	444	399	364	280	15	-
500	800	375	544	499	500	350	20	-
630	930	473	674	629	595	440	35	-
800	1100	600	844	799	690	480	53	20
1000	1300	750	1044	999	830	585	66	28
1250	1550	938	1294	1249	1090	700	113	41

## Vedlegg E.5 Tillufts- og avtrekksventil

### LØV-R

- Designbeskyttet LØV-perforering
- Tåler stor undertemperatur
- Plan montasje
- Demonterbar frontplate
- Dokumentert med Luna plenumsammer
- Lydabsorbent i polyester i kammer



### 1. Materialdetaljer

Data refererer til standard produkter, så forskjeller kan oppstå ved valg av ustandard produkt, tilbehør med mer

Material/stoffer:	Andel %	Gjenvunnet material	Gjenbrukbare materialer	Gjenvinningsbart material	Energigjenvinningsbart material	Til deponi
<b>LØV-R</b>						
Galvanisert stål	70 %			X		
Aluminium	29 %			X		
EPDM gummipakning	<1%			X		
Pulverlakk	<1%					
<b>LUNA plenumsammer</b>						
Galvanisert stål	70 %			X		
Isolasjon	30 %				X	

### MÅL OG VEKT, Luna

Dim.	D	DA	B	H	H1	H2	L	L1	L2	Vekt (kg) m/Luna
100-100	99	102	220	122	260	138	325	292	127	2,3
100-125	99	127	220	122	260	138	325	292	127	2,3
100-160	99	162	220	122	265	143	360	309	145	2,4
125-125	124	127	250	147	285	138	360	334	145	2,4
125-160	124	162	250	147	290	143	360	334	145	2,9
125-200	124	202	250	147	290	143	400	354	165	3,1
160-160	159	162	340	182	325	143	403	390	167	4,1
160-200	159	202	340	182	325	143	403	390	167	4,2
160-250	159	252	340	182	325	143	453	415	192	4,6
200-200	199	202	380	222	365	143	453	457	190	5,7
200-250	199	252	380	222	365	143	453	457	190	5,7
200-315	199	317	380	222	365	143	515	487	222	6,1
250-250	249	252	390	272	415	143	515	537	222	7,4
250-315	249	317	390	272	415	143	515	537	222	7,4
315-315	314	317	500	337	480	143	600	654	255	11

LØV-R Dim.	Luna Dim.	[m³/h]		
		25 dB(A)	30 dB(A)	35 dB(A)
100	100-100	58	72	88
125	100-125	76	91	120
	125-125	86	101	119
160	125-160	97	126	158
	160-160	144	166	191
200	160-200	162	191	227
	200-200	191	216	245
250	200-250	248	288	338
	250-250	274	317	367
315	250-315	313	374	439
	315-315	367	425	497

## Vedlegg E.6 Spjeld



### IRIS

- Lavt lydnivå
- Fungerer uavhengig av luftretning
- Kan åpnes 100 %
- Opprettholder innstilt posisjon uten låsing

### 1. Materialdetaljer

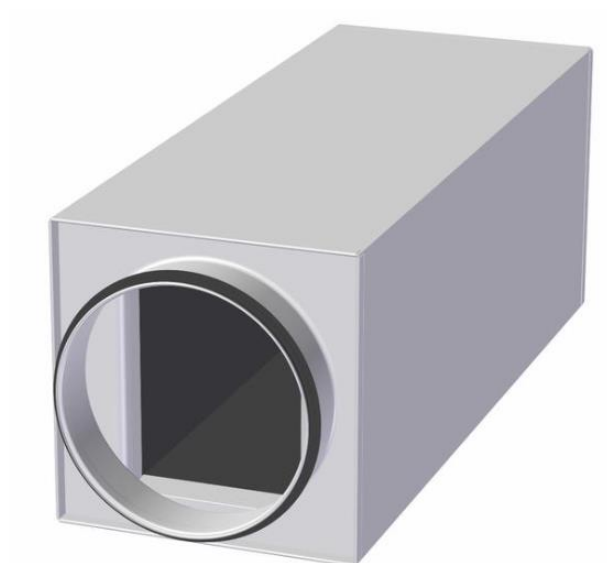
Data refererer til standard produkter, så forskjeller kan oppstå ved valg av ustandard produkt, tilbehør med mer

Material/stoffer:	Andel %	Gjenvunnet material	Gjenbrukbare materialer	Gjenvinningsbart material	Energigjenvinningsbart material	Til deponi
Galvanisert stål	97 %			X		
Sink+aluminium legering	<1%			X		
EPDM gummipakning	<1%			X		
TPE gummi	<1%			X		
Plast Q235	<1%			X		
PP plast	<1%			X		
PC plast	<1%			X		
PA66 Nylon	<1%			X		
PA6 Nylon	<1%			X		

### MÅL OG VEKT, Iris

Dim.	d	D	L	A	Vekt[kg]
80	79	125	115	35	0,5
100	99	165	115	30	0,6
125	124	188	115	30	0,7
150	149	230	115	30	1,0
160	159	230	115	30	1,0
200	199	285	120	30	1,4
250	249	335	135	40	2,0
300	299	405	140	40	2,6
315	314	405	140	40	2,6
400	399	525	150	55	6,5
500	499	655	150	52	9,0
630	629	815	160	60	16,0
800	799	1015	290	120	25,0

## Vedlegg E.7 Lyddempere



### LKR

- Leveres i 5 lengder
- God egendemping
- Nordens laveste byggeheide
- Inngår i dataprogrammet "Lyddempervalg"

### 1. Materialdetaljer

Data refererer til standard produkter, så forskjeller kan oppstå ved valg av ustandard produkt, tilbehør med mer

Material/stoffer:	Andel %	Gjenvunnet material	Gjenbrukbare materialer	Gjenvinningsbart material	Energigjenvinningsbart material	Til deponi
Galvanisert stål	60 %			<b>X</b>		
Isolasjon	39,5 %					<b>X</b>
Fugemasse	< 1 %					

### MÅL OG VEKT, LKR

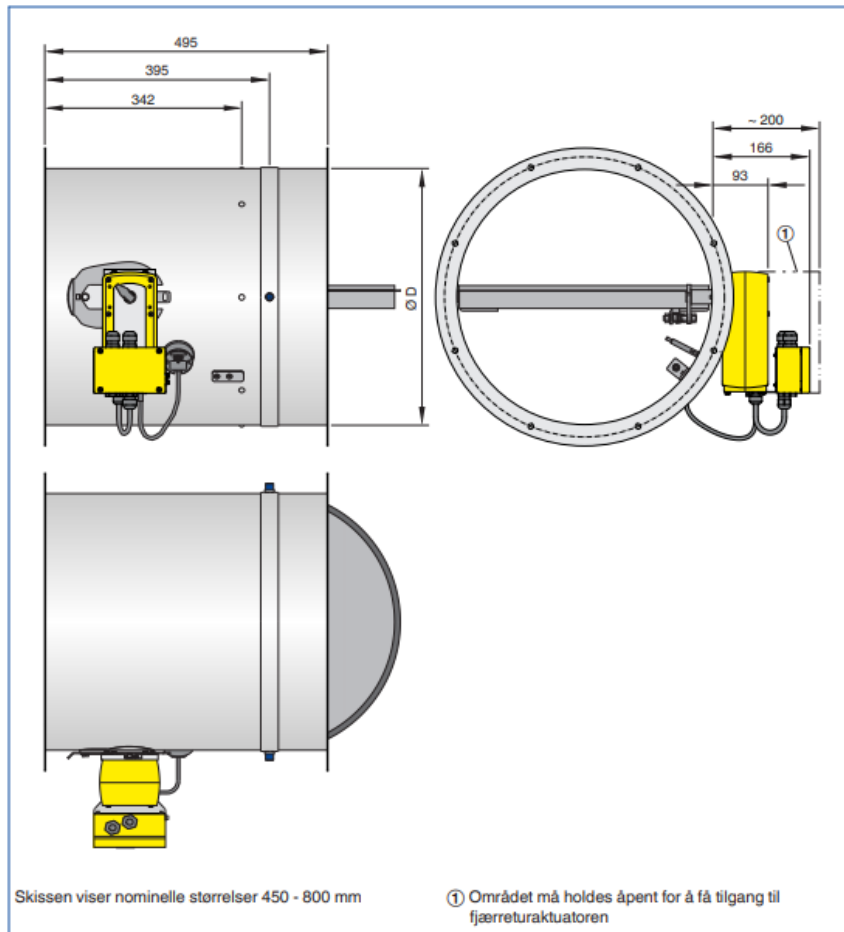
LKR	Vekt [kg]				
	L = 300	L = 600	L = 900	L = 1200	L = 1500
100	1,8	3	3,9	5,1	-
125	2,2	3,5	4,6	6,1	-
160	2,7	4,5	5,8	7,6	-
200	3,3	5,4	7,3	9,1	-
250	4,3	6,8	9,2	12	-
315	5,6	9,2	11,7	15	-
400	-	12,7	15,4	19,5	-
500	-	16,8	22	26,5	-
630	-	-	29,5	35	-
800	-	-	38	44	-
1000	-	-	-	-	<b>100</b>
1250	-	-	-	-	120

Mål

FKR-EU med flens og eksplosjonssikker fjærreturaktuator



FKR-EU-FL med eksplosjonssikker fjærreturaktuator



Mål [mm] / vekt [kg]

Nominell størrelse DN	315	355	400	450	500	560	630	710	800
ØD	314	354	399	449	499	559	629	709	799
Vekt	12	12	14	19	21	23	26	31	34

### 1. Materialdetaljer

Data refererer til standard produkter, så forskjeller kan oppstå ved valg av ustandard produkt, tilbehør med mer

Material/stoffer:	Andel %	Gjenvunnet material	Gjenbrukbare materialer	Gjenvinningsbart material	Energigjenvinningsbart material	Til deponi
Galvanisert stål	97 %			X		
Sink+aluminium legering	<1%			X		
EPDM gummipakning	<1%			X		
TPE gummi	<1%			X		
Plast Q235	<1%			X		
PP plast	<1%			X		
PC plast	<1%			X		
PA66 Nylon	<1%			X		
PA6 Nylon	<1%			X		